

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

РОЛЬ ГЛОБАЛЬНОГО И ЛОКАЛЬНОГО
СХОДСТВА ПРИЗНАКОВ
В ЗАДАЧЕ ЗРИТЕЛЬНОГО ПОИСКА

Н.А. ТЮРИНА, И.С. УТОЧКИН

Многие характеристики множества объектов могут быть представлены в виде сводной статистики по всему множеству. Статистические свойства рассчитываются как глобальная характеристика множества объектов при восприятии свойств отдельных объектов. Предположительно, статистические свойства множества могут быть связаны с эффективностью зрительного поиска. Проведено экспериментальное исследование на материале зрительного поиска объекта по размеру, где изучалась зависимость скорости поиска от сходства размера объекта со средним или модальным размером для множества. Установлено, что эффективность поиска не зависит от обладания указанными глобальными признаками, но зависит от локального сходства с ближайшими по размеру объектами.

Ключевые слова: восприятие, внимание, зрительный поиск, глобальное сходство, локальное сходство, зрительные статистики.

Естественное окружение человека нередко включает в себя множественные объекты, которые хотя и являются самостоятельными единицами этого окружения, одновременно обладают существенным сходством, позволяющим каким-то образом группировать их и с легкостью выделять их общие свойства. Например, глядя на проезжую часть, мы легко различаем отдельные автомобили, и хотя каждый автомобиль сам по себе может обладать неповторимым дизайном, мы можем с легкостью охарактеризовать целый поток: например, определить его плотность или оценить среднюю скорость, а также сказать, преобладают ли в потоке легковые или грузовые автомобили.

Группировка множественных объектов в целостные образования — хорошо известный перцептивный феномен, изучению которого были посвящены многие классические работы в рамках гештальтпсихологии.

Однако представителей данного направления прежде всего интересовали такие механизмы группировки, которые в конечном счете приводят к образованию целостной формы, т.е. сложной фигуры, состоящей из более простых элементов. В этой связи гештальтистами было уделено особое внимание пространственно-временным факторам группировки. Нас будет интересовать несколько иная форма представления множественных объектов, которую мы будем называть зрительным ансамблем. В отличие от фигуры, которая является вполне оформленным и неделимым целым с выраженными границами, ансамбль может представлять распределенную в пространстве и времени совокупность в чем-то сходных объектов, воспринимаемых как множество (в противовес единичному объекту-фигуре), при этом каждый объект сохраняет свой индивидуальный статус. Например, листья на кусте благодаря своему тесному пространственному расположению с легкостью образуют фигуру — крону, обладающую, например,

определенной формой. Однако ягоды на фоне листьев рассредоточены таким образом, что мы вряд ли сможем охарактеризовать всю их совокупность как одну фигуру. Скорее это будет только множество, или ансамбль, в котором отдельные ягоды не утратят своего индивидуального статуса.

Интенсивные исследования восприятия ансамблей имеют относительно непродолжительную историю, насчитывающую около 15–20 лет. В основе всех современных исследований лежит идея о том, что при восприятии множественных объектов перцептивная система анализирует не каждый элемент в отдельности, а все сразу, осуществляя грубую оценку базовых статистических характеристик этих множеств. К таким характеристикам относятся численность (Chong, Evans, 2011) и среднее значение по ряду признаков, например, средний размер, яркость, пространственная ориентация, скорость движения и т.п. (Уточкин, 2012). В этой связи принято говорить о механизме *статистической репрезентации ансамблей* (Там же). Еще одной важнейшей особенностью восприятия ансамблей является способность к *сегментации подмножеств*. Она заключается в том, что объекты, объединенные сходным признаком (например, все объекты красного цвета), даже будучи перемешанными в пространстве с другими объектами (например, зеленого цвета), могут быть довольно легко выделены в самостоятельный ансамбль, по которому будет произведена независимая оценка численности (Halberda, Sires, Feigenson, 2006) или среднего (Chong, Treisman, 2003). В силу естественных ограничений объема зрительного внимания (Вудвортс, 2005; Pylshyn, Storm, 1988) попытка одномоментно охватить обширный зрительный ансамбль неизбежно ведет к потере качества информации о каждом индивидуальном члене этого ансамбля (Ariely, 2001). Как отмечает Дж. Альварес (Alvarez, 2011), статистическая репрезентация представляет собой

весьма полезную стратегию, компенсирующую потери от неточного представления признаков отдельных объектов. В этом смысле статистические репрезентации ансамблей, по мнению данного автора, в некотором смысле улучшают зрительное восприятие.

Однако несмотря на падение качества перцептивной репрезентации отдельных объектов в момент «схватывания» целого ансамбля, существование отдельных объектов продолжает осознаваться. Строго говоря, репрезентация ансамблей была бы довольно бесполезной или даже вредной, если бы при этом терялся доступ к образам отдельных объектов. Несомненно, в реальной жизни существует большое количество задач, когда нам бывает необходимо специально выделить отдельный объект из множества других, частично на него похожих, например, среди кучи разнообразных бумаг на нашем столе найти нужную нам записку или карандаш нужного цвета в коробке с канцелярскими принадлежностями. Подобная задача *зрительного поиска* является очень распространенной практической задачей, а также занимает важнейшее место в психологических исследованиях и теориях внимания (Фаликман, 2006).

В нашем исследовании мы заинтересовались вопросом о том, каким образом статистические характеристики ансамблей влияют на способность человека выделять отдельные объекты при зрительном поиске. Согласно одной из наиболее влиятельных теорий зрительного поиска, называемой теорией сходства (Duncan, Humphreys, 1989), легкость, с которой наблюдателю удастся найти заданный объект, в значительной мере зависит от степени физического сходства представленных объектов между собой. По данным Дж. Дункана и Г. Хамфриса, (а) чем сильнее целевой объект похож на остальные объекты – дистракторы, – тем сложнее его найти; (б) чем сильнее дистракторы различаются между собой, тем сложнее найти целевой объект. По

мнению авторов теории, степень сходства цели и дистракторов определяет количество объектов, которое должно быть реально проверено для подтверждения наличия или отсутствия целевого объекта. Таким образом, теория сходства определяет эффективность поиска объекта как функцию локального сходства конкретных объектов с заданной целью.

Идея статистических репрезентаций ансамблей предлагает новый взгляд на зрительный поиск. Если суммарная статистика по какому-либо признаку (например, средний размер объектов) действительно легко выделяется при беглом взгляде на все множество, то не может ли она быть использована для последующего поиска уникальных объектов? Например, можно предположить, что единичный объект, наиболее приближенный или даже равный среднему для данного ансамбля, найти будет довольно сложно, поскольку он окажется самым типичным и неприметным, а объект, сильно отличающийся от среднего, напротив, будет найден с легкостью, поскольку для данного ансамбля будет являться «статистическим выбросом». В этом смысле можно говорить о глобальном (или статистическом) сходстве внутри ансамбля, производном от статистической репрезентации.

Идея глобального сходства была чуть ранее реализована в ряде экспериментальных исследований и моделей зрительного поиска (Avraham, Yeshurun, Lindenbaum, 2008; Rosenholtz, 1999). Так, Р. Розенхолц предлагает модель, согласно которой степень обнаружимости целевого стимула зависит от степени его статистической удаленности (в единицах стандартного отклонения) от среднего значения целевого признака для ансамбля. Во всяком случае, эта модель неплохо работает для ансамблей, в которых сходство или различие объектов задается одним признаком, например, цветовым оттенком или пространственной ориентацией (Avraham, Yeshurun, Lindenbaum, 2008).

К сожалению, упомянутые в связи с идеей глобального сходства работы рассматривают не все случаи этого сходства, из-за чего объяснительные возможности такого подхода ограничены. Дело в том, что в большинстве экспериментов признак целевого стимула либо довольно далеко отстоит от признаков дистракторов, либо просто занимает крайнее значение на шкале вариаций данного признака. Таким образом, неясно, сравнивается целевой стимул с объектами — ближайшими соседями по шкале (локальное сравнение) или со средним для всех объектов (глобальное сравнение). В тех же случаях, когда признак целевого объекта занимает промежуточное положение между значениями признака у дистракторов, общей вариации признаков также недостаточно для обоснованного суждения о локальном или глобальном сходстве. Как правило, в таких экспериментах используются два значения дистрактора — больше и меньше целевого значения. Для оценки возможной роли глобального сравнения необходимы более отдаленные значения дистрактора, которые не влияли бы на степень локального сходства, но влияли бы на статистические параметры ансамбля, изменяя степень глобального сходства.

В нашем исследовании мы попытались преодолеть вышеназванные недостатки предыдущих экспериментов для более точной проверки гипотезы о роли глобальных статистических репрезентаций ансамблей в зрительном поиске уникального объекта. В качестве релевантного признака, по которому осуществляется поиск, мы, следуя традиции исследований восприятия ансамблей, взяли размер кругов. Для задачи зрительного поиска были использованы зрительные наборы (ансамбли), включающие дистракторы четырех размеров вместо стандартных двух. Меняя размер цели в широком диапазоне, мы тем самым градуально варьировали его сходство со средним размером для данного ансамбля. В соответствии с гипотезой глобального

сходства, чем ближе размер целевого объекта к среднему, тем больше времени понадобится на его обнаружение. При этом, каков бы ни был размер целевого стимула, у него всегда были локальные соседи, отношение размеров которых к размеру цели было постоянным, что обеспечивало постоянный уровень локального сходства. Кроме того, в одних случаях размер цели оказывался внутри диапазона изменений размера дистракторов; таким образом, у целевого объекта оказывались два ближайших по размеру соседа – на шаг больше и на шаг меньше цели; в других случаях цель имела крайне малый или крайне большой размер, что обеспечивало только одного соседа (при этом значение шага до ближайшего дистрактора оставалось таким же, как и в других условиях). Если при крайнем положении цели эффективность ее обнаружения резко увеличилась бы по сравнению с любыми промежуточными положениями, это также свидетельствовало бы о важной роли локального сходства при зрительном поиске.

Мы также варьировали форму распределения размеров, что дополнительно позволяло проверять гипотезу о локальном сходстве. Так, при нормальном распределении количество объектов средних размеров преобладает над количеством объектов крайних размеров, а при бимодальном распределении – наоборот. Следовательно, при нормальном распределении больше всего локальных соседей будет у объекта в середине, одновременно соответствующего среднему для ансамбля. Напротив, при бимодальном распределении более многочисленные локальные соседи будут у объектов, смещенных к краям распределения и потому менее похожих на среднее. Если эффективность поиска при этом будет меняться, то это также будет свидетельствовать о локальном характере поиска объекта. Впрочем, возможно альтернативное объяснение подобного эффекта: теоретически он может быть связан с глобальным характером срав-

нения, однако в качестве референтной статистики может использоваться не среднее, а, к примеру, мода распределения признаков в ансамбле. Более подробное обсуждение данной проблемы будет представлено ниже.

Еще одна манипуляция, типичная для экспериментов со зрительным поиском, – варьирование размера множества, т.е. количества одновременно предъявленных на экране объектов. Разница во времени реакции (ВР) при поиске в больших и малых множествах свидетельствует о его эффективности. Чем меньше разница, тем более считается эффективным поиск: это значит, что за единицу времени просматривается больше объектов. По нашему предположению, разница во ВР также будет отражать эффекты глобального или локального сходства. Если наблюдатель осуществляет глобальное сравнение, то самым малоэффективным будет поиск для тех объектов, которые обладают максимальным сходством со средним (или модой).

Наконец, в двух экспериментах мы сравнивали ситуации, при которых испытуемый ищет любой уникальный объект, размер которого меняется от пробы к пробе и заранее неизвестен (переменное картирование, эксперимент 1), с ситуациями, когда размер цели постоянен и заранее известен (постоянное картирование, эксперимент 2). Наличие заранее заданного образца, несомненно, должно усиливать роль локального сходства в зрительном поиске: ведь испытуемый заранее знает, какими объектами ему можно ограничиться. Таким образом, он может произвольно сфокусировать внимание на объектах, обладающих максимальным локальным сходством с целью, и игнорировать остальные объекты. Подобные манипуляции позволяют ответить на еще один фундаментальный вопрос: может ли наблюдатель преодолевать стимульный контекст, создаваемый характеристиками ансамбля (и до какой степени) с помощью сознательно поставленной цели и произвольного внимания?

ЭКСПЕРИМЕНТ 1: ПЕРЕМЕННОЕ КАРТИРОВАНИЕ

Испытуемые и методика. В эксперименте приняли участие 34 испытуемых, имеющих нормальное или скорректированное до нормального зрение и не имеющих невропатологии (эпилепсии и черепно-мозговых травм в анамнезе). Они случайным образом были разделены на две группы. Первой группе ($N = 15$) предъявлялись пробы с нормальным распределением размеров, второй ($N = 19$) – с бимодальным (рис. 1).

Аппаратура и стимуляция. Для предъявления стимуляции использовались персональные компьютеры с процессорами Pentium dual-core CPU E 6500 (частота процессора 2,93 ГГц, видеокарта NVidia GeForce 9400 GT), стандартные CRT-мониторы LaCie Electron 19 Blue III (диагональ 19 дюймов, частота обновления 85 Гц, разрешение 800 600 пикселей) и LPT-пульты, специально разработанные для прецизионной регистрации времени реакции. Предъявление стимулов и регистрация ответов велись с помощью программы – конструктора зрительных экспериментов StimMake (авторы А.Н. Гусев и А.Е. Кремлев).

В качестве стимуляции использовались слайды, на которых были изображены множества белых кругов различного диаметра, распределенных равномерно на однородном сером фоне. Предъявляемые круги были разного размера, их размер

имел девять значений. Каждый последующий диаметр был больше предыдущего в 1,5 раза. На рис. 1 приведены примеры всех размеров. Для удобства каждому размеру в порядке возрастания присвоены порядковые номера от 1 до 9. Угловой размер самого маленького круга (размер 1) составлял $0,25^\circ$, самого большого (размер 9) – $7,85^\circ$.

Круги четных размеров (2, 4, 6, 8) использовались всегда в качестве дистракторов, т.е. нецелевых, или шумовых, объектов; они обязательно присутствовали в количестве не менее двух на каждом слайде. Круги нечетных размеров (1, 3, 5, 7, 9) использовались в качестве целевых стимулов, причем на одном слайде мог присутствовать только один такой круг (или не присутствовал ни один). Круги с размерами 3, 5 и 7 имели по два локальных соседа, т.е. в наборе всегда присутствовали круги на шаг больше и на шаг меньше (например, для размера 3 такими соседями были круги с размерами 2 и 4). Круги с размерами 1 и 9 имели только по одному локальному соседу. Круг с размером 5 был приблизительно равен среднему размеру всех кругов. Следовательно, чем больше размер целевого стимула отличался от размера 5, тем меньше был уровень глобального сходства; согласно основной гипотезе, уменьшение уровня такого сходства должно было приводить к повышению эффективности поиска. Наборы кругов, в которых присутствовал уникальный круг

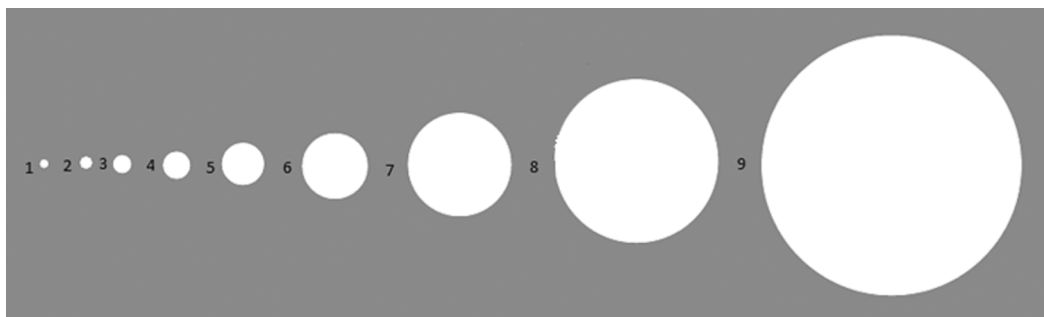


Рис. 1. Относительные размеры кругов, использованных в экспериментах. Четные размеры соответствуют дистракторам, нечетные – целям

нечетного размера, образовывали положительные множества; наборы, в которых такой круг отсутствовал, – отрицательные.

Количественные соотношения кругов-дистракторов могли быть разными, образуя два типа статистических распределений. При нормальном распределении отношение числа дистракторов средних размеров (4 и 6) к числу дистракторов крайних размеров (2 и 8) было равно 2:1, при бимодальном – 1:2 (рис. 2). Половине испытуемых в ходе эксперимента предъявлялись только нормальные распределения, половине – только бимодальные.

Количество объектов в ансамбле (размер множества) могло быть либо 13, либо 25. При этом в положительных пробах одна позиция была занята целевым объектом, а остальные делились между дистракторами четырех размеров, в зависимости от заданной пропорции, необходимой для получения нормального или бимодального распределения (рис. 2). В отрицательных пробах целевой стимул заменялся одним из дистракторов так, чтобы один объект при-

бавился к преобладающему подмножеству, т.е. при нормальном распределении добавлялся еще один круг размера 4 или 6, а при бимодальном – круг размера 2 или 8.

Процедура. Испытуемые располагались на расстоянии примерно 70 см от экрана монитора. По инструкции они должны были искать любые объекты, уникальные по размеру. О наличии или отсутствии таких объектов испытуемые должны были сообщать нажатием на одну из двух кнопок пульта для регистрации времени реакции, причем отвечать их просили максимально быстро.

Эксперимент включал 500 проб (которым предшествовала тренировочная серия из 20 проб), половина из которых были положительными, половина – отрицательными. Пробы с разными размерами целевого стимула, а также с разными размерами множеств предъявлялись с одинаковой вероятностью. Пробы разных типов предъявлялись в квазислучайном порядке, при котором исключалось повторение более трех положительных или отрицательных проб подряд. Каждая эксперимен-

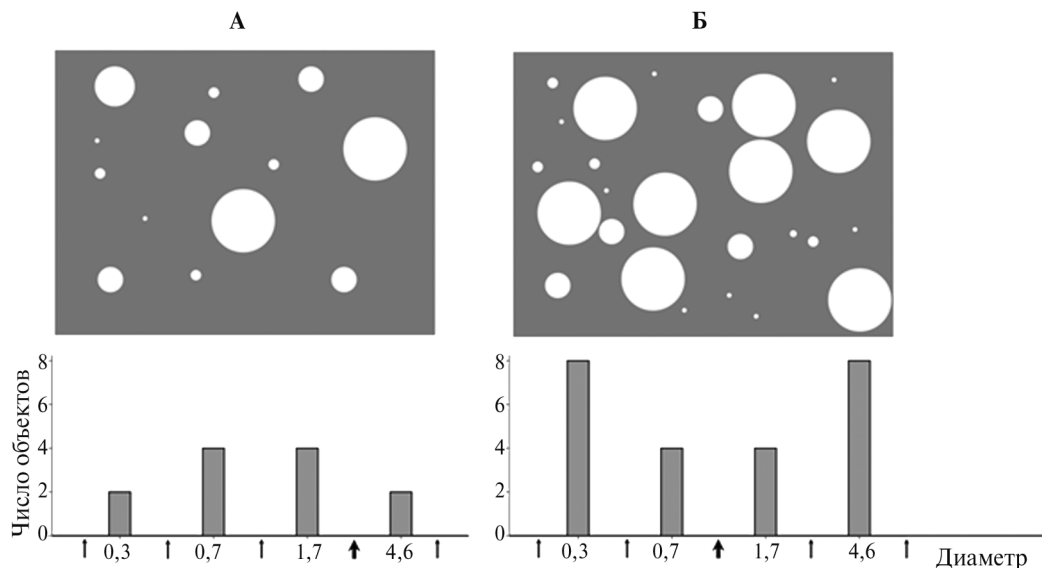


Рис. 2. Примеры экспериментальных стимулов и соответствующие им статистические распределения размеров: А – нормальное распределение, размер множества = 13; Б – бимодальное распределение, размер множества = 25. Тонкими стрелками на гистограммах показаны потенциальные размеры цели, жирными – действительные размеры цели для данного набора

тальная проба состояла из предъявления фиксационного креста на 500 мс, после которого предъявлялся тестовый набор, который продолжал оставаться на экране до ответа или, если ответа не было, исчезал через 7 с. Межпробный интервал составлял от 1 до 1,5 с. После каждых 100 проб следовал небольшой перерыв.

Переменные. Независимыми переменными в данном эксперименте были «Размер цели» (пять уровней), «Размер множества» (два уровня: 13 или 25 объектов), «Тип распределения» (два уровня: нормальное или бимодальное). Зависимой переменной было время реакции, которое анализировалось только для правильных ответов.

Результаты и обсуждение. Результаты эксперимента представлены на рис. 3А.

В пробах с нормальным распределением главный эффект фактора «Размер цели» значим ($F(5, 118) = 80,17; p < 0,001; \eta_p^2 = 0,77$). В пробах с бимодальным распределением он также оказался значимым ($F(4, 102) = 116,04; p < 0,001; \eta_p^2 = 0,85$). Эти эффекты обеспечиваются значимыми различиями во ВР на цели разных размеров. Общий тренд, характеризующий зависимость ВР от размера, заключается в том, что с увеличением абсолютного размера целевого стимула увеличивается и скорость его обнаружения. Однако этот тренд нарушается для минимального размера (цель 1), который обнаруживается существенно быстрее, чем более крупные цели с размерами 3 и 5.

Главный эффект фактора «Размер множества» оказался значимым (для нормального ($F(1, 28) = 100,96; p < 0,001; \eta_p^2 = 0,31$).

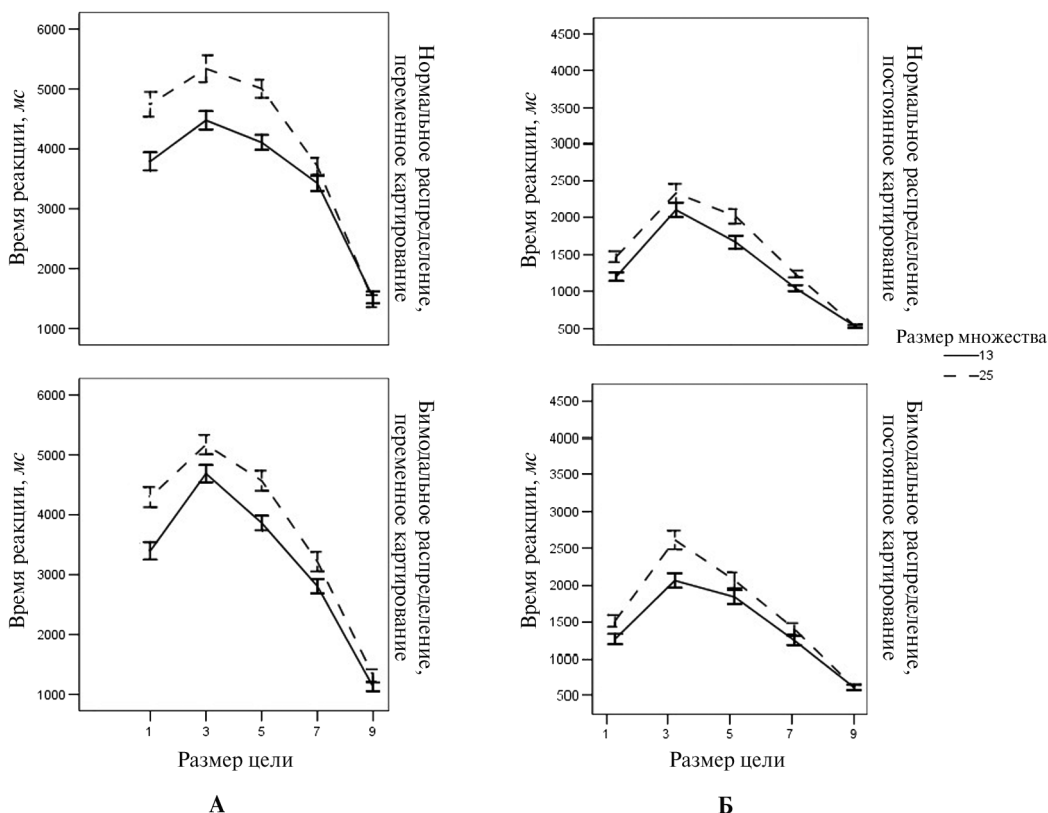


Рис. 3. Результаты экспериментов: А – эксперимента 1; Б – эксперимента 2

и для бимодального распределения ($F(1, 24) = 173,97; p < 0,001; \eta_p^2 = 0,88$). Этот эффект указывает на то, что в среднем испытуемые затрачивают больше времени на поиск целевого объекта в больших наборах (25 объектов), чем в маленьких (13 объектов), реализуя скорее последовательный, чем параллельный поиск. Наконец, эффекты взаимодействия между факторами «Размер цели» и «Размер множества» также оказались значимыми (для нормального распределения $F(5, 132) = 173,97; p < 0,001; \eta_p^2 = 0,88$; для бимодального распределения $F(5, 114) = 173,97; p < 0,001; \eta_p^2 = 0,59$). Этот эффект обеспечивается пропорциональным возрастанием разницы во ВР между большими и малыми наборами по мере уменьшения абсолютного размера цели (кроме цели 1, для которой эта разница немного сокращается) (рис. 3А). Иными словами, относительный разрыв между большими и малыми наборами повторяет картину изменений абсолютного значения ВР при различных значениях размера целевого стимула. Два названных эффекта, взятые вместе, указывают на общий тренд, заключающийся в уменьшении эффективности зрительного поиска по мере уменьшения абсолютного размера цели (за исключением цели с размером 1). Вопреки ожиданиям, вытекающим из нашей основной гипотезы, цель, наиболее близкая к среднему размеру по множеству (цель с размером 5), не оказалась самой труднообнаружимой. Напротив, цель с размером 2, более отдаленная от среднего, обнаруживалась дольше всего. Таким образом, мы не нашли явного подтверждения предположению об использовании глобального сходства для выявления уникальных объектов. Скорее наблюдается зависимость эффективности зрительного поиска от абсолютного размера целевого стимула: чем больше этот размер, тем быстрее обнаруживается соответствующий объект и тем меньше различаются скорости поиска в больших и малых наборах. Предельным проявлением эффек-

тивного поиска выступает цель 9, которая всегда была самым большим объектом на экране. Этот объект обнаруживается не только максимально быстро, но и практически параллельно, так как время реакции на него в больших и малых наборах практически одинаково. В целом такая динамика согласуется с литературными данными о том, что поиск крупных объектов среди мелких происходит более эффективно, чем наоборот (Treisman, Gelade, 1980). Этот эффект относится к более общему классу эффектов *асимметрии зрительного поиска* и проявляется у большого множества других зрительных признаков (Wolfe, 2001).

Однако нетрудно увидеть, что из общего паттерна «размер цели – эффективность» есть важное исключение. Эффективность обнаружения цели 1 – самого мелкого объекта – оказывается более высокой, чем целей 3 и 5, объективно являющихся более крупными, чем цель 1. Наиболее правдоподобное, на наш взгляд, объяснение заключается в том, что цель 1, в отличие от других целей (а именно 3, 5 и 9), всегда являлась «крайним» членом зрительного множества, т.е. множество могло включать более крупные, чем цель 1, дистракторы, но не более мелкие. Что касается более крупных целей (за исключением цели 9), то на экране всегда присутствовали дистракторы как больших, так и меньших размеров, чем эти цели. Таким образом, цель 1 (как и цель 9) имела только один тип соседей в пространстве целевого признака, в то время как другие цели имели соседей сразу двух типов. Другими словами, локальное окружение целевого объекта имеет большое значение для эффективности его обнаружения. Данный результат указывает на важную роль локального сходства при зрительном поиске. По-видимому, для данного типа стимуляции эта роль более существенна, чем роль глобального сходства со средним.

Примечательно, что общий характер эффектов был практически одинаковым при обоих типах статистического распреде-

ления дистракторов – нормальном и бимодальном. Этот результат свидетельствует о том, что глобальное сходство целевого объекта с модой, как и сходство со средним, по-видимому, не вносит особого вклада в обнаружимость уникального объекта.

ЭКСПЕРИМЕНТ 2: ПОСТОЯННОЕ КАРТИРОВАНИЕ

Испытуемые и методика. В эксперименте приняли участие 38 испытуемых, имеющих нормальное или скорректированное до нормального зрение и не имеющих невропатологии (эпилепсии и черепно-мозговых травм в анамнезе). Они случайным образом были поделены на две группы: первой ($N = 19$) предъявлялись пробы с нормальным распределением размеров, второй ($N = 19$) – с бимодальным.

Аппаратура и стимуляция были такими же, как и в эксперименте 1.

Процедура в целом также была весьма похожа на эксперимент 1. Принципиальное отличие заключалось в том, что пробы с разными размерами целевого стимула были не перемешаны между собой, а объединены в отдельные серии, т.е. в каждой серии размер целевого стимула мог быть только один. Перед началом каждой новой серии испытуемым предъявлялся образец целевого круга. Поскольку в отличие от эксперимента 1 фактор «Размер объекта» теперь не был рандомизирован во времени, для контроля эффектов последовательности была использована схема сбалансированного латинского квадрата. При этом каждая серия была увеличена до 120 проб, из которых 20 рассматривались как тренировочные (это было необходимо, чтобы после предыдущей серии произошло переключение на поиск нового размера), а 100 – как основные, которые и подвергались последующему анализу.

Результаты и обсуждение. Результаты эксперимента по постоянному картиро-

ванию в целом воспроизводят результаты, полученные в экспериментах по переменному картированию и, возможно, иллюстрируют их более показательно. Абсолютные величины ВР оказались ниже, чем в эксперименте 1, что также вполне естественно с учетом того, что образец целевого стимула был известен заранее и испытуемые имели возможность искать более целенаправленно. Скорее всего, обладая информацией о размере искомого объекта, испытуемые могли ограничивать множество просматриваемых объектов до более узкого подмножества наиболее близких к цели по размеру дистракторов. На наш взгляд, сам факт использования такой стратегии дополнительно подчеркивает важную роль локального сходства при зрительном поиске, выделенную в эксперименте 1. Результаты эксперимента 2 представлены на рис. 3Б.

Главный эффект фактора «Размер цели» значим для нормального ($F(4, 71) = 71,81$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,80$) и для бимодального распределения ($F(4, 78) = 120,83$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,86$). Он воспроизводит зависимость ВР от абсолютного размера целевого стимула, которую мы обнаружили в эксперименте 1: скорость поиска постепенно уменьшается по мере уменьшения размера, однако заметно увеличивается при поиске цели с размером 1.

Главный эффект фактора «Размер множества» также оказался значимым для нормального ($F(1, 18) = 257,50$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,94$) и для бимодального распределения ($F(1, 27) = 120,74$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,86$), демонстрируя общую тенденцию к последовательному перебору объектов внутри подмножества, приводящему к закономерному увеличению временных затрат при увеличении количества предъявленных объектов. Наконец, как и в эксперименте 1, эффект взаимодействия факторов «Размер объекта» и «Размер множества» оказался значимым (для нормального распределения $F(4, 71) = 47,76$;

$p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,72$; для бимодального распределения $F(4, 83) = 39,002$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,65$), демонстрируя увеличение разницы во ВР между большими и маленькими множествами с уменьшением абсолютного размера цели (за исключением цели 1).

Как и в эксперименте 1, описываемые эффекты существенно не зависят от типа распределения, т.е. мода как глобальный статистический параметр, вероятнее всего, не играет существенной роли в обеспечении эффективности зрительного поиска.

Таким образом, результаты и выводы, которые можно сделать на основе эксперимента 2, в целом повторяют и усиливают основные выводы из эксперимента 1. Так, мы обнаружили, что сходство целевого объекта с глобальными статистическими признаками ансамбля (такими как среднее или мода) не оказывает существенного влияния на эффективность обнаружения этого объекта. С другой стороны, локальное сходство целевого объекта с подмножеством наиболее физически близких к нему дистракторов играет существенно более важную роль. Это заключение мы делаем на основе двух классов фактов. Во-первых, эффективность поиска сильно зависит от того, какие локальные соседи по пространству признаков встречаются в качестве дистракторов в зрительном наборе. Во-вторых, наличие установки на определенный признак (постоянное картирование) существенно увеличивает общую эффективность зрительного поиска, позволяя распределять внимание на локальные подмножества дистракторов, наиболее сходных с заданной целью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В основе нашего исследования лежала гипотеза о том, что обладание уникальным объектом неким глобальным признаком, характеризующим все объекты как целое,

должно повлиять на эффективность обнаружения этого уникального объекта. В качестве таких глобальных признаков мы рассматривали среднее и моду всех физических размеров объектов множества в соответствии со статистическим подходом к репрезентации ансамблей. Наше предположение, соответствующее ряду современных моделей зрительного поиска (Avraham, Yeshurun, Lindenbaum, 2008; Rosenholtz, 1999), заключалось в том, что усиление обладания целевым объектом одним из глобальных статистических признаков (будь то среднее или мода) приведет к уменьшению эффективности поиска. Однако это предсказание не оправдалось ни в первом, ни во втором из наших экспериментов. Вместе с тем гораздо более существенным фактором эффективности поиска оказалось локальное сходство объекта с ближайшими соседями, что согласуется с более ранними представлениями о роли сходства при зрительном поиске (Duncan, Humphreys, 1989).

Для того чтобы теоретически осмыслить полученный результат и соотнести его с ранее описанными исследованиями и моделями, еще раз остановимся на характерных особенностях нашей задачи. Мы использовали довольно вариативный набор дистракторов, а также варьировали цель малыми шагами, помещая ее в разные точки общего распределения обладающих целевым признаком членов ансамбля. Наши коллеги, напротив, варьировали признаки дистрактора в сравнительно небольшом диапазоне, а признаки цели варьировали довольно грубо, помещая ее либо явно в середину, либо явно за пределы общего распределения. Таким образом, наша задача требовала от наблюдателя довольно тонкого различения, которое могло быть реализовано только благодаря тщательному и внимательному обследованию объектов; в задачах наших коллег такого тонкого различения не требовалось, и они могли быть решены на уровне

максимально широко распределенного внимания. По-видимому, вклад глобальных и локальных признаков в значительной мере опосредствован тем, насколько широким или, наоборот, узким является фокус внимания, вовлеченного в поиск. Так, С. Чонг и Э. Трейсман (Chong, Treisman, 2005a) убедительно показали, что глобальные свойства ансамбля (такие как среднее) репрезентируются с высокой надежностью, только когда внимание широко распределено по всему ансамблю; при сфокусированном внимании эти свойства, напротив, репрезентируются слабее. Следовательно, глобальные статистические признаки, по-видимому, действительно полезны для управления поиском уникальных объектов, когда этот поиск осуществляется с помощью распределенного внимания — именно на таких задачах построены модели Т. Авраам с коллегами (Avraham, Yeshurun, Lindenbaum, 2008) и Р. Розенхольц (Rosenholtz, 1999). В задачах, решение которых невозможно с помощью широко распределенного внимания и требующих его последовательной фокусировки (как это происходило в наших экспериментах), информация о глобальных статистических признаках, по-видимому, оказывается недоступной и потому непригодной для управления зрительным поиском. Более полезной оказывается локальная информация, которая доступна при фокусировке внимания на отдельных подмножествах или небольших пространственных группах объектов. Таким образом, результаты нашего исследования потенциально ограничивают область действия существующих психофизических моделей, рассматривающих эффективность зрительного поиска как функцию сходства целевого объекта с обладающими глобальными статистическими свойствами членами ансамбля. Несомненно, этот вывод носит предварительный характер, и для повышения его

обоснованности понадобится целый ряд дополнительных психофизических исследований.

1. *Вудвортс Р.* Внимание // Психология внимания / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.Я. Романова. М.: ЧеРо, 2005. С. 103–136.
2. *Уточкин И.С.* Статистическая репрезентация множественных объектов в зрительном восприятии // Методол. и история психол. 2012. Т. 7. № 4. С. 52–76.
3. *Фаликман М.В.* Общая психология: Учебник для студентов вузов / Под ред. Б.С. Братуся. М.: Академия, 2006. Т. 4.
4. *Alvarez G.A.* Representing multiple objects as an ensemble enhances visual cognition // Trends in Cognit. Sci. 2011. V. 15. P. 122–131.
5. *Ariely D.* Seeing sets: Representation by statistical properties // Psychol. Sci. 2001. V. 12. P. 157–162.
6. *Avraham T., Yeshurun Y., Lindenbaum M.* Predicting visual search performance by quantifying stimuli similarities // J. Vision. 2008. V. 8. P. 1–22.
7. *Chong S.C., Evans K.K.* Distributed versus focused attention (count versus estimate) // WIREs Cognit. Sci. 2011. V. 2. P. 634–638.
8. *Chong S.C., Treisman A.M.* Attentional spread in the statistical processing of visual displays // Perc. and Psychophys. 2005a. V. 67. P. 1–13.
9. *Chong S.C., Treisman A.M.* Representation of statistical properties // Vision Res. 2003. V. 43. P. 393–404.
10. *Chong S.C., Treisman A.M.* Statistical processing: Computing average size in perceptual groups // Vision Res. 2005b. V. 45. P. 891–900.
11. *Duncan J., Humphreys G.* Visual search and stimulus similarity // Psychol. Rev. 1989. V. 96. P. 433–458.
12. *Halberda J., Sires S.F., Feigenson L.* Multiple spatially overlapping sets can be enumerated in parallel // Psychol. Sci. 2006. V. 17. P. 572–576.
13. *Pylyshyn Z.W., Storm R.W.* Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism // Spatial Vision. 1988. V. 3. P. 1–19.
14. *Rosenholtz R.* A simple saliency model predicts a number of motion popout phenomena // Vision Res. 1999. V. 39. P. 3157–3163.
15. *Treisman A.M., Gelade G.* A feature integration theory of attention // Cognit. Psychol. 1980. V. 12. P. 97–136.
16. *Wolfe J.M.* Asymmetries in visual search: An introduction // Percept. and Psychophys. 2001. V. 63. P. 381–389.