

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПЕРЕДАЧИ
ИНФОРМАЦИИ

МОДЕЛИРОВАНИЕ
ОБУЧЕНИЯ
И
ПОВЕДЕНИЯ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1975

Моделирование обучения и поведения. М., «Наука», 1975.

Сборник посвящен проблемам обучения в системах «искусственного интеллекта». Рассматривается применение алгоритмов обучения распознаванию в медицинской и технической диагностике. Описываются устройство и работа программы, моделирующей способность человека обучаться классификации геометрических изображений. Приведены алгоритмы константного цветовосприятия и принципы построения систем, обучающихся целесообразному поведению.

Рассчитан на научных и инженерно-технических работников.

Ответственный редактор

кандидат физ.-матем. наук М. С. СМЕРНОВ

Зам. ответственного редактора

В. В. МАКСИМОВ

*Памяти
Михаила Моисеевича БОНГАРДА
посвящают авторы эту книгу.*

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Читатель, познакомившийся с оглавлением сборника, вправе спросить, как возникла книга, объединяющая работы по столь различным темам? Что общего, например, между предсказанием мест землетрясений, моделями цветного зрения и обучением поведению? Развернутый ответ на этот вопрос может показать, сколь неожиданными бывают пути и следствия научных исследований.

Все началось почти четверть века назад, когда Михаил Моисеевич Бонгард поставил перед собой цель — понять, как думает человек, каковы механизмы мышления. Ему, конечно, было ясно, что эта задача — необозримой сложности. И Бонгард начал с попытки разобраться, как работает маленькая часть центральной нервной системы — сетчатка глаза. Несколько лет он увлеченно занимался физиологией зрения, в основном исследованиями механизмов цветоразличения. Им и его коллегами были разработаны и освоены эффективные методы, получены первые важные результаты. В эти годы благодаря усилиям коллектива, в котором работал М. М. Бонгард, и десятка лабораторий, рассеянных по миру, начало проясняться, какого типа преобразования производит сетчатка, на каком языке и что именно глаз сообщает мозгу. Становилось очевидным, что сетчатка является совершенным, но узкоспециализированным аппаратом, дальнейшее изучение которого весьма интересно, но почти ничего не может дать для понимания того, «как человек думает». Ведь главной чертой человеческого мышления является не умение блестяще справляться с одной, пусть даже очень трудной задачей, а его универсальность, в основе которой лежит способность к обучению.

По счастью, приблизительно с 1958 г. стали доступны ЭВМ. Бонгард понял, что это дает реальную возможность строить модели мышления, для начала — модели отдельных мыслительных процессов. Поэтому все большую часть сил и времени он стал уделять созданию алгоритмов решения «творческих» задач, написанию программ ЭВМ. Очень быстро из туманного представления о «творческих процессах» удалось выделить четкую «проблему узнавания», поскольку в алгоритмах узнавания Бонгард

увидел один из главных и универсально применимых блоков общей программы мышления.

Этот блок действительно универсален: по данным ему описаниям любых объектов и указаниям, к какому классу каждый объект принадлежит, он должен уметь находить способ определения класса любого нового объекта. Бонгард, по-видимому, первым поставил вопрос о создании программ, обучающихся узнаванию не только геометрических изображений. Уже в 1959 году он написал программу «Арифметика», научающуюся узнавать числовые таблицы — т. е. сортировать их в соответствии с арифметическими законами, по которым они построены.

Двумя годами позднее в лаборатории была написана «Геометрия» — программа для обучения классификации черно-белых изображений на грубом растре. Программа в целом «не оправдала надежд». Но один ее блок — «Кора» (и его модификации), классифицирующий двоичные коды, нашел многочисленные практические применения. Первый раздел сборника посвящен некоторым из этих прикладных работ.

При чтении раздела может возникнуть впечатление о легкости достижения значительного успеха на пути применения алгоритмов такого рода в геологии, медицине и т. п. Действительно, результат бывает очень существенным. Однако следует отметить, что качество классифицирующих правил, необходимых ЭВМ, решающим образом зависит от квалификации того, кто отбирает материал для ввода в машину: его знакомство с моделируемым объектом должно быть достаточным для интуитивного различения существенного и несущественного. Кроме того, число успешных попыток применения программ типа Кора давно перевалило за дюжину, но во многих случаях вскоре после получения доказательств полезности метода исследователи, столкнувшись с организационными трудностями (неизбежными при любом внедрении), не доводили работу до внедрения полученных результатов в практику.

Анализ причин плохой работы «Геометрии» позволил Бонгарду наметить основные черты следующей более совершенной программы. Этот план был осуществлен В. В. Максимовым, статья которого помещена во втором разделе сборника. Там же помещена статья П. П. Николаева об алгоритмах для модели константности цветовосприятия. Эта работа стала возможной благодаря исследованиям Н. Д. Ньюберга и М. М. Бонгарда, которые показали ключевую роль признаков освещения при узнавании окраски и описали некоторые из них. До последних лет Бонгард интересовался этой задачей и надеялся, что удастся найти несложный алгоритм, правильно определяющий окраски предметов в достаточно широком диапазоне условий наблюдения. Результаты работ в этом направлении изложены в статье Николаева.

Работа Бонгарда над алгоритмами узнавания была плодотворной. Он сам написал лишь несколько «узнающих» программ, но и

в этой области определил некоторые основные задачи, предложил эффективные методы их решения, ввел ряд новых важных понятий. Его книга «Проблема узнавания» получила мировую известность.

Однако, как только Михаил Моисеевич почувствовал, что основные идеи алгоритмов узнавания уже ясны, он потерял интерес к этой области. Причиной было осознание того, что проблема узнавания перестала быть узким местом в первоначальной общей задаче понимания организации мышления. Так же, как ранее в физиологии зрения, выяснив главное, Бонгард не стал заниматься детальной разработкой методов и их применениями. Он решил, что, наконец, настала пора попытаться понять организацию поведения в целом. А «понять» для Бонгарда всегда означало уметь создать действующую модель, воспроизводящую все существенные черты поведения объекта в достаточно разнообразных условиях. Бонгард был уверен, что только такое моделирование полезно: оно позволяет отделить гипотезы, достаточные для объяснения изучаемого круга явлений, и в дальнейшем проверять только их.

В данном случае объектом моделирования служил сам автор замысла, а наиболее интересными чертами поведения этого «объекта» для Бонгарда были: наличие внутреннего генератора задач, законы работы которого зависят от предыстории, и способность в результате обучения совершенствовать методы решения задач, поставляемых этим генератором. При этом Бонгард надеялся, что хорошо построенная и правильно обучаемая модель сможет за время своей жизни перейти от заданного конструктором стремления удовлетворять только элементарные потребности к «бескорыстному» стремлению познать законы окружающего мира. (Стремление к познанию изначально не должно закладываться в модель.)

В ходе исследования выяснилось, что можно предложить очень простой принцип работы генератора задач (см. стр. 154 и 162 наст. сб.). Гораздо более тяжелым оказалось обеспечение эффективности обучения. В частности, понадобились: разработка внутреннего языка, на котором в модели описываются события внешнего мира, действия модели и их результаты; выбор формы записи отдельных порций информации в памяти; организация поиска в памяти модели необходимых для ее работы сведений; выбор принципов использования прошлого опыта для составления планов целенаправленных действий.

Сегодня, до экспериментов с целой моделью, предложенные Бонгардом пути решения этих вопросов кажутся перспективными (хотя не исключено, что на них встретятся неизвестные нам сейчас непреодолимые трудности).

Работе над моделью организации поведения Бонгард посвятил последние пять лет своей жизни. Он погиб 5 августа 1971 г. на Памире во время альпинистской экспедиции.

Основные идеи модели — проект «Животное» — изложены в трех статьях последнего раздела сборника, которые написаны уже без Михаила Моисеевича. Проект еще далек от завершения. Тем не менее нам кажется, что публикация этих статей уже теперь оправдана, поскольку в них приводится набор понятий, на основе которых, как считал Бонгард, удобно описывать и процессы, определяющие наблюдаемые извне формы поведения, и алгоритмы мышления.

В последней статье раздела рассказано о другом проекте «интеллектуальной» системы, который разрабатывался в той же лаборатории параллельно с проектом Бонгарда, независимо от него, М. Н. Вайнцвайгом. Обе эти работы взаимно обогащают друг друга.

Мы надеемся, что предлагаемый сборник даст представление о некоторых работах, связанных с идеями М. Бонгарда. И, быть может, кому-нибудь из молодых читателей удастся понять конструкцию психики мыслящих существ — пробиться к главной цели Бонгарда, пути к которой он смело пролагал, но дойти не успел.

Авторы