

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОЗНАВАЕМЫХ И НЕОСОЗНАВАЕМЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В КОГНИТИВНОЙ ПСИХОЛОГИИ

УДК 159.937

Б. Роджерс

ВЗГЛЯД НА ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ¹

Более двух тысяч лет философы и экспериментальные психологи исследуют вопрос о том, как мы используем сигналы, приходящие от органов чувств, для того чтобы воспринимать окружающий нас мир. Согласно точке зрения знаменитого физика и физиолога XIX в. Германа фон Гельмгольца, наше восприятие — это результат бессознательных умозаключений, которые основаны на ограниченных входящих сенсорных данных и научении. Основное свидетельство в пользу этой «непрямой» модели восприятия — существование иллюзий, из-за которых то, что мы воспринимаем, не соответствует тому, что есть «на самом деле». Но какое именно описание физической реальности мы должны использовать при определении того, является ли наше восприятие достоверным (правильным) или иллюзорным? Опираясь на данные, полученные на материале разнообразных иллюзий, автор статьи утверждает, что не существует удовлетворительного способа отличить достоверное от иллюзорного, поскольку всё наше восприятие основывается на специфических и зачастую уникальных особенностях работы нашей перцептивной системы. Библиогр. 9 назв. Ил. 4.

Ключевые слова: восприятие, зрение, оптика, бессознательные умозаключения, иллюзии, оптический строй, Новая иллюзия луны.

Rogers B.

PERSPECTIVES ON VISION

For over two thousand years philosophers and experimental psychologists have investigated how we use the data from our senses to perceive the surrounding world. According to the 19th century physicist and physiologist Hermann von Helmholtz, our perceptions are the result of a process of unconscious inference based on an insufficient sensory input and learning. A major source of evidence for this 'indirect' model of perception is the existence of illusions where what we perceive does not correspond to what is 'out there'. But which particular description of the physical reality should we use as a basis for

Роджерс Брайан — Ph.D., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет, Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9; почетный профессор, департамент экспериментальной психологии Оксфордского университета, University Offices, Wellington Square, Oxford OX1 2JD, United Kingdom; brian.rogers@psy.ox.ac.uk

Rogers Brian — Ph.D., Professor, St. Petersburg State University, 7/9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation; Emeritus Fellow, Pembroke College, Oxford University, University Offices, Wellington Square, Oxford OX1 2JD, United Kingdom; brian.rogers@psy.ox.ac.uk

¹ Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 14-06-00302а, а также гранта 8.50.2098.2013 Санкт-Петербургского государственного университета для кадровой поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых СПбГУ (грант постдоков). Статья написана специально для нашего журнала. Перевод с англ. О. В. Науменко.

determining whether our perceptions are veridical (correct) or illusory? Using evidence from a variety of different illusions, I would like to argue that there is no satisfactory way of distinguishing the veridical from the illusory because all of our perceptions depend on the particular and often idiosyncratic ways in which our perceptual system work. Refs 9. Figs 4.

Keywords: perception, seeing, optics, unconscious inference, illusions, optic flow, the new moon illusion.

Изучение восприятия, в частности зрительного, — одно из старейших направлений в экспериментальной психологии. Более двух тысяч лет назад Аристотель описал последствие движения, которое проявляется, если в течение длительного времени наблюдать смещающиеся в одном направлении стимулы. Во II в. н. э. Птолемей написал трактат в пяти книгах, который он назвал «Оптика». В XI в. н. э. арабский ученый Ибн ал-Хайсам создал свою «Оптику» в трех томах, где описал эксперименты по визуальному восприятию, а также предложил классификацию способов, с помощью которых можно обмануть зрение: «ошибки чистого ощущения», «ошибки узнавания» и «ошибки умозаключений» [1]. Позднее, в XIX в., традиция изучения того, что мы сегодня называли бы «иллюзиями», была продолжена великим немецким физиком и физиологом Германом фон Гельмгольцем. В своем трехтомном «Руководстве по физиологической оптике» он утверждал, что наше восприятие мира представляет собой результат *бессознательных умозаключений*, основывающихся на неполной и ограниченной информации. Понятно, почему точка зрения Гельмгольца всё еще широко распространена сегодня. Наше мышление, разумеется, позволяет нам выдвигать гипотезы и делать умозаключения на основе ограниченных данных, и можно утверждать, что это один из наиболее важных путей развития науки. Оказывается, однако, что в случае со зрением наше восприятие не представляется нам результатом подобных процессов. Наоборот, наше восприятие кажется нам прямым и непосредственным, хотя с этим утверждением, конечно, можно поспорить и сказать, что наше самонаблюдение далеко не всегда является надежным источником знания о том, что происходит на самом деле.

Существует альтернативная, принципиально отличная философская позиция относительно природы восприятия, которая была предложена американским психологом Джеймсом Гибсоном. В противоположность Гельмгольцу и работавшим позднее Ричарду Грегори и Ирвину Року он утверждал, что поток света, попадающий в глаз (то же касается и других модальностей), отнюдь не является ограниченным, а напротив, предоставляет нам полную информацию. Поэтому, полагал Гибсон, нет необходимости постулировать существование процессов умозаключения или выдвигания гипотез. Более того, он был убежден в том, что мы крайне мало можем узнать о восприятии, изучая иллюзии, потому что они встречаются только в очень ограниченных или обедненных ситуациях. Гибсон указывал на то, что слишком часто в экспериментах по изучению зрительного восприятия наблюдатель сидит неподвижно, глаза его смотрят в определенную точку, вдобавок он должен вынести перцептивное суждение на основании кратчайшего тахистоскопического предъявления, которое длится менее секунды. Хотя мы и можем узнать кое-что о том, как функционирует наше зрительное восприятие в таких ограниченных условиях, нет никаких оснований предполагать, что именно так оно действует и в повседневной жизни. Сегодня всё еще можно наблюдать значительное сопротивление по отношению к философской позиции Гибсона, которую обычно называют «наивным реализмом». Тем не менее имеет место некоторый сдвиг в сторону изучения процессов

восприятия в более экологичном окружении. Кроме того, сегодня признается значимость динамической информации (объемлющего оптического строя), которая возникает, когда мы перемещаемся в пространстве (рис. 1).

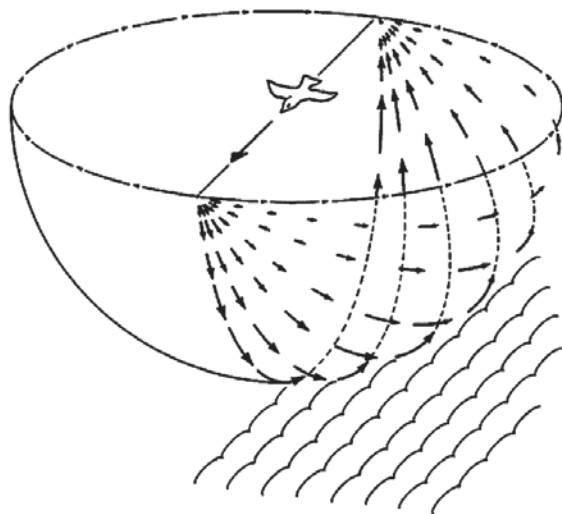


Рис. 1. Течение оптического строя при передвижении параллельно земле (по Дж. Дж. Гибсону [2])

Можно с легкостью проследить связь между этими теоретическими предположениями к изучению восприятия и исследованиями двигательного параллакса, которые мы проводили около тридцати лет назад, изучая изменения в изображении на сетчатке, которые происходят в результате перемещений в пространстве. Хотя еще Гельмгольц в третьем томе своего «Руководства по физиологической оптике» сделал несколько пронизательных замечаний по поводу возможной роли двигательного параллакса, на тот момент, к нашему удивлению, не существовало убедительных демонстраций того, что двигательный параллакс может служить независимым источником информации для восприятия глубины. Одной из причин такого положения дел было отсутствие на ранних компьютерах графики, которая позволила бы предъявлять необходимые сложные изменения оптического строя. В своих экспериментах мы хотели воссоздать изменения оптического строя, которые происходят, когда наблюдатель двигает головой из стороны в сторону, глядя на трехмерную поверхность. Для этих целей мы сконструировали собственное оборудование, с помощью которого можно было предъявлять паттерн случайных точек на экране так, что этот паттерн изменялся в зависимости от положения головы наблюдателя. Мы выбрали именно паттерн случайных точек по причине того, что он позволял нам исключить любые другие источники информации о глубине и расстояниях, которые обычно присутствуют. Эти эксперименты впервые показали, что люди способны обнаруживать и различать разнообразные трехмерные поверхности совершенно точно и однозначно, основываясь лишь на информации, приходящей в оптический строй [3].

Сейчас эти результаты не кажутся нам удивительными, но эти эксперименты были важны для того, чтобы сместить фокус внимания с господствовавшей тогда

точки зрения, согласно которой наличие двух глаз и бинокулярного зрения является главным источником информации для восприятия структуры и расположения объектов окружающего мира. Наши результаты должны были бы показаться нам очевидными, если учесть тот факт, что у большинства видов нет смотрящих вперед глаз, подобных нашим (а также глазам других приматов), и, следовательно, площадь, на которой должны совмещаться поля зрения двух глаз, зачастую очень мала или вообще отсутствует, что делает существование у них бинокулярного стереопсиса затруднительным, если не невозможным. У этих видов оптический строй создается благодаря собственным движениям животного, и это предоставляет им жизненно необходимую информацию о трех пространственных измерениях. В ходе дальнейших исследований мы показали, как похожи друг на друга и теоретически и эмпирически два способа получения информации о глубине: тот, при котором используются небольшие различия, или диспаратность, ретинальных изображений двух глаз (бинокулярный стереопсис), и тот, в основе которого лежат изменения ретинального изображения одного глаза, происходящие во время движений наблюдателя (моторный параллакс).

Необходимость учитывать перцептивную информацию, которая доступна в богатой естественной среде (в отличие от изображений, предъявляемых на маленьком экране компьютера), сыграла важную роль в эксперименте, который мы вместе с Ольгой Науменко проводили недавно в петербургском Планетарии. Отправной точкой нашего исследования был эффект, ранее названный *Новой иллюзией луны*. Известная иллюзия луны состоит в том, что луна кажется больше, когда располагается ближе к горизонту, чем когда находится высоко в небе. Хотя эта иллюзия известна еще со времен Птолемея, она всё еще не получила полного объяснения! Наша *Новая иллюзия луны* — это совсем другое. Ее можно наблюдать, когда солнце садится за горизонт, а луна уже поднялась высоко. Если мы видим луну как раз после того, как она вошла в первую четверть, когда половина ее поверхности освещена (с точки зрения наблюдателя), можно было бы ожидать, что линия, отделяющая освещенную сторону луны от темной (называемая терминатором), будет наклонена *вниз* по направлению к той точке, в которой располагается заходящее солнце, поскольку физика говорит нам, что свет, распространяющийся по прямой от солнца к луне, пересечет терминатор луны под прямым углом. Однако при этих условиях терминатор обычно наклонен *назад*, в направлении точки, располагающейся значительно выше в небе [4–5] (рис. 2а).

Если наблюдатель возьмет веревку и «соединит» солнце и луну, он обнаружит, что натянутая веревка действительно пересекает терминатор луны под прямым углом. Русский физик Яков Перельман одним из первых описал этот эффект в своей книге «Занимательная астрономия» в начале 1940-х годов (рис. 2б). Суть нашего объяснения этой иллюзии составляет перспектива: прямые и параллельные линии, такие как горизонт и лучи света, распространяющиеся от солнца к луне (или линии, обрамляющие сверху и снизу стену, стоящую перед нами), не являются параллельными в угловой проекции. Вместо этого угловое разделение между параллельными линиями увеличивается и затем уменьшается вместе с изменением расстояния от наблюдателя до этих линий. Когда мы располагаем большим количеством информации о расстоянии, зрительная система компенсирует изменения углового разделения и мы видим эти линии как прямые и параллельные. Однако в отсутствие

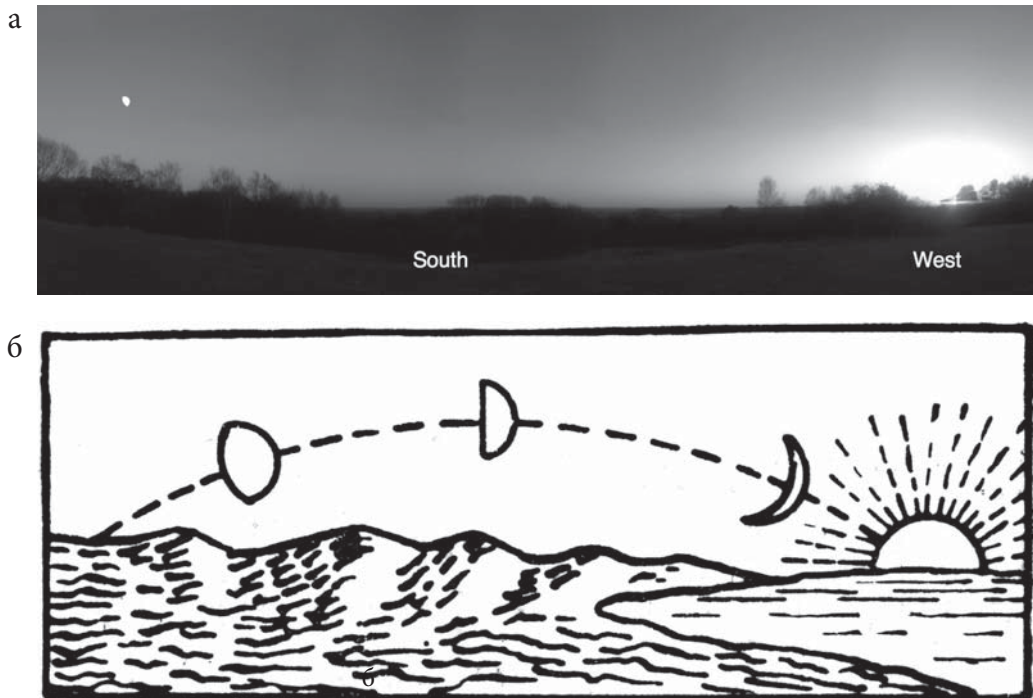


Рис. 2. а) панорамная фотография заходящего на западе солнца и луны, располагающейся над горизонтом, демонстрирует наклон терминатора при *Новой иллюзии луны*; б) на изображении [6] большого круга, который соединяет садящееся солнце и луну, видно, что свет от солнца в действительности приходит под прямым углом к терминатору луны

достаточной информации мы видим параллельные линии в том виде, в котором они проецируются на сетчатку — расходящимися и сходящимися по отношению друг к другу.

Некоторые авторы полагают, что *Новая иллюзия луны* связана с тем обстоятельством, что солнце находится в 400 раз дальше от нас, чем луна, но есть простой способ показать, что дело не в этом. Если вы посмотрите на следы от самолетов, пролетающих в небе в ясный день, то увидите, что они повторяют ту же самую кривизну, которая характерна для воображаемой линии, соединяющей солнце и луну в *Новой иллюзии луны* (рис. 2б): след от самолета поднимается выше над горизонтом по мере того, как он удаляется от первоначального местоположения самолета, и затем опускается к горизонту, когда самолет исчезает вдаль. Тем не менее натянутая веревка убедит нас в том, что очевидное искривление линии связано не с тем, что самолет изменил свой курс, а с нашей неспособностью оценить прямолинейность его следа в небе.

Новая иллюзия луны и искривленные следы от самолетов в небе побудили нас поставить вопрос: «Насколько адекватна наша оценка того, являются ли линии прямыми и параллельными, когда информация о расстояниях ограничена?» В идеале мы бы хотели провести этот эксперимент, проецируя линии на открытое пространство неба, но исходя из практических соображений решили провести более простой экс-

перимент, в котором наблюдатель должен был располагать на одной линии три искусственные «звезды», спроецированные на купол петербургского Планетария. Мы чрезвычайно благодарны Михаилу Белову и всем сотрудникам Планетария, которые позволили нам в марте этого года провести эксперимент, несмотря на невероятно плотный график публичных лекций и демонстраций. Проецируя наши искусственные «звезды» на купол Планетария с помощью лазерных указок, мы обнаружили, что наблюдатели совершали значительные систематические ошибки, когда их просили расположить центральную «звезду» так, чтобы она казалась лежащей на прямой линии, соединяющей две «звезды» по сторонам. Прямая линия, соединявшая две крайние «звезды», конечно же, представляла собой большой круг, который проходил по куполу Планетария. Эта линия поднималась над горизонтом по мере удаления от одной крайней «звезды» и затем снова опускалась, приближаясь к другой крайней «звезде». Тем не менее наблюдатели, вместо того чтобы устанавливать центральную «звезду» на правильную позицию, т. е. на линию большого круга (прямую линию), смещали ее на некоторую величину вниз — ближе к той точке, которая имела такое же восхождение над горизонтом, что и крайние «звезды», хотя этот результат и не приводил к выравниванию всех трех «звезд» по прямой линии.

В нашем эксперименте горизонт купола Планетария был виден наблюдателям, так что они осознавали угловое разделение между каждой из звезд и горизонтом, и это, по-видимому, влияло на их ответы. Мы предполагаем, что если бы в полностью затемненном Планетарии были видны только три «звезды», наблюдатели располагали бы центральную «звезду» точно на прямой линии, соединяющей крайние «звезды». Этот эксперимент нам еще предстоит провести.

В предыдущих абзацах я связал наш эффект с *Новой* иллюзией луны, однако интересен сам вопрос о том, что представляет собой *иллюзия* и как отделить иллюзорное от достоверного. Многие авторы, включая бывшего научного руководителя моей диссертации и моего близкого друга Ричарда Грегори, считают, что об иллюзии следует говорить в случае, когда то, что мы воспринимаем, отличается от «реальности» [7]. Следовательно, если после адаптации к движению в некотором направлении (например, к виду водопада) мы смотрим вокруг и видим движение в противоположном направлении, мы должны считать это иллюзией, потому что вокруг нас нет движения, т. е. имеется несоответствие или расхождение между тем, что есть в реальности, и тем, что мы воспринимаем. Точно так же, если мы оцениваем длину двух одинаковых линий, одна из которых оканчивается «перьями», направленными внутрь, а другая — направленными наружу, мы обычно воспринимаем линию с направленными наружу «перьями» как более длинную — это иллюзия Мюллера — Лайера (рис. 3).

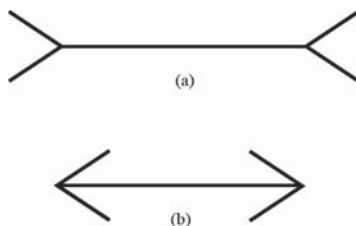


Рис. 3. Иллюзия Мюллера — Лайера: верхний отрезок с расходящимися «перьями» (а) кажется длиннее, чем нижний отрезок со сходящимися «перьями» (б)

Но что такое «реальность»? Если можно предложить множество описаний того, что представляет собой физическая реальность, какое из них следует выбрать? В прошлом психологи проводили различие между двумя «реальностями» — *проксимальным* и *дистальным* стимулами. Оба они объективны и могут быть измерены с использованием приборов и других физических инструментов. Первый из них соответствует характеристикам изображения на сетчатке — его размерам, форме и расположению, тогда как второй соответствует тому, что находится «в мире вокруг». И всё же никто не стал бы утверждать, что расхождение между формой объекта на сетчатке, т. е. проксимальным стимулом (например, трапецевидной формой), и тем, что мы воспринимаем (прямоугольной формой стола), можно квалифицировать как иллюзию. Несмотря на то, что характеристики ретинального изображения являются реальными и объективными, они просто не могут считаться адекватным описанием «реальности» при оценке достоверности нашего восприятия, как указывал Гельмгольц (1910) [8].

Если проксимальный стимул не является удачным описанием «реальности», то, может быть, на эту роль подошел бы *дистальный* стимул, т. е. то, что есть «в мире вокруг нас»? Этот вариант кажется более разумным, ведь здесь нет расхождения между прямоугольной формой стола и моим восприятием стола как прямоугольного, так что я вполне могу сделать вывод о «достоверности» своего восприятия. Однако рассматривая дистальный стимул в качестве «реальности», мы вновь сталкиваемся с проблемами. Представим себе, что мы смотрим на пару стереоизображений в стереоскопе. «Реальность» состоит в том, что два отдельных стереоизображения на самом деле плоские, но производят на нас яркое впечатление трехмерности изображенного объекта. Делает ли этот факт воспринимаемую в стереоскопе глубину иллюзорной? Нет. Если поток света, который посылает глазам стереоскоп, полностью идентичен тому, который производится реальной трехмерной сценой, нет смысла называть одну ситуацию достоверной, а другую иллюзорной, потому что никакая воспринимающая машина, биологическая или созданная человеком, не смогла бы их между собой различить. Тот же самый аргумент применим и при рассмотрении популярных в последнее время примеров уличного искусства. Если смотреть на такое изображение с определенной позиции, тщательно выполненный образец уличного искусства, нарисованный на плоской поверхности, создает точно такой же световой поток в глазу наблюдателя, что и световой поток, формируемый реальной трехмерной сценой, которую изображает рисунок (рис. 4). Мы можем назвать ситуации рассматривания изображений в стереоскопе или таких образцов уличного искусства «факсимильными копиями», поскольку они представляют собой просто-напросто другой способ предъявления того же светового потока нашим глазам. Однако не имеет смысла считать эти «факсимильные копии» иллюзиями, и, что более важно, они не дают нам никакого нового знания о перцептивных процессах, помимо того, что мы могли бы получить, изучая реальные трехмерные сцены.

Общей чертой этих примеров является то обстоятельство, что «иллюзорная» версия предоставляет нашему глазу ту же самую перцептивную информацию, что и реальная сцена. В случае со стереоизображениями паттерн диспаратности между двумя изображениями подобен или даже идентичен той диспаратности, которая создается реальной сценой. В случае с уличным искусством перспектива, градиент текстуры и информация о наложении объектов полностью соответствуют тем, что

а



б



Рис. 4. а) объекты уличного искусства выглядят трехмерными, хотя в действительности они нарисованы на плоском полу; б) пример стиля «trompe-l'œil» (trompe-l'œil) в искусстве XVII в.: скрипка выглядит реальной, хотя на самом деле это плоское изображение

имеют место и при наблюдении реальной трехмерной сцены, которая изображена посредством рисунка. Поэтому можно предположить, что более удачным будет следующее определение иллюзии: «ситуация, при которой наше восприятие расходится с имеющейся информацией». Хотя и с этим определением не всё гладко. Откуда мы знаем, что является информацией?

Некоторое время назад Дэвид Марр [9] предположил, что математика и геометрия могут дать ключ к определению «информации». Если в качестве примера взять перспективу, то геометрическим правилом будет являться тот факт, что при увеличении расстояния до объекта в два раза его угловой размер для наблюдателя уменьшится наполовину. Это одна из аксиом, описанных в Евклидовой «Оптике» около 300 г. до н. э. Следовательно, текстурированная поверхность, которая состоит из элементов примерно одинакового размера — травинки или волокон ковра и т. п., создаст градиент текстуры на ретинальном изображении, и это потенциально несет нам информацию о наклоне поверхности по отношению к наблюдателю. Однако слово «потенциально» ставит нас перед серьезной проблемой. Из того, что определенная зрительная система использует градиент текстуры, или того, что мы можем запрограммировать систему машинного зрения так, чтобы она извлекала этот градиент, не следует, что *любая* зрительная система способна использовать этот конкретный источник информации. Распределение инфракрасного излучения, испускаемого теплокровными животными, является для змей ценным источником информации о местоположении их потенциальной добычи. Однако это излучение не дает никакой пространственной информации человеку. «Информация» — это видоспецифичное понятие, которое выходит за рамки геометрического или математического анализа.

Иными словами, если мы можем создать полное описание «информации», необходимой для того, чтобы представитель конкретного вида мог выполнить какое-либо задание, мы можем описать, как работает данная перцептивная система. Следовательно, иллюзий вообще не существует, поскольку то, что является «информацией» для конкретного вида, всегда будет находиться в соответствии с тем, что воспринимается. Это не значит, что мы должны отказаться от изучения того, что обычно называется иллюзиями, потому что иногда они все же раскрывают нам, причем зачастую очень ярко, те механизмы, на основе которых работает наша перцептивная система. И всё же, поскольку всё наше восприятие основывается на специфических, уникальных принципах работы нашей перцептивной системы — например, на трех видах колбочек, на трихроматической системе цветового зрения, — нет смысла проводить различие между тем, что называется «иллюзиями», и тем, что можно считать «достоверным» или корректным восприятием. Вероятно, термин «иллюзия» можно использовать для обозначения таких особенностей нашего восприятия, которые удивляют, восхищают или забавляют нас, — по крайней мере до появления удовлетворительного научного обоснования этого термина.

Что в таком случае может представлять собой изучение сенсорных и перцептивных процессов? В результате многочисленных экспериментов, которые проводились на протяжении двух тысяч лет, мы, возможно, и стали понимать сенсорные и перцептивные процессы лучше, чем какую-либо другую область экспериментальной психологии, и это понимание сыграло значительную роль в развитии систем машинного зрения и робототехники. Следует отметить, что за последние два десятилетия

произошел сдвиг от традиционных бихевиоральных техник исследования восприятия и влияющих на него факторов к техникам визуализации активности мозга с использованием ПЭТ, фМРТ и МЭГ. С моей точки зрения, это ошибка. Визуализирующие исследования могут показать, в какой области мозга активность проявляется в наибольшей степени, когда мы нечто воспринимаем, но едва ли исследования такого рода помогут понять, как работает наша перцептивная система. Три сотни лет назад эксперименты Томаса Юнга по смешению световых волн разного цвета позволили обнаружить лежащий в основе нашего цветового зрения трихроматический принцип задолго до того, как мы что-то узнали об отвечающих за этот феномен физиологических процессах или структурах мозга. Более того, никакие результаты, полученные с помощью этих новейших технологий, не смогут опровергнуть теорию, основанную на качественных бихевиоральных данных.

Литература

1. *Al-Haytham I.* The optics of Ibn Al-Haytham: 2 vols. / transl. by A. I. Sabra. London: Warburg Institute, 1989. Vol. 1. ix+367 p.; Vol. 2. cx+246 p.
2. *Gibson J. J.* The Ecological Approach to Visual Perception. Boston: Houghton Mifflin, 1979. xiv+332 p.
3. *Rogers B. J., Graham M. E.* Motion parallax as an independent cue for depth perception // *Perception*. 1979. No. 8. P. 125–134.
4. *Rogers B. J., Anstis S. M.* The New Moon illusion // *Perception*. 2013. Vol. 42. ECVF Abstract Supplement. P. 18.
5. *Rogers B. J., Anstis S. M.* The New Moon illusion // D. Todorovic, A.G. Shapiro (eds.). The Oxford Compendium of Visual Illusions. New York; Oxford: Oxford University Press, 2014 (в печати).
6. *Perelman Y.* Astronomy for Entertainment / transl. by A. Shkarovsky. Moscow: Foreign Languages Pub. House, 1958. 193 p.
7. *Gregory R. L.* Seeing through illusions. Oxford: Oxford University Press, 2009. xii+253 p.
8. *Helmholtz H. von.* Helmholtz's treatise on physiological optics: 3 vols. / transl. by J. P. C. Southall. New York: Dover, 1962. 1955 p.
9. *Marr D.* Vision. San Francisco: Freeman, 1982. xvii+397 p.

Статья поступила в редакцию 20 июня 2014 г.