

Глаза: окна в мозг



Только человек, утративший зрение, может сполна оценить, каким сокровищем мы обладаем, сами того не замечая. Видеть окружающий мир нам кажется настолько естественным, что мы редко задумываемся о сложнейших механизмах, которые лежат в основе зрительных процессов

ОБМАНЧИВАЯ ЛЕГКОСТЬ

Примечательная особенность нашего зрения состоит в том, что мы воспринимаем окружающий мир во всей красе и в мельчайших подробностях, не прилагая сознательных усилий, и это кажется абсолютно естественным. Но это ощущение легкости и мгновенности восприятия является результатом особого устройства наших глаз и сложной работы нашего мозга. Построение картины мира, обработка, преобразование и распознавание изображений является весьма трудоемким и сложным делом. Глаза воспринимают видимую часть спектра электромагнитного излучения. Электрические импульсы, распространяющиеся по волокнам нейронов, переносят сигналы из одного участка мозга в другой, активируя или, наоборот, подавляя их активность. Мозг практически мгновенно решает целый ряд удивительно сложных задач, создавая приближенную к реальности иллюзию, которая помогает нам видеть окружающий мир. Поэтому нам и кажется, что мы воспринимаем окружающий мир напрямую, не прилагая к этому особых усилий.

МОНОПОЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

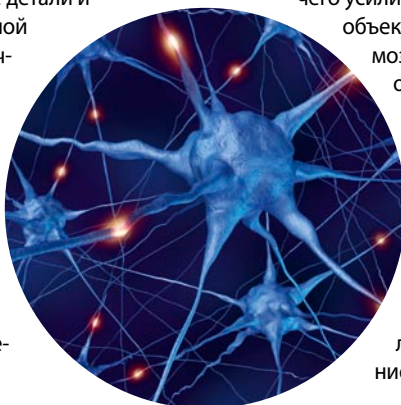
Общаясь с другими людьми, мы можем обнаружить, что их восприятие окружающего мира отличается от нашего. Человеческий глаз — не только монополюсный, но еще и своенравный поставщик визуальной информации. Сообщения об окружающем мире, поступающие от наших глаз, избыточны и полны ошибок, поэтому нашему мозгу нужны фильтры. Вместо того чтобы передавать картинку окружающей действительности во всех ее подробностях, сетчатка рисует ее в самых общих чертах, выделяя лишь ключевые детали и подавляя менее «интересную» информацию. Главной целью зрительной системы является не просто точное воспроизведение внешнего по отношению к наблюдателю мира, а выделение жизненно необходимых данных. То есть глаз выступает в роли первичного фильтра, избавляющего мозг от необходимости самостоятельно обрабатывать огромный массив поступающей информации, выделяя нужные данные и удаляя ненужные. Любопытно, что передача идет не в виде постоянного потока данных, а в виде набора информации об изменении формы окружающих наблюдателя объектов в течение некоторого времени.

НАПРАВЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ

Каждый глаз включает направляющую (радужная оболочка, хрусталик, стекловидное тело), регулирующую и измерительную составляющие. Радужная оболочка играет роль диафрагмы с отверстием, через которое свет поступает в глаз. Двояковыпуклая линза хрусталика и эластичная полость стекловидного тела обладают свойствами световодов, поэтому передают структуру видимого изображения с минимальными искажениями параллельным потоком к измерительной части глаза. Регулирующие органы управляют произвольными движениями глаза и приспособляют его к изменяющимся условиям окружающего мира. Они изменяют пропускную способность диафрагмы, фокусное расстояние линзы и давление внутри эластичной полости. Этими процессами управляют центры среднего мозга с помощью множества чувствительных и исполнительных элементов, распределенных по всему главному яблоку. Все наше зрительное восприятие строится на основе информации, которая поступает от колбочек и палочек, расположенных на сетчатке.

СОГЛАСОВАННАЯ РАБОТА СЕТЧАТКИ И МОЗГА

Сетчатка тщательно отбирает информацию, прежде чем передать ее в мозг. Необходимо быстро обнаружить контрастные цели и изменения, происходящие во внешней обстановке. Во внутреннем слое сетчатки, состоящем из множества фоторецепторов, происходит измерение световых сигналов. Фоторецепторы преобразуют световое излучение в нервные импульсы. Здесь же, в сетчатке, выходные сигналы этих фоторецепторов совместно обрабатываются, в результате чего усиливается контраст изображения, выделяются контуры объектов и определяется их цвет. В отделах среднего мозга определяются относительное расположение обнаруженного объекта, скорость и направление движения. Глазодвигательным мышцам быстро поступает команда повернуть оптические оси глаз так, чтобы выделенный объект попал в зону обзора для детального рассмотрения. Область обзора охватывает конус всего в 5° , и только в ее пределах можно осуществлять сравнительные измерения: ориентироваться в пространстве, распознавать объекты, следить за ними, определять их относительное расположение и направлять движения. В норме фокусировка глаза постоянно



меняется с близкого на дальний взгляд и обратно, спонтанно изменяя кривизну хрусталика. Наши глаза совершают множество произвольных движений: высокочастотные колебания (тремор), малые и большие скачки. Кроме того, мы осознанно переводим взгляд, поворачиваем или наклоняем голову и туловище. Это означает, что передаваемое глазами изображение в кору мозга непрерывно скачет, колеблется и переворачивается. Тем не менее благодаря неосознаваемой нами работе зрительной коры больших полушарий мозга мы этого даже не замечаем.

ОБЪЕМНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Объемное изображение воспроизводится в коре головного мозга, куда направляются видеосигналы от правого и левого глаза. Сетчатка воспринимает изображение только в пределах малого конуса 5° , и более 70% нейронов зрительной коры головного мозга заняты обработкой видеосигналов только этой маленькой части сетчатки. Объемность пространства определяется с помощью бинокулярного зрения, то есть по углу сведения оптических осей глаз. Этот способ измерения работает только на очень близком расстоянии. Если оно более 10 м, то ошибка в оценке дальности до объекта превышает 100%. Тем не менее мы до самого горизонта четко видим перед собой правильно ориентированную панораму шириной почти 160° , полностью адекватную окружающей действительности. И как бы мы ни вертели головой, Земля и все, что на ней расположено, видятся неподвижными и строго ориентированными: небо — вверх, почва — вниз.

МОДЕЛИ ВОСПРИЯТИЯ

В нашем мозге система зрительного восприятия формируется в течение первых нескольких месяцев жизни на основе врожденных зрительных паттернов. Некоторые сведения об окружающем мире достаточно стабильны и становятся основой для формирования зрительных моделей. Например, мы видим объект только тогда, когда его поверхность отражает свет, попадающий нам в глаза. От света возникают тени, которые позволяют нам судить о форме объекта. В течение многих миллионов лет на нашей планете был единственным основным источником света — Солнце. А поскольку солнечный свет всегда падает сверху, то вогнутые объекты будут темнее сверху и светлее снизу, в то время как выпуклые объекты будут светлее сверху и темнее снизу. Так наш мозг определяет, выпуклый или вогнутый тот или иной объект. Эти и другие простые правила жестко прописаны в нашем мозге и формируют базовые модели зрительного восприятия. Модель мира, представленная в мозге, опирается на ряд априорных убеждений, где объекты обладают известными свойствами и занимают определенное положение в пространстве, то есть мы видим то, что уже видели раньше, и то, что вписывается в стандартные зрительные модели. Однако реальная действительность всегда полна неожиданностей и мозг вынужден постоянно совершенствовать эти модели, чтобы адекватно реагировать на существенные изменения окружающего мира.

ЦИКЛЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Наше восприятие совмещает зрительные сигналы с архивами нашего опыта. Если реальные зрительные сигналы не соответствуют ожидаемым, это свидетельствует о несовершенстве модели окружающего мира, сформированной мозгом. Анализируя характер ошибок, мозг стремится улучшить модель. Он спонтанно переключается с одной трактовки на другую в попытках найти вариант, который больше соответствует сигналам, поступающим от органов чувств. Такой цикл повторяется вновь и вновь до тех пор, пока ошибки не станут пренебрежимо малы. Для этого обычно достаточно всего нескольких циклов, на которые мозгу может потребоваться лишь 100 мс. Таким образом, наш мозг молниеносно познает окружающий мир, выстраивая и совершенствуя паттерны восприятия.

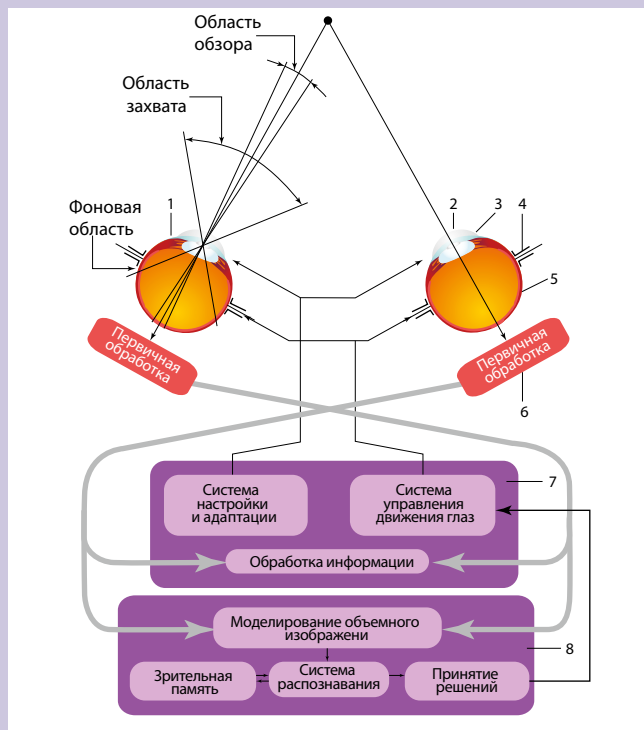


Схема зрительного анализатора

1 — глазное яблоко, 2 — радужная оболочка, 3 — хрусталик, 4 — «точки подвеса» глаза (условно), 5 — сетчатка, 6 — блок первичной обработки информации в сетчатке, 7 — блок обработки информации в среднем мозге, 8 — блок обработки информации в зрительной зоне коры больших полушарий (Изображение: «Химия и жизнь»)

СУБЪЕКТИВНОСТЬ ЦВЕТООЩУЩЕНИЯ

Восприятие цвета очень субъективно и цветоощущение индивидуально для каждого человека, а количество цветоочувствительных колбочек в сетчатке людей может различаться в 40 раз. Известно, что мы способны видеть световые волны в диапазоне от 400 до 700 нм. При этом коротковолновой свет воспринимается нами как фиолетовый и синий, а свет с большими длинами волн — как зеленый, желтый, оранжевый и, наконец, красный. Если бы суть цветового зрения заключалась в одном лишь различии длины волн, нам было бы достаточно колбочек всего двух типов — для коротких и длинных волн, а по разнице в степени их возбуждения можно было бы определить длину волны и, соответственно, цвет. Людям же свойствен трихроматизм, то есть в нашей сетчатке есть светоочувствительные нейроны (колбочки) трех типов. Благодаря содержанию разных видов светопоглощающего белка (опсина) одни колбочки проявляют чувствительность к свету в фиолетово-синей части спектра, другие — в зелено-желтой, третьи — в желто-красной.

Колбочки каждого из типов способны различать около 100 оттенков в своем диапазоне и, таким образом, человеческий глаз потенциально может различать 100^3 оттенков, то есть 1 млн цветовых комбинаций. Однако восприятие цвета зависит не только от рецепторов, но и от участков мозга, обрабатывающих полученные сигналы.

Глаза — это окна в окружающий мир, и какой именно мы увидим действительность, зависит от сложных, неосознаваемых нами зрительных процессов. Берегите и защищайте своих уникальных поставщиков визуальной информации и мозг, который незаметно и неустанно ее интерпретирует!

Татьяна Кривомаз, канд. биол. наук