

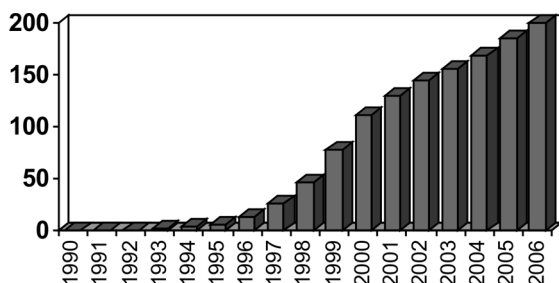
ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Представляемая российскому читателю книга возникла довольно необычным образом. В начале 90-х гг. прошлого века редакция научно-популярного ИТ*-ежемесячника *Enter* (выпускаемого в Польше, но с удовольствием читаемого в нескольких соседних странах, в частности в Словакии) обратилась ко мне с просьбой подготовить статью, в которой предельно доходчиво было бы объяснено читателям журнала, что происходит «с **этими нейронными сетями**», о которых столько говорят и пишут.

В начале 90-х гг. возникла мода (если не сказать — эпидемия!) повсеместного применения так называемых «нейрокомпьютеров». В принципе эта мода существует и сейчас; именно ею объясняется тот интерес, который ты, уважаемый читатель, проявил к этой книге. Правда, по сравнению с девяностыми годами кое-что изменилось: по истечении некоторого времени (когда утасла первая волна некритичного энтузиазма) футуристическое название «нейрокомпьютер» было отвергнуто, а соответствующий инструментарий стали называть более взвешенно и спокойно «нейронными сетями»; тем не менее мода на их применение продолжается и даже расширяется (рис. П.1).

Мотив описываемого явления прост: по ряду причин, которые будут раскрыты ниже, в 90-х гг. специалисты в различных областях знаний «обнаружили», что нейронные сети могут быть очень эффективным инструментом для ИТ-решения стоящих перед ними задач. Я написал «обнаружили» в кавычках, поскольку «чудесные» свойства нового инструментария, с энтузиазмом излагаемые и обсуждаемые в специализированных ИТ-изданиях тех лет, были хорошо известны и ранее, но только очень узкому кругу специалистов — биокибернетикам, а точнее, нейрокибернетикам.

Рис. П.1. Прибыль (млн долл.) от продажи программных продуктов для создания и использования нейронных сетей. Данные характеризуют рынок США. Для 2006 г. представлено оценочное значение



* Информационные технологии (*Information Technology*). — Прим. перев.

В то время я оказался одним из немногих польских специалистов такого профиля, поскольку около 20 лет занимался моделированием человеческого мозга, а в начале 90-х гг. написал первую в Польше книгу о нейронных сетях. Однако моя книга была узкопрофессиональной, поэтому ее читали только научные сотрудники и студенты. Кстати говоря, ту книгу продолжают читать и сейчас (о чем свидетельствуют многочисленные ссылки на нее в других книгах, научных статьях и диссертациях). В настоящее время ее электронная версия доступна в любой точке земного шара в фондах Польской Интернет-библиотеки по адресу www.pbi.edu.pl или в фондах Академической цифровой библиотеки по адресу <http://abc.agh.edu.pl/>. Поскольку книга вызывает большой интерес, доступ к ней можно получить по прямому адресу <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty/0001/>. Тем не менее, названная публикация предназначалась профессионалам, тогда как для людей, просто интересовавшихся нейронными сетями, но не имевших профессиональной подготовки в этой области, в 90-х гг. не было никакой литературы. А интерес к этим сетям, как я уже говорил, был большим и непрерывно возрастал.

Не скрою, я был очень польщен просьбой объяснить широкой общественности сущность нейронных сетей и с воодушевлением принялся за работу. Вначале я думал, что на работу хватит одного вечера — вроде бы проще простого популярно объяснить то, что хорошо знаешь и любишь! Но материала для увлекательного рассказа о нейронных сетях неожиданно оказалось гораздо больше, чем можно было ожидать. В результате популяризация нейронных сетей стала для меня не только приятным, но и очень трудоемким занятием на протяжении следующих нескольких лет. Сам не ожидал, сколько интересного можно рассказать (и практически показать!) об этих сетях любознательному читателю. В связи с этим тематика разрасталась, перетекала в следующие номера журнала (статьи о нейронных сетях публиковались из номера в номер на протяжении двух лет!), а потом изданный материал, соответствующим образом скомпонованный и переработанный, стал основой для написания первой польской версии этой книги.

Сначала я намеревался разъяснить читателю только то, что в восхищающих людей свойствах нейронных сетей отражаются лишь некоторые (причем очень скромные) фрагменты тех огромных и очень интересных знаний, которые в течение десятилетий накапливали исследователи процессов обработки информации, обучения и формирования моделей поведения, происходящих в потаенных уголках мозга людей и зверей (рис. П.2).

Работы, начатые еще русским ученым, академиком И.П. Павловым, увенчались целой серией открытий, отмеченных самыми почетными

наградами, которые могут получить ученые, — Нобелевскими премиями. В табл. П.1 перечислены некоторые Нобелевские лауреаты, внесшие неоценимый вклад в понимание принципов функционирования биологического мозга и тем самым создавшие предпосылки для построения искусственных нейронных сетей.

Из таблицы видно, что к началу 90-х гг. биологи уже знали о мозге очень многое, а биокибернетики на протяжении ряда лет строили кибернетические (т.е. компьютерные — математические или имитационные) модели механизмов его функционирования. При этом был сделан не подлежащий сомнению вывод, что мозг накапливает и обрабатывает информацию гораздо удачней и умнее, чем любые компьютерные системы, несмотря на их преимущество в быстроте действия и емкости запоминающих устройств.

Поскольку кибернетическая модель мозга лучше компьютерной программы агрегирует информацию, точнее классифицирует и распознает сложные наборы данных (например, образы), грамотнее находит данные по их содержанию и взаимосвязям и т.д., стало очевидным, что создание эффективного ИТ-инструментария, основанного на выявленных механизмах функционирования, можно было считать вопросом только времени. Фактически в 90-х гг. новостью стало лишь то, что их возможности открыли для себя инженеры, исследователи и практики. Поэтому сенсационный тон многих публикаций об успехах (весьма серьезных!), достигнутых благодаря нейронным сетям, воспринимался специалистами в области биокибернетики с некоторой долей снисходительного понимания. Но поскольку это явление приобрело по-настоящему массовый характер, а интерес к нейронным сетям проявляли различные слои общества, в том числе и многочисленные читатели журнала *Enter*, редакция обратилась ко мне с просьбой написать что-нибудь и об их практическом использовании.

Хочу отметить, что мода на применение нейронных сетей, лавинообразно нараставшая в 90-х гг. и сохраняющаяся в настоящее время, вызвана не только широко известной и постоянно наблюдаемой склонностью информатиков умиляться любой новинке, которую приносит научно-тех-

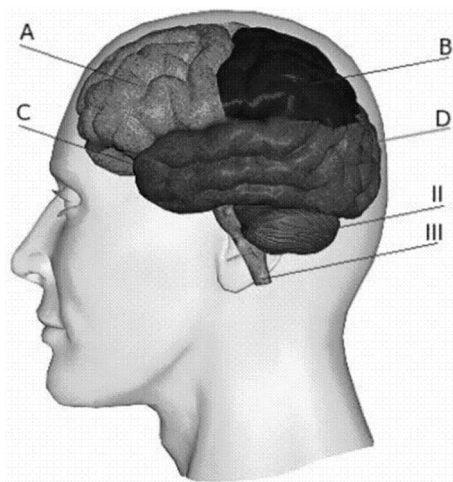


Рис. П.2. Нейронные сети представляют собой своеобразную ИТ-модель некоторых свойств, выявленных при исследовании мозга людей и зверей

Таблица П.1

Нобелевские премии за исследования нервной системы,
результаты которых прямо или косвенно использованы в нейронных сетях

1904	Павлов И.П.	Теория условных рефлексов
1906	Гольи К. (Golgi C.)	Исследование структуры нервной системы
1906	Рамон-и-Кайял С. (Ramón y Cajal S.)	Открытие того, что мозг представляет собой сеть отдельных нейронов
1920	Крог С.А. (Krogh S.A.)	Описание системы регулирования организма
1932	Шеррингтон К.С. (Sherrington Ch. S.)	Исследование системы нервного управления работой мускулов
1936	Дейл Г., Хеллет Л.О. (Dale H., Hallett L.O.)	Открытие химической трансмиссии нервных импульсов
1944	Эрлангер Дж., Гассер Г.С. (Erlanger J., Gasser H.S.)	Процессы в одиночном нервном волокне
1949	Гесс В.Р. (Hess W.R.)	Открытие функций среднего мозга
1963	Экклз Дж.К., Ходжкин А.Л., Хаксли А.Ф. (Eccles J.C., Hodgkin A.L., Huxley A.F.)	Механизм электрической активности нейрона
1969	Гранит Р., Хартлайн Г.К., Вальд Г. (Granit R., Hartline H.K., Wald G.)	Физиология зрения
1970	Кац Б., фон Ойлер У., Аксельрод Дж. (Katz B., von Euler U., Axelrod J.)	Трансмиссия гуморальной информации в нервных клетках
1974	Клод А., Де Дюв К., Палаж Г. (Claude A., De Duve Ch., Palade G.)	Исследования структурной и функциональной организации клетки
1977	Жюльмен Р., Шали А., Елоу Р. (Guillemin R., Schally A., Yalow R.)	Исследования гормонов мозга
1981	Сперри Р. (Sperry R.)	Открытие функциональной специализации полушарий головного мозга
1981	Хубель Д.Х., Визель Т. (Hubel D.H., Wiesel T.)	Открытие принципов обработки информации в системе зрения
1991	Нейер Е., Сакмен Б. (Neher E., Sakmann B.)	Функции ионных каналов в нервных клетках

нический прогресс и развитие цивилизации. Восхищение нейронными сетями имеет дополнительные, причем вполне конкретные и важные причины. Главная предпосылка огромной популярности сетей — **действительно прекрасные результаты**, получаемые с помощью этого нового инструментария при решении многих задач, издавна считавшихся особо сложными. Сенсационные сообщения пионеров применения нейронных сетей вдохновили многочисленных последователей. На протяжении всего последнего десятилетия XX в. известия о том, кто и для чего успешно использовал эти сети, появлялись как пресловутые «грибы после дождя». По этой причине в одной из статей я перефразировал давно известное шутовское высказывание, что в некоторых кругах незнание нейронных сетей начинает трактоваться как светская бестактность!



Рис. П.3. Характеристика информационных задач с различной степенью сложности и локализация тех задач, для решения которых особенно удобны нейронные сети

Я постараюсь показать, где и для чего применяются нейронные сети, а заодно и объяснить, почему они обладают такими интересными свойствами. На рис. П.3 представлена довольно условная классификация задач, решаемых различными информационными системами. Каждому очевидно, что среди них присутствуют более и менее сложные задачи, поэтому горизонтальная ось графика отражает некоторую условную меру степени сложности. Несомненно, что точное масштабирование этой оси практически невозможно, поскольку не до конца понятно, как можно измерить сложность. В любом случае на рисунке обозначены задачи простые (они располагаются в левой части графика) и сложные (в правой части).

Сложность решаемой задачи — не единственная мера проблем, с которыми сталкивается желающий ее решить информатик. Другое измерение задачи — доступность знаний, на которые должно опираться будущее решение. Для некоторых задач правила точно определены, хотя число этих правил либо степень их сложности могут быть сопряжены с серьезными вычислительными трудностями. Например, разработчик программного обеспечения для крупного банка должен немало поработать, хотя правила принятия решений хорошо известны и в меру просты: если клиент вносит деньги, то содержимое его счета должно увеличиться, а если клиент снимает деньги, то сальдо необходимо уменьшить. С проблемами иного рода сталкивается физик, исследующий математическую модель внутреннего строения атома: уравнений мало, но их очень трудно решить. Тем не менее, в обоих примерах мера сложности (в роли которой выступает **незнание правил**) оказывается **нулевой**, поскольку правила принятия решений **известны** и могут использоваться для создания необходимого инструментария. Мы знаем, как использовать компьютеры для решения задач, характеризующихся знанием всех пра-

вил: необходимо построить соответствующий этим правилам алгоритм и на его основе написать требуемую программу.

Но ситуация может оказаться более сложной. Часто встречаются задачи, правила решения которых нам неизвестны, но их схемы решения могут основываться на какой-либо повторяемости связанных с задачей явлений или процессов. В этом случае мы имеем дело с ситуацией, символически локализованной в центральной части рис. П.3. Знания о правилах не полны, а отдельные правила могут быть не до конца известными, тем не менее, существует возможность воспользоваться удобной технологией **дедукции**: попробовать вывести общее правило (или чаще всего множество общих правил), которое впоследствии будет использоваться при решении каждой конкретной, но частной задачи. Правила, конструируемые для такого класса задач, обычно учитывают факт неполноты и неопределенности наших знаний. По этой причине для их решения широко применяются статистические методы (например, в экономике или агротехнике), а также не алгоритмизированные, но базирующиеся на многолетнем опыте и здравом смысле знания экспертов (например, в популярных медицинских экспертных системах, подсказывающих диагноз или предлагающих наиболее подходящие методы лечения).

Однако существует еще более сложная ситуация, в которой нельзя предложить **каких-либо** правил; все, чем мы располагаем, — несколько примеров задач, которые кто-то когда-то решил, но не может объяснить, как был достигнут желаемый результат, потому что процессы анализа ситуации и принятия решений лежали в неподконтрольной рассудку интуитивной сфере. В первый момент читатель может возразить — мол, таких ситуаций не бывает или они крайне редки. Увы! Наш мозг решает такие задачи непрерывно, например, те, которые в психологии называются *задачами перцепции* или *восприятия*. Субъективно вопрос очень прост: предположим, ты идешь по улице и встречаешь свою знакомую. Узнавание происходит немедленно — лицо, фигура — не возникает никаких сомнений. Но представьте себе, что те же действия должен выполнять компьютер, чтобы пускать в твой дом только знакомых людей. Первый этап этой работы представить очень просто из-за широкой доступности цифровых фотоаппаратов и видеокамер, так как полученные с их помощью цифровые образы можно непосредственно ввести в компьютер (рис. П.4). Но встает вопрос — что делать дальше?

Образ, введенный в память компьютера, разложен на миллионы точек (пикселей), а яркость или цвет каждой точки кодируется в цифровой форме. Благодаря такой форме представления цифровой образ может легко обрабатываться компьютером — ведь это *вычислительная* машина. Более того, легко убедиться, что в этих миллионах цифровых

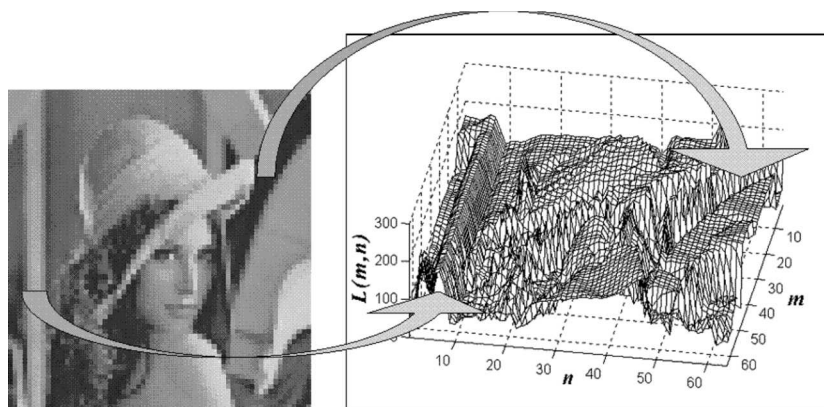


Рис. П.4. Введенный в компьютер цифровой образ представлен в удобной для вычислений форме двумерной функции; характерные элементы образа можно легко найти по экстремумам этой функции. Но очень сложно предложить алгоритм распознавания человека, изображенного на снимке, по значениям этой функции

описаний конкретных пикселей **содержится** информация, необходимая для распознавания человека с фотографии, — достаточно вывести ее на экран или распечатать на принтере, чтобы понять: «Так это же Лена!». Прекрасно, но как составить алгоритм, который сможет автоматически заменить этим утверждением безликую серость миллионов цифровых описаний отдельных точек? Более того, алгоритм должен распознавать знакомое лицо независимо от положения — в анфас или в профиль, ближе или дальше оно расположено, лучше или хуже освещено и т.д. Узнаванию человека не должны препятствовать переменные элементы его мимики (например, наличие или отсутствие улыбки), различные головные уборы, разный фон и т.д. Для нашего мозга решение таких проблем не составляет труда, но если мы пожелаем запрограммировать эти умения в виде обобщенного компьютерного алгоритма, то окажемся бессильными!

В аналогичных ситуациях для передачи определенных умений другим людям мы демонстрируем примеры. Например, показываем десятки картинок и говорим: «Вот это буква А, и это тоже буква А, только поменьше, и здесь тоже буква А, которая выглядит немного иначе, потому что напечатана другим шрифтом, но читается она точно так же». При таком подходе мы предполагаем (чаще всего справедливо), что обученный получатель информации сможет на основании множества частных примеров самостоятельно сформировать какой-либо синтетический способ поведения, который позволит ему эффективно распознавать не только все показанные эталонные образы, но и другие образы той же буквы (либо того же человека или другого распознаваемого объекта) при условии, что они будут достаточно похожи на представленные примеры.

Описанный подход называется **индуктивным методом**. Его отличие от ранее упоминавшейся дедукции заключается в **незнании какого-либо обобщенного правила**, на основании которого могут решаться конкретные частные задачи. Вместо этого мы располагаем некоторым числом примеров корректного решения частных задач. Человеческий разум способен анализировать такие примеры, делать по ним выводы и впоследствии обобщать эти выводы для решения не только эталонных примеров, но и других задач, в какой-то степени подобных использовавшимся в процессе обучения.

Как я уже говорил, специалистам в области нейрокибернетики уже давно был известен огромный потенциал, который **всегда** характерен для изучаемых биологами способностей человеческого мозга к обучению и для нейронных методов обработки информации. Однако большинство других ученых и практиков (особенно много лет применявших компьютеры) полагали, что для эффективного решения любой теоретической или прикладной задачи необходимо знать точный алгоритм функционирования либо, как минимум, достаточно сильное дедуктивное правило. Когда выяснилось, что нейронные сети способны решать различные задачи без программирования, только методом вывода по аналогии, что они могут самостоятельно формулировать заранее неизвестные правила поведения и решать задачи, для которых никто из людей не смог бы предложить способ решения, возник огромный интерес. Научные сообщения искрились, как фейерверки, а формулируемые в них выводы зачастую свидетельствовали о некритичном увлечении авторов этим новым инструментарием. Волна эффективных и эффектных успехов нейронных сетей вновь пробудила надежды на то, что наконец-то найден «философский камень», безуспешно искавшийся на протяжении многих столетий алхимиками и астрологами, и что с помощью новой технологии отныне можно будет решать все и всегда.

Нейрокибернетикам уже раньше были известны способности к обучению и к обобщению знаний, свойственные моделям структуры и поведения человеческого мозга, но они также понимали ограниченность возможностей новой (как, впрочем, и любой другой) технологии. Поэтому они отнеслись к упомянутым сообщениям с интересом (поскольку человеческая изобретательность в использовании нейронных сетей оказалась невероятно огромной), но вполне спокойно — было понятно, что после волны чрезмерного энтузиазма обязательно наступит период разочарований. В то же время «неофиты нейрокомпьютинга», а также внешние комментаторы их достижений (т.е. профессионалы в области «наукознания» и околonaучные журналисты) утратили чувство меры и при описании очередных успехов фонтанировали восторгом и гордостью. Многие из этих комментаторов восхищались, в первую очередь,

универсальностью новой технологии. Возможности и достоинства нейронных сетей также привлекли внимание как инженеров-энтузиастов, применивших их, в частности, для управления роботами, так и банкиров, которые использовали их для выявления и раскрытия банковских афер. Нейронные сети нашли применение в астрофизике для моделирования возникновения Вселенной и в пищевой промышленности для выпечки пирожных. Выяснилось, что нейронные сети можно использовать практически везде, и почти в каждой сфере они оказываются более эффективными, чем классические компьютерные методы, применявшиеся в этих областях на протяжении многих лет. Многие традиционные исследователи были шокированы.

Причины для выражения эмоций имелись у многих специалистов. Если нейронная сеть эффективнее оценивала новые технологии выращивания зерновых, чем привычные методы математической статистики, удивлялись агротехники. Если нейронная сеть точнее контролировала химическую реакцию, чем компьютерная модель баланса энергии и массы, восхищались технологи. Если нейронная сеть точнее прогнозировала будущие цены товаров или курсы валют, недоумевали эксперты, привыкшие к методам традиционной эконометрики. Если нейрокомпьютер лучше, чем классические сигнальные процессоры или новейшие цифровые модули, контролировал автоматизированный процесс, это вызывало беспокойство у всех автоматчиков. Можно без конца перечислять специалистов, для которых в девяностые годы нейронные сети не только открыли совершенно новые шансы, но и стали серьезным вызовом их вдруг устаревшим знаниям.

Именно в такой ситуации — очень широкого интереса (зачастую сопровождаемого беспокойством) и отсутствия достоверной информации, о чем идет речь, как «оно» функционирует и почему так хорошо — меня попросили рассказать, что представляют собой нейронные сети, и объяснить их необыкновенные свойства.

Не скрою, решить задачу оказалось труднее, чем представлялось на первый взгляд. Конечно, написанию статей (переработанные и существенно дополненные версии которых составляют основу этой книги) предшествовали двадцать лет исследовательской работы по созданию и непрерывному совершенствованию различных нейронных сетей. Но специальные книги, которых я до этого времени написал более 50*,

* Полный перечень моих книг, статей и иных публикаций можно найти в Интернете по адресу <http://www.agh.edu.pl/uczelnia/tad/>. Представленные на этой странице материалы доступны в семи языковых версиях, в том числе на русском и английском языках. Я рассматриваю эту Интернет-страницу как дополнительный список литературы, которую можно рекомендовать читателям, желающим углубить и расширить свои знания.

не были пригодны для объяснения феномена нейронных сетей всем тем, кто эти объяснения желал получить. Многочисленные научные статьи по этой тематике также не годились, поскольку все они без исключения адресовались специалистам-биокибернетикам и предполагали, что читатель хорошо ориентируется в обсуждаемой проблематике. На этот раз я должен был подготовить популярный материал, т.е. доступный и понятный для каждого. Задача казалась почти неразрешимой. Можно ли ожидать от избегающего математики медика такого понимания сильно математизированной и объективно весьма сложной (даже для информатиков) теории нейронных сетей, что он начнет использовать эту теорию для диагностирования заболеваний или для планирования лечения своих пациентов? Могу ли я убедить председателя правления банка, который хочет воспользоваться услугами нейронного консультанта при предоставлении кредитов, что он должен вникнуть в множество деталей нейроанатомической и нейрофизиологической природы, составляющих понятийную и концептуальную базу создания и применения (особенно — обучения) сетей?

Работа, которую мне поручили, оказалась чрезвычайно важной и актуальной. Люди все чаще интересовались нейронными сетями, поэтому им надо было объяснить, что это такое и почему работает? Возможности нейрокомпьютинга вызвали все больший энтузиазм, поэтому возникла потребность в публикации, играющей роль «ушата холодной воды», чтобы предупредить попытки решать с помощью нейронных сетей задачи, для которых этот метод непригоден. Таким образом, я убедился в насущной необходимости писать серию заказанных журналом *Enter* статей (почти сразу стало ясно, что в одной статье охватить всю проблематику не удастся). В статьях нельзя было использовать математику — ведь для многих людей, которым знания о нейронных сетях могли оказаться полезными, любая математическая формула представляется непреодолимым барьером. Эту цель удалось достичь — как в цикле тех, уже далеких статей, так и в настоящей книге нет ни одной формулы. Людям, которые о биологии что-то слышали давно и немного, предстояло объяснить, в какой степени и в каком смысле нейронные сети можно считать моделями реальных нейронных структур (в частности, фрагментов человеческого мозга). Понятно, что это объяснение тоже должно было обойтись без углубленного изложения анатомии и физиологии нервной системы. Я не должен был сильно погружаться в проблематику нейронных сетей, поскольку частности (как и в любой другой области знаний) сложны и интересны только специалистам, но хотел, чтобы читатель моих статей понял, как функционируют нейронные сети и почему они настолько полезны. И еще: я старался любой ценой избегать изложения сведений, которые нужно принимать «просто на веру».

Почти неразрешимую, на первый взгляд, задачу удалось решить и, как я говорил, вместо одной популярной статьи возник цикл из двух десятков текстов, которые печатались в каждом номере журнала *Enter* на протяжении почти двух лет. Публикации вызвали огромный интерес как у взрослых читателей, так и у школьников. К моему удивлению, именно молодежь из лицеев и колледжей очень живо восприняла обсуждаемую тематику — и это стало самым радостным. Оказалось, что в средней школе учится множество «фанатов» информатики, которые зачитывались популярными статьями на модную тему. Когда стало понятным, что эти публикации не требуют ни специальных знаний в области информатики, ни знакомства с высшей математикой, ни ориентации в тайнах биологии, число читающих мои статьи лицеистов выросло многократно, а издатели журнала *Enter* отметили существенное увеличение объема продаж. Я получал от молодых читателей множество писем, в которых высказывалось одно и то же мнение: *«Читать о нейронных сетях очень интересно и увлекательно, но еще лучше было бы поэкспериментировать с ними на школьном или домашнем компьютере!»*.

Я решил удовлетворить пожелания и запросы моих читателей, причем не только школьного возраста. Аналогичные просьбы направляли мне даже пенсионеры, которые, получив в старости больше свободного времени, также хотели узнать нечто новое и интересное. Так почему бы не использовать для этого купленный для внука, но привлекательный и для деда персональный компьютер? В одной из последних статей цикла, опубликованных в журнале *Enter*, я привел список известных мне программ для построения и моделирования простейших нейронных сетей на персональных компьютерах, а также источников, из которых их можно получить. К сожалению, это решение оказалось не слишком удачным. Как правило, пользователь готовых программ должен был обладать более глубокими знаниями, чем те, которые он мог почерпнуть из моих популярных статей. Кроме того, для получения полнофункциональных версий программ необходимо было приобрести соответствующую лицензию (на что школьники и другие любители чаще всего были просто не способны), а бесплатно предоставлялись только очень ограниченные демонстрационные версии. В результате возможности использования готовых программ оказались весьма далекими от того, что я хотел обеспечить своим читателям, — радости самостоятельного экспериментирования с нейронными сетями, построенными своими руками.

Для разрешения сложившейся ситуации надо было самому написать программы, которые помогли бы читателям (наряду с накоплением теоретических знаний) получить практический опыт создания и применения нейронных сетей. Я занялся этим, когда по просьбе одного из издателей решил собрать воедино и издать в виде книги опубликованные

в *Enter* статьи. Данное издание подготовлено на основе выпущенной в Польше книги «Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ»*. Название «Элементарное введение...» отражало содержание ранее написанных статей (конечно, переработанное и упорядоченное), тогда как программы, записанные на прилагавшуюся к книге дискету, стали той новинкой, которая должна была удовлетворить потребности, в первую очередь, молодых читателей, желавших не только читать о нейронных сетях, но также самостоятельно строить и исследовать их. Для достижения поставленной цели я написал около тридцати несложных программ (некоторые из них — совместно с доктором наук П. Короходой (P. Korohoda) с кафедры Электроники Краковской горно-металлургической академии), которые предоставляли пользователю возможность познакомиться с функционированием нейронных сетей путем самостоятельного выполнения простых вычислительных экспериментов на любом доступном компьютере.

Первая версия этих программ была написана на языке Бейсик, точнее, на его диалекте, используемом интерпретатором** QBASIC. Увы, этот интерпретатор канул в прошлое вместе с операционной системой MS DOS и довольно давно. С высоты сегодняшнего дня можно утверждать, что для «тех времен» программа на «старом, добром Бейсике» была неплохим решением. Как и для любого другого *интерпретируемого* языка, Бейсик-программа представляет собой простой текстовый файл, который можно просмотреть (и модифицировать!) с помощью произвольного текстового редактора, например Блокнота. Кстати говоря, я не рекомендую открывать файл с текстом программы (на профессиональном языке называемым *исходным кодом*) с помощью редактора типа MS Word — причины этого разъясняются в следующей главе. К сожалению, розы без шипов не растут. Для выполнения такой программы

* R. Tadeusiewicz, *Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami*. Warszawa: PLJ, 1998.

** Интерпретатор — программа, предназначенная для выполнения других программ. Если это кажется тебе слишком сложным, не расстраивайся: читать книгу и пользоваться упоминаемыми в ней программами можно и без этих знаний. Для тех же, кто заинтересовался, сообщу, что программы делятся на две категории:

интерпретируемые, в которых сама программа хранится в текстовом файле, а ее выполнение заключается в пошаговом считывании и исполнении интерпретатором каждой команды;

компилируемые, в которых текст программы (так называемый исходный код) также хранится в текстовом файле, но он «раз и навсегда» преобразуется в формат, непосредственно понимаемый процессором компьютера (так называемый машинный код) и чаще всего хранимый в файле с расширением «.exe».

Звучит знакомо, правда? Большинство файлов на жестком диске твоего компьютера, скорее всего, — откомпилированные программы.

необходим уже упоминавшийся интерпретатор — программа QBASIC. Да-да, если до этого времени ты не знал, что компьютер не может «просто так» выполнить программу, написанную на любом языке программирования и хранящуюся в текстовом файле, то именно теперь одним заблуждением стало меньше.

К сожалению, QBASIC был примитивной программой с сильно ограниченными возможностями. Сегодня, когда нормой для пользователя стали программы с богатым и дружелюбным оконным интерфейсом, использование как среды QBASIC, так и написанных с его применением программ стало анахронизмом.

Программы, предназначенные для упрощения понимания и иллюстрации содержания этой книги, созданы с применением совершенно иной технологии. Они написаны на *компилируемом* языке C#. Это означает, что читатель получает готовые программы, которые можно установить на своем компьютере и выполнить нажатием нескольких клавиш, так же как и большинство других программ. Написанные соавторами этой книги **Б. Боровик** (B. Borowik), **Т. Гончажем** (T. Gonciarz) и **Б. Леппером** (B. Lepper) специально для операционной системы Windows, они обладают прозрачным и дружелюбным для пользователя интерфейсом. Все программы можно скачать (легально и бесплатно) с Интернет-страницы

<http://www.agh.edu.pl/tad>

Процесс скачивания и использования программ подробно описывается в гл. 4.

Однако возникает вполне обоснованный вопрос: Почему авторы перешли на новую технологию программирования, если текст программы на Бейсике можно было видеть «невооруженным глазом» и самостоятельно разбираться — что и как она делает, тогда как программы, написанные на языке C#, «прочитать» невозможно?

Прежде всего потому, что с новыми программами **проще работать**. Более того, их применение адаптировано к навыкам и привычкам избалованных пользователей современных компьютеров (ты один из таких пользователей — можешь не оправдываться!), привыкших к оперированию программами с помощью удобных средств системы Windows: быстрый и простой выбор из многоуровневого меню, понятные и уместные подсказки, кнопки для щелканья мышкой и т.п. — это вам не много трудный ввод команд и данных с клавиатуры, бывший единственным способом общения с программами на Бейсике!

То, что современные и усовершенствованные программы откомпилированы (и, следовательно, нечитаемы), не должно считаться большой проблемой: в конце концов, большинство читателей захочет просто

установить эти программы и поэкспериментировать с ними, а не изучать их структуру. Понятно, что желающих «заглянуть под маску» будет гораздо меньше. Однако и для них найдется кое-что интересное. На упомянутой выше Интернет-странице <http://www.agh.edu.pl/tad> находятся исходные тексты всех программ, а также средства для просмотра и анализа этих текстов. Ну а самые отважные и наиболее опытные найдут на этой странице инструментарий для модификации и компиляции исходного кода, а также для самостоятельного выполнения программ. Для этого используется бесплатная среда программирования компании Microsoft — Visual Studio Express 2005. Я рекомендую установить эту **бесплатную** среду на своем компьютере и тем читателям, которые хотят только просмотреть исходный код наших программ: благодаря ей использовать программы, иллюстрирующие описываемые в книге задачи, станет намного проще.

Таким образом, книгу и размещенные в Интернете приложения к ней можно использовать тремя способами. Если ты интересуешься нейронными сетями только с теоретической точки зрения и не имеешь желания «баловаться» какими-нибудь программами, достаточно прочитать саму книгу. Если хочется узнать, как реализуются описанные в книге решения, то можно скачать готовые программы, позволяющие строить и исследовать нейронные сети. Так ты сможешь соединить теорию (вычитанную в книге) с практикой (полученной в результате применения наших программ) и благодаря этому получить **двойные** умения, связанные с теорией нейронных сетей и методами их применения. Если же, в довершение ко всему, ты еще и любитель программирования, пожалуйста, изучай устройство наших программ. Мы ничего не скрываем!

Благодаря этому ты поймешь, как функционируют программы, и сможешь менять их параметры. Если же возникнет желание модифицировать исходный код наших программ и проверить «что будет, если ...», то ты вступишь в элитарный клуб **создателей** нейронных сетей, гораздо более престижный, чем клуб простых **пользователей** этих же сетей. Конечно, для **успешной** модификации программ ты должен уметь программировать на языке C#. Желаящим «всерьез» познакомиться с этим языком рекомендую изучить соответствующую литературу. Она не дефицитна. Перед тем как написать эти строки, я ввел в поисковую систему Google комбинацию «C#» и получил в ответ 110 000 000 (**свыше ста миллионов!**) ссылок на Интернет-страницы, содержащие информацию об этом языке, в том числе и электронные учебники по программированию на C#, **бесплатные** версии которых существуют на всех языках, в том числе и на русском.

Русское издание книги имеет несколько существенных отличий от последнего польского издания.

Во-первых, по сравнению с польским оригиналом сильно переработано и актуализировано все содержание книги. Со времени публикации польской версии прошло немало времени, а темпы научно-технического прогресса в нашей области знаний остаются стремительными. Поэтому русский вариант книги с содержательной точки зрения значительно богаче польского оригинала.

Во-вторых, изменены (к лучшему!) свыше 4/5 представленных в книге иллюстраций. Они стали более красивыми и современными, а также полнее используют возможности полиграфии. Новые иллюстрации появились потому, что с момента написания первой польской версии этой книги я в течение 10 лет рассказывал студентам, что такое нейронные сети и как их используют, а при подготовке к лекциям приходится готовить иллюстративный материал, значительно обогащающий учебный процесс. И когда возникла необходимость работать над новым изданием книги, лекционные презентации оказались очень кстати!

В-третьих, о чем уже говорилось, заменены все программы, иллюстрирующие решение рассматриваемых в книге задач. При разработке нового программного обеспечения использовались все возможности и свойства современных компьютеров и наиболее широко распространенных операционных систем (в первую очередь Windows). Использование этих программ станет для читателя удобнее и проще, чем программ, написанных на Бейсике для первой версии книги. Те читатели, которые воспользуются возможностью доступа к исходным кодам применяемых программ, дополнительно смогут повысить свою квалификацию в области программирования на языке C#.

В-четвертых, книга по своей структуре стала более похожей на учебное пособие благодаря тому, что в конце каждой главы добавлены контрольные вопросы и задания для самостоятельного выполнения. Это позволит читателю оперативно контролировать расширение своих знаний и даст повод дополнительно осмыслить (в меру возможности) полученные сведения. В сумме читатель получит свыше ста заданий, над решением которых придется поразмыслить. Это не маленькое и в чем-то уникальное множество заданий, если принять во внимание мировые информационные ресурсы по обсуждаемой тематике.

В-пятых, в книгу добавлена отсутствовавшая в польской версии библиография по нейронным сетям, благодаря которой читателю будет проще получить дополнительную информацию.

Мне кажется, что благодаря всем этим изменениям каждый читатель российского издания нашей книги без труда найдет способ пополнить свои теоретические знания и закрепить практические умения, а также углубится в проблематику нейронных сетей настолько, насколько сможет и пожелает.

Прежде чем мы перейдем к описанию и изучению различных нейронных сетей, рассматриваемых в следующих главах нашей книги, хотелось бы сердечно поблагодарить тех, кто имеет отношение к ее созданию. В первую очередь, авторы выражают сердечную признательность профессору И.Д. Рудинскому, который перевел книгу на русский язык и высказал множество ценных советов и рекомендаций, позволивших книге попасть в руки российского читателя.

Мы также очень благодарны издательству «Горячая линия — Телеком» и лично Е.А. Занину, которые, невзирая на отсутствие внешнего инвестора, приняли решение издать книгу за счет собственных средств и на собственный риск. Без этого смелого решения книга никогда бы не дошла до российского читателя.

И, наконец, мы считаем свои долгом выразить искреннюю благодарность академику Польской академии наук, профессору Лешеку Рутковскому, который помог установить необходимые контакты и предоставил возможность пройти путем, проложенным его великолепными книгами, еще раньше переведенными и изданными в России. Это служит еще одним доказательством целесообразности и полезности подобного обмена интеллектуальными ценностями между нашими странами.

С чего-то надо начинать, и я утверждаю, что именно эта книга окажется наилучшей стартовой площадкой для увлекательнейших приключений в нейронных сетях. Итак, приглашаю всех к погружению в следующие главы книги и к познанию (при ее посредничестве, а также с помощью программ) захватывающего мира нейронных сетей — мощного орудия искусственного интеллекта, которое имело и имеет множество ИТ-приложений, но также и интересного инструментария для изучения нашего собственного мозга — инструментария, который может стать подспорьем для понимания таинственного мира нашего интеллекта и нашей далеко не познанной психики.

Рышард Тадеусевич,
заведующий кафедрой Автоматики
Краковской горно-металлургической академии,
академик Польской академии наук,
вице-президент Краковского отделения
Польской академии наук
февраль 2007 г.