

АДАПТИВНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

К. СМИТ

Биология сенсорных систем

Перевод с английского
доктора биологических наук Ю. Б. Шмуклера
под редакцией
кандидата биологических наук О. Ю. Орлова



Москва

БИНОМ. Лаборатория знаний
2005

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА РУССКОГО ПЕРЕВОДА

Так случилось, что знакомство с автором и его книгой состоялось еще до выхода этого произведения в свет, и впечатление было весьма благоприятным. Когда же профессор Крис Смит любезно прислал книгу, сложилось твердое убеждение, что она заслуживает того, чтобы быть переведенной и изданной у нас. Написанная в форме учебного пособия для студентов университетов, она кроме данных по строению и работе органов чувств человека и животных содержит вопросы для проверки того, насколько прочитанное усвоено. По каждому большому разделу приведена литература и дан обзор главных источников, что может заметно облегчить их поиск в библиотеке и Интернете. Все, кого интересует биология и поведение животных, будь то студент, старшеклассник или научный работник, найдут эту книгу полезной; она также окажет неоценимую помощь преподавателю для ведения спецкурса по сенсорной физиологии. Инженер и психолог, имеющие склонность к техническому и математическому моделированию сложного поведения или интеллекта, также прочтут ее с пользой.

Вместе с тем, это отнюдь не справочник, ограниченный всего лишь изложением фактических данных; это авторская книга — она несет отпечаток его собственного исследовательского интереса к ряду фундаментальных проблем, от главы к главе вновь и вновь встающих за фактологией, касающейся того или иного органа чувств. Эти проблемы, связывающие сенсорнику с иными самостоятельными областями биологии, обогащают книгу и заслуживают того, чтобы специально привлечь к ним внимание.

Прежде всего это обращения к временной шкале, относящейся к тому периоду примерно в полмиллиарда лет, на протяжении которого протекала эволюция многоклеточных животных. Можно вспомнить, что изначально источником эволюционных представлений служил преимущественно материал, поставляемый макроморфологией — прежде всего сравнительной анатомией животных. Многообразие живых форм и скелетов ископаемых, особенно позвоночных, бесчисленные вариации в пределах одного плана строения («плана творения») — вот что давало пищу для объяснительных построений, подразумевающих генеалогические взаимоотношения разных ветвей «эволюционного дерева». Но с развитием молекулярной биологии и успехами в геномике возник новый источник независимых данных об эволюции — эволюции того, из чего строятся организмы, и тех генетических текстов, на основе которых все они строятся. Этот материал несет отпечатки событий, с известной точностью даже поддающихся датировке. Вот тема, которая постоянно звучит

в книге благодаря интересу к тому, что дает «сравнительная морфология молекул» — например, образующих мембранные каналы.

Тема эволюции переключается с оценкой степени совершенства органа в отношении требований к нему. Приспособительная эволюция подчас упрощенно понимается как процесс, гарантированно ведущий к предельному совершенству органа. Мы склонны повсюду видеть целесообразность и ставить вопрос «зачем?» там, где для этого нет оснований. Есть множество примеров того, что наблюдаемое является чем-то приемлемым, но отнюдь не идеальным. Так, у рыб, в том числе и наших далеких предков, местоположение сердца — голова, а не туловище. У нас сердце лежит в грудной клетке, и его иннервацию было бы лучше обеспечить нервом, защищенным шейными позвонками и покидающим эту защиту уже на уровне груди, а не черепным (как у всех позвоночных) блуждающим нервом. Каковы бы ни были исторические предпосылки того, что глаза позвоночных имеют инвертированную сетчатку (в отличие от глаз головоногих и от медиальных глаз самих позвоночных, например рептилий), не надо искать скрытый приспособительный смысл в том, что свет на пути к рецепторам вынужден проходить сквозь нервные слои сетчатки.

То же касается адаптивности продукта эволюции, когда речь идет о предельно малых структурах — молекулах. На этом уровне «морфологии» типично, что чем меньше конструкция, тем больше выражена дискретность возможных вариантов. В итоге некоторые свойства того, что закреплено отбором, оказываются всего лишь попутным следствием жестких требований к иному, существенному параметру. Так, лишь немногие молекулярные конструкции пригодны для нужд фотосинтеза или переноса кислорода кровью к тканям. Следует ли искать целесообразность в красной окраске крови позвоночных или в зеленом цвете листьев растений? Глубоководным и ночным животным было бы полезно иметь зрительный пигмент, поглощающий *любые* доступные кванты света, т. е. имеющий черный цвет; но все они довольствуются пурпурными родопсинами просто потому, что среди трансмембранных белков нужного типа — зрительных пигментов — нет черного.

Эволюция глаза позвоночных показывает и такие примеры, когда по тем или иным причинам удачное решение, найденное предками, оказывается утраченным их более «прогрессивными» потомками. Именно так обстоит дело с механизмом аккомодации млекопитающих. Вместо надежного способа активного сжатия эластичного хрусталика по линии экватора (что ведет к увеличению его выпуклости при рассмотрении вблизи), — выработанного еще рептилиями и сохраненного птицами, — млекопитающие вынуждены полагаться на его упругость, которая и увеличивает его выпуклость в ответ на ослабление натяжения хрусталиковой сумки. Этот нелепый способ аккомодации — источник возрастных проблем с очками для большей части человечества; причина же его кроется в истории становления млекопитающих, прошедших длительный период скрытого образа жизни мелких роющихся животных типа землероек, — период, достаточно длительный для того, чтобы был утрачен ряд черт совершенного глаза, свойственного рептильным предкам млекопитающих. В результате их потомкам пришлось изобретать заново способ аккомодации, и найденное решение оказалось не лучшим. Надо помнить, что мы привычно льстим себе, мимоходом вспоминая нечто на тему «от низшего к высшему»,

о «братьях наших меньших», и думая о самих себе как о венце творения. Мозг, речь и рука человека, безусловно, уникально высоко развиты; но это никак не касается его органов чувств. Вот что имеет в виду Крис Смит, говоря о нашем антропоцентризме.

Другая сквозная тема — огромная дистанция между рецепцией и восприятием. Самый детальный анализ молекулярной биофизики органа слуха не дает ни малейшего понятия о том, как воспринимается устная речь и где в ней закопан «смысл» слов. Когда от работы глаза, органа слуха и т. д. мы переходим к зрению, к слуховому, тактильному и т. п. восприятию окружающей реальности, — мы постоянно имеем дело с чем-то глубоко отличным от «детектирования стимула».

Наше восприятие «предметно-ориентировано», нацелено на узнавание предметов по их предметным свойствам, при этом достойно внимания то, насколько воспринимаемое нами отличается от исходного сенсорного материала. Всякий без труда отличит наощупь мокрую тряпку от сухой, не подозревая о том, что у нас нет кожных рецепторов влажности, и что это как бы «первичное» ощущение есть интеграция того, что дают температурные и тактильные рецепторы. Нам представляется чем-то первичным направление на источник звука — но наша способность чувствовать это есть результат точнейшего сопоставления того, что «детектируют» два уха, и эта процедура даже не доступна самонаблюдению. Мы легко узнаем предметы по их окраске — например, отличаем ярко освещенный черный предмет от белого, лежащего в тени, даже если белый при этом отражает света меньше, чем черный; мы «непосредственно» видим цвета этих предметов, не подозревая, какая сложнейшая работа выполняется при этом процедурами зрительной константности в зрительных центрах мозга. «Световое ощущение не есть еще зрение. Световое ощущение только тогда становится зрением, когда нам удастся при его помощи распознавать внешние предметы; следовательно, зрение заключается в понимании световых ощущений» — говорил Гельмгольц. При этом на пути к предметному восприятию окружения мы игнорируем огромный поток сенсорной информации — того, что уже «детектировано». «Как мало мы склонны, при ежедневном практическом употреблении органов чувств, задумываться над той ролью, которую они при этом играют; как нас исключительно интересует лишь то из ощущений, что нам доставляет сведения об отношениях внешнего мира, и как мало мы обращаем внимания на те ощущения, которые к этому не приурочены» (Гельмгольц).

Здесь мы вплотную подходим к деликатной теме, которую Смит обозначает как «трудные философские вопросы». Философские потому, что наши чувства (способы восприятия) и мышление были издревле предметом внимания человека, наивных мыслителей древности, натурфилософов недавнего прошлого, философов и психологов современности. Трудные потому, что их обсуждение сталкивает нас — при первом контакте неожиданно — с двумя неразрешимыми проблемами (к чему не всякий готов), и обе имеют прямое отношение к работе наших органов чувств.

Первая из них звучит вообще как полная нелепость и заключается в том, что нет никаких способов *доказать*, т. е. обосновать логически, что столь привычный нам окружающий мир — знакомый нам зрительно, на слух и на

ощупь — существует реально, а не только в нашем, скажем, воображении. Даже такой яростный полемист и защитник материализма, как автор «Материализма и эмпириокритицизма», вынужден был признать, что никакими доводами, силлогизмами или рассуждениями невозможно пробить брешь в системе построенный последовательного солипсизма: если я упрямо утверждаю, что все мое окружение, со всеми плюсами и минусами, включая моих оппонентов и их высказывания, виртуально, — то выхода из этого тупика нет!

Философские построения в этой области по сути дела есть система высказываний, и этой системе подобает удовлетворять требованиям логики, гарантирующей от явных ошибок. Но как быть, если краеугольный камень построений — тезис об объективности окружающего мира — не поддается логически безупречному обоснованию? Если позволить себе *принять очевидное* без доказательств, то есть «на веру», то где критерии того, что можно и чего нельзя принимать на веру (без логического обоснования) в дальнейшем? Тот факт, что в квантовой физике тоже есть как бы похожие трудности — принцип неопределенности (его упоминает Смит), а в математике тоже обнаруживается некая неполнота аксиоматики, выявленная Гёделем, — не может служить утешением: это не снимает драматизма положения того, кто одновременно хочет быть и безупречно корректным в своих высказываниях, и видит неразрешимость этой проблемы.

Другая проблема звучит не так нелепо, но тоже содержит одну непреодолимую неприятность: нет абсолютно никаких способов непосредственно сравнивать наши ощущения, которые суть предмет нашего субъективного мировосприятия. Конечно, каждый склонен полагать, что наши ощущения красного, соленого и пр. одинаковы, и я тоже *верю*, что это так; но что же это за наука, если мы вынуждены прибегать к вере? Действительно, сравниваем ли мы наши ощущения (или слова!), даже когда произносим *одинаковые слова*, глядя, скажем, на один и тот же красный объект? А если мы не можем их даже сравнивать, то как можно говорить, что они *правильно* отражают реальность?

Последовательный анализ этой проблемы потребовал бы слишком долгого обсуждения, здесь не вполне уместного, и мы ограничимся только важным выводом и иллюстрацией к нему. Вывод состоит в том, что сенсорика и вся система восприятия служат задаче построения в мозгу модели внешнего мира, и модель эта в чем-то похожа на комбинацию привычного нам глобуса с политической картой мира: изображенные на нем пространственные отношения кардинально отличны от способа его раскраски. Первые отражают свойства, обязательные для нужд построения действий, и каким бы способом они ни были получены — зрительно ли, наощупь, с помощью вибрисс, или же на слух (посредством эхолокации), — все они должны быть между собой в согласии. Все они должны удовлетворять непреложным императивам нашего трехмерного мира. Совсем другое дело — как раскрашена карта, на которой требуется различать *разные* страны и видеть *общность* принадлежности чьих-то разобленных территорий. Нам привычно видеть все, принадлежащее Англии, — зеленым, Франции — лиловым; но это есть чистая условность, и неуместен вопрос: «Правильно ли мы делаем, изображая английское — зеленым», и т. д. В известном смысле, субъективно знакомая каждому палитра его ощущений цвета, запахов и вкусов также условна, и ее информативность определяется

тем, что от чего она позволяет нам отличить. «Видеть — значит различать». В этом смысл концепции символов (или иероглифов), которой придерживался Гельмгольц.

Приведенная параллель с глобусом позволяет, быть может, ближе понять еще одну сквозную тему в книге Смита: то, что другие существа, с иным нежели у нас сенсорным вооружением, обитают в иных, отличных от нашего, сенсорных мирах, которые нам, зрительно-ориентирующимся приматам, трудно себе даже представить. Что значит — быть летучей мышью и «видеть» с помощью эхолокации?

Представим себе, что нужно определить размер и форму предмета наощупь, не глядя на него, например ощупывая чем-то вроде палочки. Решив эту задачу таким способом, мы вряд ли сможем описать результат в терминах своих тактильных ощущений. Мы объективизируем ощущения, и нужный нам результат является сложной интеграцией первичных сенсорных данных, порой недоступных нашему вниманию и запоминанию. Можно допустить, что летучая мышь также игнорирует акустическую природу своего локационного сигнала и всего сенсорного «сырья», из которого для нее складывается целостная картина обязательных пространственных отношений — неподвижных препятствий, открытого пространства, мелких порхающих объектов (ее добычи), и вся эта картина, предназначенная для ориентации в полете, в некотором смысле не так сильно отлична от привычной нам, получаемой совсем иным способом — зрительно.

* * *

Не такая простая задача — охватить круг вопросов «от ионных каналов до Декарта», т. е. от элементарных процессов на молекулярном уровне, ультраструктуры и нейрологии в той или иной модальности, до целостного восприятия внешнего мира и места органов чувств в теории познания. Независимо от достоинств книги К. Смита, осуществить ее перевод и издание в нынешних условиях тоже непросто. Большой удачей явилось знакомство с издательством «БИНОМ. Лаборатория знаний», взявшим на себя заботы и риск такого предприятия, и наконец то, что перевод книги был поручен издательством опытному переводчику и квалифицированному биологу, доктору биологических наук Ю. Б. Шмуклеру. Его внимательное и ответственное отношение к делу отчасти отражено в его многочисленных примечаниях переводчика. Вряд ли кто-либо, тем более редактор перевода, мог бы быть экспертом во всех разделах столь обширной области биологии, как сенсорные системы. Редактору помогли своими консультациями его коллеги, специалисты по сенсорике: Н. Г. Бибиков, Б. Д. Васильев, В. И. Говардовский, А. В. Минор, Е. М. Максимова, И. Н. Пигарев, Г. И. Рожкова и А. Я. Супин, — которым он приносит свою глубокую признательность.

О. Ю. Орлов