

Занимательная Наука

Усенков Дмитрий Юрьевич

УМЕНИЕ ВИДЕТЬ

Экстрасенсы, ясновидящие, гадалки и предсказатели. Высококласные специалисты – мастера своего дела, способные «с одного взгляда» поставить правильный диагноз заболевшему или определить неисправность технического устройства. Первооткрыватели и изобретатели, «генераторы идей», создающие принципиально новое или открывающие ранее неизвестные горизонты бытия... Есть ли между ними что-то общее? И где грань, отделяющая рациональное «зерно» научной истины от измышлений, суеверия и мошенничества?

ПЕРЦЕПТРОНИКА – ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ

Кроме привычных нам еще со школьных лет задачек по математике, физике и другим предметам, в которых для решения требуется знать определенный алгоритм и в соответствии с ним выполнить какие-либо определенные действия, существуют задачи, которые невозможно формализовать. И таких неформализуемых задач в реальной жизни большинство, а их примеры можно отыскать буквально на каждом шагу.

Вот, скажем, компьютерные программы автоматического перевода текста с одного языка на другой. Главная проблема здесь состоит в невозможности для компьютера понять смысл переводимого текста и отыскать правильный перевод для слов, имеющих несколько различных значений.

Существуют и задачи, для которых точный способ (алгоритм) решения попросту неизвестен. Типичный классический пример – задача распознавания символов. Пусть у нас имеется лист с напечатанным текстом (скажем, страница журнала с данной статьей), и мы хотим перенести этот текст в компьютер, чтобы затем обрабатывать его в текстовом редакторе. Конечно, самый простой способ – ввести этот текст вручную с клавиатуры. Но можно ли автоматизировать работу?

Если воспользоваться сканером, то мы получим оцифрованное *изображение* текста, но не сам текст. Это пока еще только картинка, которую можно просмотреть на экране, сохранить на диске, распечатать (получится своего рода «ксерокопия»), но редактировать ее можно только как картинку – по отдельным точкам, а не по символам. Если же мы хотим загрузить этот текст в текстовый редактор, то сначала нужно «заста-



...«узнавание» человека по кожному узору на пальцах...

вить» компьютер распознать каждый изображенный символ и сопоставить ему соответствующий код, превращая графическое изображение каждой строки текста в соответствующую последовательность кодов составляющих ее символов.

Такая задача называется *задачей распознавания*. Существуют и другие аналогичные примеры: опознавание в изображении, поступающем с установленной на конвейере видеокамеры, бракованной детали среди остальных, соответствующих техническим требованиям; «понимание» произнесенного в микрофон слова; «узнавание» человека по кожному узору на пальцах и пр. Но самое главное – далеко не всегда заранее известно, чем похожи и чем отличаются распознаваемые объекты. Например, почему «А» и «а» – это одна и та же буква, а «Ш» и «Щ» – разные буквы? Мы-то, конечно, понимаем, что «Ш» и «Щ» отличаются «хвостиком» снизу, но как объяснить это компьютеру, учитывая, что написание и размеры букв могут встретиться самые разные? И таких «неизвестно как» решаемых задач – множество: «прогностические» (или, проще говоря, задачи предсказания, скажем, ситуации на валютной бирже), задачи поиска оптимального поведения (например наилучшей стратегии сражения, когда требуется оценивать и сравнивать вероятности получаемых в итоге результатов) и многие другие.

Решение подобных задач обычно связано с интуицией человека, нередко – с гени-

альной догадкой, составляющей сущность любого открытия и изобретения. Но, к сожалению, интуиция или, как еще ее называют, «инсайт» – это одна из наименее изученных областей психологии и нейрофизиологии человека.

И все же, даже не зная сущности происходящих в глубинах мозга мыслительных процессов, порождающих интуицию, удалось частично смоделировать это свойство. Первые попытки разработать устройство, способное распознавать визуальные образы, относятся к 1960-м гг. *Перцептрон* (или *персептрон*) – так назывался прибор, созданный Ф. Розенблатом (или, в иной транскрипции, Розенблатом). «Классический» перцептрон (рис. 1) представляет собой матрицу фотодатчиков («принимающее устройство»), совершенно хаотичным образом соединенных с усилителями, коэффициенты усиления которых могут меняться произвольным образом, а усиленные сигналы затем суммируются (вычисление «взвешенной суммы»: $a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + \dots + a_n \times x_n$). Далее результат суммирования сравнивается с некоторым пороговым значением и по превышению (или не превышению) заданного порога формируется ответ: «да» или «нет». Это – если речь идет о распознавании одного символа; если же требуется распознавать разные символы из некоторого предложенного набора, то усилителей, сумматоров и пороговых устройств предусматривается несколько, по одному «каналу» на каждый возможный символ.

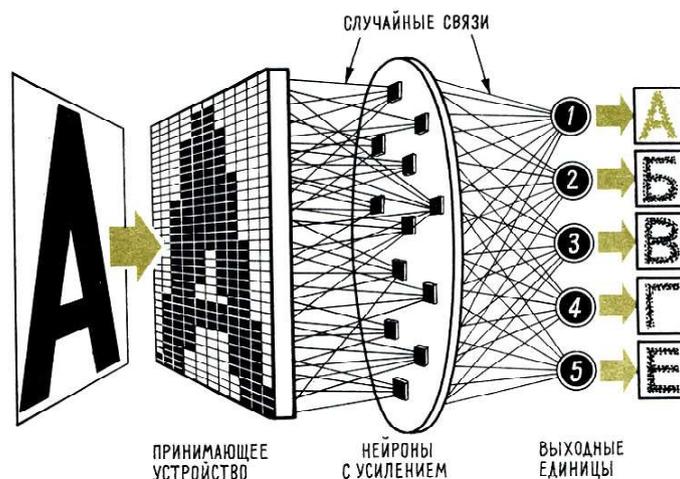


Рис. 1. Перцептрон как устройство распознавания символов

Еще раз особо отметим, что соединения фотодатчиков с усилителями совершенно хаотичны, фактически здесь нет речи ни о какой принципиальной схеме как таковой, и чем больше этих соединений, чем они случайнее, тем лучше будет работать перцептрон. Точно так же случайным образом задаются изначальные значения коэффициентов усиления.

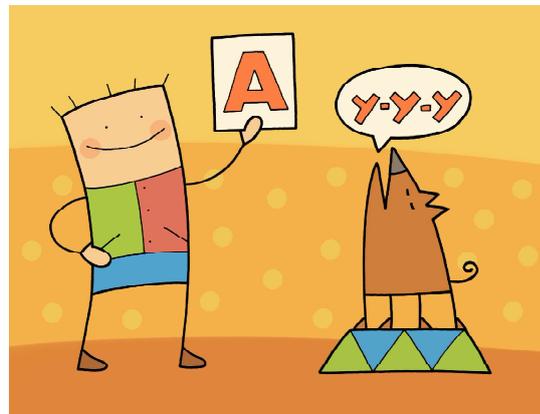
Затем на матрицу фотодатчиков проецируется изображение символа (пусть это будет буква «А»). Первый полученный ответ устройства, скорее всего, окажется неправильным, тогда оператор, работающий с перцептроном, уменьшает коэффициенты усиления для тех сигналов, которые «внесли наибольший вклад» в принятие неверного решения, и снова предъявляет устройству тот же символ. Очевидно, что рано или поздно все «мешающие» сигналы будут уменьшены настолько, что перцептрон выдаст правильный ответ, тогда ему предъявляют для опознания другой образец буквы «А» (другого размера или начертания) и вновь добиваются правильного ответа. Когда перцептрон «научится» уверенно распознавать эту букву в любых ее видах (вернее, во всех видах, которые ему предлагались), на фотодатчики проецируют следующую букву (пусть это будет «Б») и добиваются уверенного ее распознавания и отличения от «А» во всех предлагаемых вариантах написания. И так далее, пока перцептрон не будет «обучен» распознавать и отличать друг от друга все нужные буквы.

Если сравнить перцептрон с компьютером, то мы увидим два его удивительных свойства. Во-первых, изначально мы не закладываем в перцептрон никаких критериев или алгоритмов распознавания букв – ни в виде программы, ни схемотехнически; более того, мы можем даже и не знать наперед этих критериев. А во-вторых, перцептрон необходимо долго «обучать» решению интересующей нас задачи на примерах – образцах; правда, в отличие от школьника, уже «обученный» перцептрон можно растиражировать в нужном количестве экземпляров, зная получившиеся значения коэффициентов усиления. Причем, чем дольше и тща-

тельнее проводится «обучение», тем меньше ошибок будет допускать перцептрон в дальнейшей работе, а если ему встретится образец буквы, с которым он еще «не знаком», то для правильной работы устройство, возможно, потребует «дообучить». Фактически здесь алгоритм решения задачи рождается в процессе «обучения»!

Но почему мы вдруг вспомнили о перцептроне, обсуждая поставленные в начале статьи вопросы? Дело в том, что, по предположениям ученых (по большей части подтвержденным экспериментально), нервные клетки мозга – *нейроны* функционируют аналогично перцептрону (или правильнее было бы сказать, что перцептрон функционирует аналогично нейронам).

Известно, что нервные импульсы, поступающие в нейрон, в отличие от сигналов, «циркулирующих» в недрах компьютера и допускающих только два возможных значения – 0 или 1, могут иметь произвольную величину от минимального до максимально возможного значения. Известно и то, что нейрон «занимается» суммированием поступивших величин сигналов, предварительно умноженных на некоторые коэффициенты (которые могут меняться и в том числе быть отрицательными). А ведь фактически это те же действия по вычислению «взвешенной суммы», что и в перцептроне! И точно так же полученное результирующее значение в обоих случаях сравнивается затем с некоторым «пороговым». Так что перцептрон можно считать первой попыткой создания «ис-



Первый полученный ответ... скорее всего, окажется неправильным...

кусственного мозга», моделирования основных принципов его работы.

Заметим, что сегодня перцептроника переживает свое «второе рождение» уже в виде *нейрокомпьютики* – наиболее активно развиваемого направления современных электронных технологий. Изменилась лишь элементная база: современный нейрокомпьютер (вычислительное устройство на базе нейросети) может быть и «виртуальным» – реализованным в виде программы для ПЭВМ, имитирующей работу нейронной сети, и добавилось такое свойство, как «память» – возможность подачи сигнала с выхода устройства снова на его вход, в том числе по истечении определенного промежутка времени, что позволяет моделировать условные рефлексы, но базовые принципы функционирования остались неизменными.

При этом не следует считать, что создание нейросети и ее обучение – это нечто сверхсложное, доступное только лишь избранным специалистам. Например, можно порекомендовать заинтересовавшимся читателям книгу: *Ясницкий Л.Н. Искусственный интеллект: учебное пособие*, выпущенное московским издательством «БИНОМ» в 2012 году, где вполне понятным и доступным для

школьников языком рассказывается о том, что такое нейросеть и как она работает. Более того, до сих пор функционирует сайт электронного приложения к этой книге (рис. 2) с практикумом (<http://www.lbai.ru>) в виде набора лабораторных работ, позволяющих при помощи разработанного автором книги приложения – нейросимулятора самостоятельно создать и обучить нейросеть. При этом обучение проводится автоматически на основе заранее заготовленного текстового файла с образцами и правильными ответами, так что процесс обучения получается достаточно быстрым.

ЧЕЛОВЕК УЧИТСЯ

Поняв аналогию между функционированием перцептрона (нейросети) и работой человеческого мозга, попытаемся понять хотя бы общие принципы интуиции, опираясь на имеющиеся гипотезы ученых и данные экспериментов.

Прежде всего, заметим, что мыслительную деятельность человека можно классифицировать на две четко выделяемые группы: логическое мышление, которым «ведает» левое полушарие мозга, и образное мыш-

Лабораторный практикум по ИИ
 Приложение к учебно-методическому комплексу
 Лабораторный практикум > Лабораторная работа №2

Учебно-методический комплекс
 Лабораторный практикум
 - Установка и запуск
 - Лабораторная работа №1
 - Лабораторная работа №2
 - Лабораторные работы №3, 4
 - Лабораторная работа №5
 - Лабораторные работы №6, 7
 Лабораторная работа №8
 Авторы
 Пермская школа ИИ
 Обратная связь

Лабораторная работа №2

Задание
 Обучить однослойный перцептрон классифицировать числа на четные и нечетные

Вход перцептрона Выход перцептрона Протокол выполнения

1. Сформулируйте множество обучающих примеров, для чего нарисуйте на входе перцептрона какую-либо цифру, указывая на выходе, какое это число: четное или нечетное.
 > Добавьте ещё пример
 > Добавьте ещё пример
 > Добавьте ещё пример

Множество обучающих примеров

Задание состоит в том, чтобы обучить перцептрон классифицировать цифры на четные и нечетные.
 Читая «Протокол выполнения», школьники рисуют цифры на табло «Вход перцептрона» и, отмечая

Ду "ИДИ"

Рис. 2. Сайт лабораторного практикума к книге Л. Н. Ясницкого

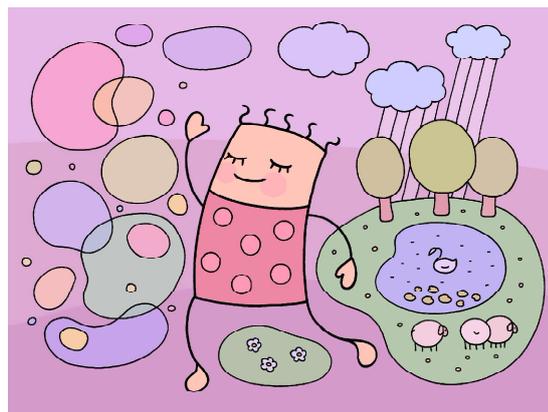
ление, являющееся «прерогативой» правого полушария. И если логика предполагает знание однозначного алгоритма действий с предварительным вычленением однозначного необходимого и достаточного набора исходных данных, то к образному мышлению традиционно относят аспекты творчества, эмоционально-чувственного восприятия, всего того, что в популярной литературе именуют то «подсознанием», то «надсознанием», а то и «сверхсознанием». Причем по многочисленным свидетельствам тех, кому на личном опыте доводилось пользоваться услугами своей интуиции, ее работа проявляется обычно в форме неожиданных, словно «подсказанных извне» идей, логическое объяснение которых производится уже после, что называется, «задним числом».

Объяснить этот феномен можно, если вспомнить, что логическое мышление тесно связано с словесной речью (то есть мы так или иначе «думаем словами», даже если не произносим их вслух). А если учесть еще и то, что «центры управления» словесной речью размещены в левом полушарии, то можно предположить, что источником интуиции действительно является правополушарная деятельность. Причем практически вся работа правого полушария скрыта от нас именно потому, что она «не протоколируется» функционированием речевых центров, и только тогда, когда результат ее попадет в левое полушарие и окажется «словесно оформленным», человек сможет осознать его как некую идею. А происходит это обычно тогда, когда левое полушарие временно ослабит свою деятельность: во время отдыха, а еще чаще – в то «пограничное» состояние между сном и явью, которое случается в моменты засыпания и пробуждения. Именно в такие моменты левополушарная деятельность перестает быть безусловно доминирующей, и правому полушарию легче «достучаться» до речевого центра. (Правда, полностью «отключаться» левое полушарие при этом не должно: во-первых, чтобы оставался работоспособным речевой центр, а во-вторых, чтобы логическое мышление «успело» зафиксировать полученный результат, осознать его и отсеять явно абсурдные идеи.

Иначе интуиция попросту вырождается в бред – состояние, когда правополушарная деятельность начинает принимать неконтролируемые формы.)

Второй аспект касается сущности обучения вообще. В педагогике издавна известно деление прогнозируемых результатов обучения на «знания», «умения» и «навыки». И если первое однозначно можно соотнести с логическим мышлением, то второе и третье во многом подобны «обучению» перцептрона.

Вот, скажем, умение опознавать увиденные предметы. То, что реально видит человеческий глаз, – изображение, формируемое на сетчатке, – объективно представляет собой лишь мешанину разноцветных пятен (в том числе и из-за оптического несовершенства самого глаза). То есть мы видим не столько глазами, сколько мозгом, обрабатывающим полученную картинку (а точнее, кодирующие её нейроимпульсы), выделяющим из неё изображения отдельных предметов и их распознающим. Это значит, что новорожденный фактически «смотрит, но не видит», он еще не способен опознавать увиденное и только позже обучается это делать, – отчасти на собственном опыте, привлекая остальные органы чувств, а отчасти и по подсказке извне (например, когда родители сообщают ему название того или иного предмета). Аналогичные трудности испытывают и те, кто был слепым от рождения и кому медицина вернула зрение. Как говорят сами



...вся работа правого полушария скрыта от нас... и только тогда, когда результат ее попадет в левое полушарие... человек сможет осознать его как некую идею.

пациенты, в первые дни они еще не умеют распознавать в увиденном давно знакомые им предметы, пока не ощупают их со всех сторон, не сопоставят новые для них зрительные впечатления с уже известными, сформированными при участии других органов чувств.

В любом случае мы имеем дело с обучением на примерах. А ведь именно таким способом вырабатываются умения и особенно навыки («автоматические» действия, выполняемые как бы вне работы сознания). Каждому известно, что научиться что-либо делать по одним только теоретическим объяснениям невозможно. Несколько лучших результатов можно добиться, наблюдая со стороны за выполнением интересующей нас работы, стараясь понять смысл выполняемых действий и как бы «примеривая» их на себе. Но действительно научиться что-то делать можно, только начав это делать самостоятельно, после нескольких проб и, возможно, ошибок. Роль же учителя в этом случае заключается не в подмене такой практической работы каждого ученика объяснениями и демонстрацией, а лишь в коррекции его самостоятельных действий (чем быстрее будет выявлена ошибка, тем эффективнее обучение; и, кстати, то же самое верно и для перцептрона!), в показе наиболее оптимального способа действий и в объяснении их смысла, что дает учащемуся повод для размышлений: нельзя ли найти другой, еще более эффективный способ для конкретных реальных условий работы, если они отличаются от «школьных»?

И здесь особенно важным является накопление практического опыта при решении большого числа типовых заданий. Многие ученики (да и родители) зачастую жалуются: «зачем нам задают столько примеров в качестве домашнего задания по математике? Ведь примеры почти одинаковые, и такие же мы разбирали в классе!». Обычно на подобный вопрос отвечают, что домашнее задание требуется для «закрепления знаний», для их практической отработки, с учетом ограниченности учебного времени в школе и невозможности прорешать в классе все возможные, представленные в задачнике вари-

ации типовых примеров. Но, в сущности, роль таких домашних заданий все та же: накопление опыта и обучение своего собственного «перцептрона», которым является мозг ученика. Скажем, учитель может объяснить школьникам принципы преобразования алгебраических выражений, показать формулы квадратов и кубов суммы и разности и пр. и показать на примере, как применять такие формулы для упрощения записи выражений. Но это еще не означает, что учащиеся сразу же смогут «видеть» в заданном выражении, какую именно формулу преобразования и как нужно применить. И объяснить словесно, как «увидеть» в каждом конкретном случае это необходимое преобразование, практически невозможно. А вот выполняя достаточные объемы домашнего задания, каждый ученик, возможно, сам этого не осознавая, обучает свой мозг «в режиме перцептрона», пока это обучение не сформирует интуицию, подсказывающую правильное решение.

УЧИТЬСЯ ВИДЕТЬ!

И вот теперь мы, наконец, готовы к тому, чтобы попытаться найти ответ на вопросы, поставленные в начале статьи.

Сразу оговоримся, что речь в данном случае не идет о мошенниках и шарлатанах, *намеренно* дурачащих доверчивых сограждан, равно как и о тех, кто «добросовестно заблуждается», путая свои желания с действительностью. Таких людей, конечно, немало, особенно в первой рассматриваемой нами категории «лиц, причастных к интуиции», но ведь аналогичные случаи нередки и в «официальной» науке, так что только на основании этого списывать всё на суеверия и мистику было бы неверным. Мы же ведем разговор о случаях, когда существует более или менее устойчивое экспериментальное подтверждение необычных способностей, пусть даже не находящее (пока?) теоретических объяснений. Вот только *необычных* ли?

Прежде всего, выделим то свойство, которое присуще всем перечисленным в начале статьи категориям людей и делает их «уникальными». Оно очевидно: это очень

хорошо развитая интуиция. Экстрасенс, делающий пассы вокруг головы «обследуемого», чтобы выяснить возможные болезни. Врач-терапевт, имеющий в своем распоряжении объективные данные анализов и вооруженный медицинскими знаниями, устанавливающий диагноз. Известный по всем окрестным деревням старик, умеющий предсказывать погоду точнее метеопрогнозов по радио и телевидению. Мастер – механик, по малейшим признакам (которые иногда он и сам не в состоянии точно объяснить) определяющий режим работы двигателя и возможные его неисправности или необходимые регулировки. Опытный продавец, который может «на глазок» сразу же отрезать кусок колбасы или сыра требуемого веса... Примеры можно продолжать до бесконечности. Источник же во всех случаях один: рожденный богатейшим жизненным опытом (то есть обучением на многочисленных реальных примерах) эмпирический навык, в том числе не сопровождаемый никаким теоретическим объяснением. Причем вырабатывается этот навык практически полностью идентично обучению перцептрона. А значит, как в случае с перцептроном нам необязательно было заранее знать принципы распознавания, так и при выработке навыка *принципиально не обязательно* даже пытаться понимать смысл выполняемых действий, достаточно лишь прилежно повторять попытки с учетом получаемых в результате успехов и ошибок.

И в итоге выработанная последовательность действий, даже самая нелепая и необъяснимая на первый взгляд, действительно может давать реальные, никоим образом не «мистические» результаты! Так что «настоящие» экстрасенсы, ясновидящие, предсказатели и пр. есть обладатели эмпирически полученного навыка, но навыка, «наработанного» в разной степени для разных людей и «срабатывающего» неравноценно в различных ситуациях даже для одного и того же его обладателя. Легко также понять, что логическое мышление в подобных случаях (когда алгоритма решения задачи не существует вообще и его невозможно каким-либо способом сформулировать по причине отсут-



Известный по всем окрестным деревням старик, умеющий предсказывать погоду...

ствия знаний о затронутой области) только мешает интуиции, и его желательно в максимальной степени приглушить. Кстати, «древние экстрасенсы», скажем, те же пифии, «предсказывавшие судьбу» под влиянием одурманивающих газов, или жрецы, «вещающие волю богов» в состоянии гипнотического сна, об этом факте если не знали, то, по крайней мере, использовали его на практике.

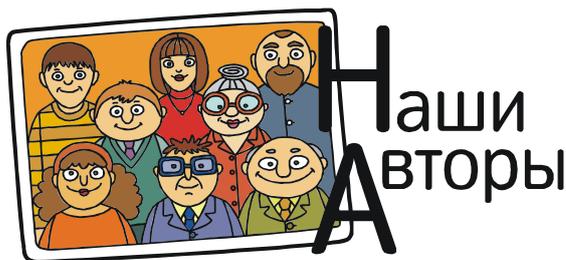
Понятным становится и то, что зачастую на первый взгляд нелепые «мистические ритуалы», «заговоры» и прочее оказываются вдруг вполне действенными. Ведь такой «ритуал» был выработан стихийно, по принципу перцептрона. Возможно, лишь какой-то один (но пока неизвестный) его элемент или совершенно неочевидное сочетание нескольких таких элементов оказывает нужное действие, а остальное – только дополнительная «шелуха», не влияющая на результат.

Впрочем, аналогичная ситуация проявляется и в технике. Некоторое время назад в прессе появилась статья, в которой рассказывалось об эксперименте по реализации «по принципу перцептрона» эволюции саморазвивающихся электронных схем. Исходной технической базой эксперимента было нечто вроде «конструктора» из размещенных на печатной плате ячеек, выполняющих функции различных радиоэлектронных компонентов (резисторы, конденсаторы и пр.), и некое робототехническое устройство, способное по командам компьютера

выполнять соединения этих элементов между собой. Первоначально все элементы на некотором наборе таких печатных плат были соединены друг с другом совершенно хаотично. Ставилась задача: получить устройство, способное различать частоту подаваемого на вход электрического сигнала. Например, для сигнала низкой частоты выдавать на выходе некоторый уровень электрического напряжения, а для сигнала высокой частоты – не выдавать его. Причем именно получить («вывести», как это делают при выведении нового сорта растений или новой породы животных!) такое устройство, а не сконструировать, заранее просчитывая его принципиальную схему!

А дальше эксперимент проводился в полном соответствии с правилами перцептроники и с законами естественного отбора. На вход каждого получившегося образца поочередно подавались различные входные сигналы и выдаваемые этими образцами ответы оценивались на правильность. Затем из всех имеющихся вариантов были отобраны несколько, чуть более удачно решающих поставленную задачу, и остальные платы пересоединялись по образцу и подобию отобранных. А затем проверку повторяли.

Самое интересное, что в итоге, как сообщили экспериментаторы, удалось получить после нескольких десятков итераций схему, которая действительно решала поставленную задачу, но при этом экспериментаторам не удалось понять, как именно она это делает! Например, в схеме получилась «петля» из вроде бы ненужных и не используемых при работе получившейся схемы соединений элементов, но когда эти соединения отключили, схема перестала работать. А когда эти соединения были восстановлены, устройство снова начало правильно решать поставленную задачу.



Очевидны и правила, по которым следует *целенаправленно обучать* «экстрасенсорике» и «ясновидению» (то есть готовить высококлассных специалистов, способных «решать задачу с первого взгляда»), равно как и вырабатывать вообще любой навык, не имеющий теоретического объяснения. Это нужно делать тоже аналогично «обучению» перцептрона, предъявляя обучаемому как можно больше «образцов» примеров объектов и ситуаций, требуя высказывать ответ при минимально возможном привлечении логического мышления и немедленно сообщая правильный ответ. И, конечно, еще более очевидно, что «официальная» наука обязана изучать в том числе и эти проявления мыслительной деятельности человека, а не огульно запрещать ими заниматься, как это уже предлагалось в многократно публиковавшихся открытых письмах Российской Академии наук, посвященных «борьбе с псевдонауками» (иначе имеется реальный шанс пополнить родную историю еще одним периодом «лысенковщины»): если в данном конкретном случае имеет место мошенничество или заблуждение, то разоблачить и разъяснить всем доходчиво и внятно его причины; если же действительно получаются более или менее устойчивые результаты эксперимента (по крайней мере, в идентичных условиях), то искать им объяснение. И если удастся его найти, а значит, перейти от «голой эмпирики» к теории, от «чистого навыка» к его пониманию, тогда можно будет и получать результаты оптимальным путем, и сделать более эффективным обучение, и смело отбросить все несущественные действия («ритуалы»), спонтанно формирующиеся в процессе «перцептронной» выработки навыка.

И не будем забывать, что мы получим в итоге: умение не только смотреть на окружающий мир, но и *видеть*. Думается, эта цель оправдывает по крайней мере указанные выше средства...

*Усенков Дмитрий Юрьевич,
ГБОУ СОШ № 1360, г. Москва.*