

1

ТЫ ВИДИШЬ ТАК, А Я ИНАЧЕ: СУБЪЕКТИВНОЕ ИСКУССТВО ВИДЕНИЯ

Человеку свойственно принимать границы
собственного кругозора за границы мира.

Артур Шопенгауэр

Если бы я родилась пятьсот лет назад, я была бы слепой. Сами по себе мои глаза не видят мир четко. Фигуры расплываются, а лица — просто пустые пятна. Цвета сливаются в грязно-коричневый, а вдаль я вижу всего на пару метров. Все совершенно размыто.

Однако мне повезло родиться в XX веке. С восьми лет я носила очки, а с четырнадцати — контактные линзы. Эти меняющие жизнь медицинские средства настолько хорошо нам знакомы, что мы даже не считаем их достижениями технологии, но мою сильную миопию они скорректировали. Надев очки или линзы, я смогла жить полноценной жизнью, как любой человек со стопроцентным зрением.

Несколько лет назад меня начало раздражать, что я плохо вижу. Что, если ночью случится пожар и мне придется

выбегать из дома без очков? Что, если я застряну где-нибудь на несколько дней без очков или запасных контактных линз? Я буду совершенно беспомощна. Наверное, это глупые страхи, но они были реальны. Я заметила, что чем старше мы становимся, тем больше ситуаций, способных привести к катастрофе. В любом случае спустя почти тридцать лет я устала носить очки и возиться с контактными линзами. Каждую неделю, казалось, окружающие делились историями о том, как им успешно сделали лазерную коррекцию зрения. Похоже, пришло время попробовать самой.

Оказалось, что моя миопия не поддается лазерной коррекции, но можно заменить хрусталик. Эта процедура сродни замене детали у робота: вы сидите на стуле с открытыми глазами, веки зафиксированы, а хирург расплющивает ваши хрусталики, вытаскивает их и заменяет искусственными, которые корректируют нарушения зрения. Тысячи людей проходят через эту процедуру ежедневно, чтобы излечить катаракту. После пары неудачных попыток и неприятных, хоть и безболезненных зрительных ощущений это сработало. Теперь, впервые в жизни, просыпаясь по утрам, я вижу то же самое, что и другие люди. Хотя нет, не то же самое. И вы тоже видите по-другому.

Похожи?

В странах Запада более 99% людей ежедневно видят одни те же объекты*. Мы можем посмотреть на окружающие

* По данным Всемирной организации здравоохранения, в мире насчитывается 36 миллионов слепых людей, а также 217 миллионов людей со зрительными нарушениями средней или тяжелой степени. В основном это жители бедных стран (статья «*WHO Fact Sheet #213*», на сайте <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>). — *Здесь и далее примечание автора, если не указано иное.*

нас предметы и описать их, используя одинаковые слова: красное яблоко, белая чашка, деревянный стул. Мы узнаем друг друга при встрече и способны трактовать символы на странице как буквы алфавита. Общее зрительное восприятие мира кажется полным: мир таков, каким мы все его видим, вместе.

Однако ощущение унифицированности того, что мы видим, иллюзорно. И хотя два человека с одинаково развитой зрительной способностью *могут* видеть одно и то же, не существует двух людей, *действительно* видящих то же самое. Каждый аспект визуального восприятия субъективен, уникален для воспринимающего. И это касается не только красоты с точки зрения смотрящего, но абсолютно всего, что мы видим.

Субъективность связана с тем, как работает механизм зрения. Глаза людей и всех других позвоночных называют простыми, так как в них всего один хрусталик. У насекомых и других членистоногих сложные глаза со множеством хрусталиков. Строение глаза позвоночных в общих чертах напоминает строение камеры. Свет проникает через небольшое отверстие (зрачок), а хрусталик фокусирует его на светочувствительной области в задней части глазного яблока (сетчатке). Подобным образом линза камеры фокусирует свет, проходящий через отверстие объектива, на пленке. Однако на этом сходство заканчивается. В отличие от камеры, глаз не захватывает изображение, находящееся перед ним, и не отправляет его «наверх» в мозг для обработки, как при проявке пленки. Зрение — это процесс, система переработки информации [1]: от получения глазами зрительных данных до анализа их компонентов, построения осознанного восприятия образа и узнавания ранее увиденной сцены. Мозг участвует во всех этапах процесса, соотнося опыт, воспоминания, ожидания, цели и желания людей с тем, что они видят (или не видят). Нейроученые

называют получение и обработку световых сигналов физическим зрением, если угодно, переработкой «снизу вверх», а механизмы, которые использует мозг, чтобы повлиять на зрение (превратить его в восприятие), — переработкой «сверху вниз». И только в последние десятилетия исследователи начали понимать связь между ними.

Участие мозга в зрительном процессе начинается еще до того, как мы увидим объект, с того, каким способом мозг собирает зрительную информацию. Камера передает изображение целиком одним кадром, но глаз работает иначе. По поверхности фотопленки равномерно распределено фоточувствительное химическое вещество, поэтому вся ее поверхность мгновенно и в равной степени реагирует на свет, проходящий через отверстие объектива. Сетчатка сильно отличается от пленки.

Это аванпост нашего мозга, покрытый нейронами и сформировавшийся в первые недели беременности из той же нервной ткани, что и мозг эмбриона. Два типа фоторецепторов — *палочки* и *колбочки* — распознают свет и преобразуют его в электрические сигналы. Они выполняют разные функции и расположены на сетчатке неравномерно. Колбочки способны различать цвета и обеспечивают отличную четкость зрения, но им необходим сравнительно яркий свет. С их помощью мы четко видим днем (или при искусственном освещении). Большая часть из шести миллионов колбочек глаза сконцентрирована в центральной фокусной точке сетчатки — небольшой области под названием *макула*. За пределами этой фокусной точки их почти нет.

Палочки примерно в тысячу раз более чувствительны к свету, чем колбочки, и способны различить отдельный фотон (мельчайшую частицу света). Они прекрасно замечают движение, но не способны различать цвета, и полученное с их помощью изображение обладает сравнительно

низкой четкостью. Вот почему с ночным зрением мы не различаем цвета и видим предметы довольно размыто. Палочек примерно в двадцать раз больше, чем колбочек. Они сосредоточены в задней части сетчатки за пределами макулы, и их концентрация постепенно уменьшается к краю сетчатки.* Благодаря палочкам у нас есть ночное и периферическое зрение.

То, что колбочки сосредоточены в крошечной макуле, означает, что в каждый момент глаз может фокусироваться только на какой-либо небольшой области. На расстоянии вытянутой руки величина области четкого фокуса сопоставима с размером почтовой марки. Проверьте себя: держите эту книгу в вытянутой руке и смотрите на какое-то одно слово. Очертания всех других слов вокруг него будут размытыми. Мы компенсируем маленький размер фокусной области тем, что постоянно и очень быстро двигаем глазами,водя взглядом по рассматриваемому объекту. Три или четыре раза в секунду мы подсознательно совершаем движения — *саккады*, — собирая все больше и больше подробной информации.

Глаза движутся совсем не так, как сканер, оцифровывающий документ пофрагментно. Взгляд перемещается по изображению во всех направлениях, на мгновение останавливаясь на отдельных деталях, а затем движется дальше, воспринимая изображение по кусочкам величинной с почтовую марку. В 1960-х годах советский физиолог Альфред Ярбус изобрел жуткого вида аппарат с присоска-

* Чтобы понять, в чем различие между палочками и колбочками, возьмите цветной предмет и держите его перед собой на расстоянии вытянутой руки. Глядя перед собой, медленно переместите предмет вбок, покачивая им из стороны в сторону. Довольно скоро вы перестанете различать цвет предмета, а его очертания станут расплывчатыми, однако вы будете по-прежнему замечать движение, хоть и не сможете увидеть, что его вызывает.

ми, похожими на гигантские контактные линзы, которые помещали на глаза испытуемого, а камера отслеживала и записывала движения глаз при взгляде на разные изображения. Он наносил записанные траектории поверх изображений, на которые смотрели испытуемые, показывая направление движения глаз и места, где взгляд задерживался.

Ярбус выяснил несколько крайне важных вещей о зрении. Прежде всего, у саккад нет системы, но они и не случайны. Взгляд не путешествует по всему изображению, а ищет в нем наиболее полезную визуальную информацию. С биологической точки зрения наиболее «полезна» информация, помогающая нам выжить. Поэтому, как продемонстрировал Ярбус, взгляд привлекают изображения других живых существ, особенно людей, и в частности их лица, глаза и рты. Это самые значимые для выживания части тела, потому что они раскрывают важную информацию о намерениях и настроении человека.

Кроме того, Ярбус обнаружил, что, глядя на некую сцену, наши глаза стараются интерпретировать ее в форме рассказа, сложить по кусочкам историю, которая позволит нам узнать, что происходит. Взгляд перемещается от одного персонажа к другому, а также к деталям сцены, которые мозг считает важными для понимания происходящего. Каким-то образом глаза и мозг соединяют увиденное в связный образ, игнорируя движения глаз между фиксациями взгляда. Это напоминает работу киномонтажеров, которые склеивают разные кадры между собой, ведя зрителей по истории. Случайно монтажеры выяснили, что зрителям больше всего нравится монтаж кадров, сделанных в движении. Как полагает нейрочеловек из Гарварда Маргарет Ливингстоун, причина этого в том, что наша зрительная система привыкла обрабатывать серии смещающихся сцен (фиксаций взгляда), разделенных движением [2].

Позднее, при изучении движения глаз, было выявлено, что на характер движения взгляда может влиять культурная принадлежность человека. В одном из экспериментов двум группам людей (одна состояла из представителей западной культуры, а другая — из жителей Восточной Азии) показывали картинки с изображением центрального объекта на определенном фоне, к примеру тигра в лесу или самолета, летящего над горной грядой. Представители западной культуры в основном обращали внимание на центральный объект, а жители Восточной Азии переводили взгляд с основного объекта на фон [3]. Исследователи предположили, что причина такого различия кроется в том, что в западной культуре ценностями являются индивидуальность и независимость, отсюда и сосредоточенность на центральном персонаже. В восточноазиатской культуре люди в большей степени зависят друг от друга, и потому испытуемых больше интересовал контекст, в который вписан центральный объект.

Недавние нейрологические исследования смогли пролить свет на этот первый этап сбора визуальной информации и его влияние на то, что мы видим. Световые сигналы с сетчатки попадают в два места: в таламус, о котором мы поговорим подробнее чуть позже, и в верхний холмик четверохолмия.

Верхний холмик четверохолмия, который также играет важную роль в управлении движениями головы и глаз, объединяет световые сигналы, полученные от сетчатки, с данными, полученными из других отделов мозга (в том числе ответственных за память и намерения), чтобы определить, куда взгляд переместится дальше. Бывало так, что вы внезапно начинали оглядываться вокруг, не вполне понимая, почему это делаете? Вероятно, это происходило потому, что палочки, ответственные за периферическое зрение, отметили какое-то движение, и мозг, осознав, что оно

может быть признаком опасности, давал команду глазам внимательнее изучить ситуацию. Это основной рефлекс, необходимый для выживания [4]. Таким образом, с самого начала зрение — это сочетание работы глаз и мозга, осознаем мы это или нет.

Нисходящие команды мозга также крайне важны для заполнения фрагментов сцены, на которых не сфокусировано зрение. Палочки и колбочки за пределами макулы предоставляют нам грубое визуальное обозначение области за пределами фокусной точки, а мозг дополняет его, опираясь на память и опыт. Так у нас возникает уверенность (хоть и ложная), что мы видели всю сцену целиком.

Иногда мозг заставляет глаза фокусироваться на ненужных элементах, и в результате мы пропускаем важную информацию. Это излюбленный прием иллюзионистов, ярмарочных фокусников и карманников. Они все эксперты в том, как заставить нас сосредоточиться на несущественных деталях, пока они обманывают нас прямо на наших глазах. Даже объекты, которые невозможно не заметить, становятся невидимыми, когда мы сосредоточиваемся на чем-то другом. Команда исследователей из Гарварда показала испытуемым видео, на котором несколько людей бросали мяч, и попросила подсчитать количество пасов. Половина испытуемых не заметили, что на видео через поле прошла горилла [5]. Этот феномен известен как «перцептивная слепота». Подобным образом мы часто не замечаем достаточно серьезных изменений в том, что видим. Та же команда гарвардских исследователей отправила одного из своих членов в парк в роли туриста, который должен был спрашивать дорогу у прохожих. Во время разговора исследователя/туриста с прохожим между ними проходили двое других исследователей, которые несли дверь. В этот момент «туриста» меняли на другого члена команды. Большинство прохожих не замечали подмены

и продолжали разговаривать со вторым исследователем. Эта вторая форма невнимательности называется «слепотой к изменению».

Световые сигналы, полученные макулой и остальной сетчаткой, отправляются в таламус, а оттуда передаются в зрительную зону коры, расположенную в затылочной доле полушарий головного мозга. Первая стадия была открыта физиологами Дэвидом Хьюбелом и Торстеном Визелем. Она связана с обработкой основных визуальных сигналов, таких как положение линии (горизонтальное, вертикальное или диагональное).

В другом смелом исследовании в отдельные клетки зрительной зоны коры полушарий головного мозга кошки вживляли электроды. Кошку фиксировали неподвижно так, чтобы она смотрела на экран, и пытались записать реакции мозга на различные световые последовательности. В течение нескольких дней исследователи зажигали световые точки по всему экрану, но мозг кошки не реагировал. В конце концов они взяли предметное стекло и прикрепили к нему небольшой кусочек бумаги. Передвигая стекло из стороны в сторону, исследователи наконец добились реакции: одна клетка в мозге кошки проявила активность. Исследователи продолжали двигать стекло, стараясь выяснить, в каком месте экрана оно находилось, когда та клетка отреагировала. Потратив долгие часы на решение этой загадки, они поняли, что клетка реагировала не на точку, а на диагональную тень, которую отбрасывало предметное стекло, когда его перемещали по экрану. Такого результата никто не ожидал. После множества других экспериментов исследователи пришли к выводу, что каждая из миллионов клеток зрительной зоны (известной теперь как V1) запрограммирована реагировать на один конкретный визуальный раздражитель. На различные линии (/ , \ , - , | и пр.) реагируют разные клетки. Из этих основных сигналов

мозг может быстро построить контуры образа — в сущности, линейный рисунок объекта, на который смотрит глаз. Вот почему мы с легкостью распознаем простые линейные изображения: они воспроизводят самый простой способ обработки информации мозгом.

Революционность экспериментов Хьюбела и Визеля в том, что они показали, что мозг не занимается активным анализом визуальной информации. Он реагирует. Каждая клетка V1 либо активируется автоматически в ответ на визуальные свойства конкретного светового сигнала, либо нет. На следующей стадии обработки, V2, конкретные клетки реагируют на контуры, текстуры и местоположение. И опять в зависимости от визуальных характеристик каждого объекта (в этом случае, скажем, цвета, формы или движения) определенные клетки либо активируются, либо нет. Восприятие формируется благодаря комбинации всех клеток, активирующихся в ответ на различные визуальные свойства изображения. Такое заключение было необычным и полностью противоречило более ранним предположениям исследователей. Позднее за эту работу Хьюбелу и Визелю дали Нобелевскую премию (1981 год) (но не за хорошее отношение к кошкам), а их идеи легли в основу всех последующих исследований механизма работы зрительной системы.

Из зрительной коры информация передается двумя проводящими путями: путь «где?» характерен для всех млекопитающих, а система «что?» есть только у людей и еще нескольких видов. Проводящий путь «где?» находится в теменной доле головного мозга, расположенной в верхней части мозга ближе к затылку. Он не позволяет воспринимать цвета, но помогает различать движение, глубину, предметы в пространстве и выделять объекты из фона. Эти основные функции зрения необходимы для выживания, так как позволяют смотрящему выявлять