

УДК 519.7

М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко

О БИОНИКЕ ИНТЕЛЛЕКТА

На наших глазах происходит информатизация всего, что только можно себе представить, и специалисты в области бионики интеллекта находятся в самой гуще событий. Говорят, что совершается вторая научно-техническая революция, а ее результатом является усиление интеллектуальных возможностей людей. Еще раньше началась и продолжается первая научно-техническая революция, в результате которой достигается усиление физических возможностей человека. На одно из первых мест выдвигается задача создания искусственного интеллекта. Наблюдается экспоненциальный рост возможностей средств вычислительной техники. Создается впечатление, что всех нас увлекает нечто такое, что очень похоже на снежную лавину. Кажется, что наступил критический момент в развитии человеческого общества. С одной стороны, перед человечеством открываются заманчивые перспективы дальнейшего развития, но, с другой стороны, возникают серьезные осложнения и угрозы. Быстро нарастают опасения по поводу близости «конца света».

Что происходит, куда мы идем, что с нами будет и что делать, чтобы избежать катастрофы? Ключ к пониманию происходящего, на наш взгляд, может дать бионика интеллекта. Термин «бионика» образован из первой части слова «биология» и второй части слова «техника». Он выражает идею перехода от живых систем к искусственным. Причина происходящего, очевидно, заключается в развитии техники. А если копнуть поглубже, то можно прийти к выводу, что стремление и способность к созданию технических изделий глубоко коренится в самой природе человека. Более того, неистребимое влечение к технике — это характерное свойство представителей вида *Homo sapiens*, определяющее все их действия. Похоже на то, что человечество стремится взять свою судьбу в собственные руки, хочет само управлять ходом собственной эволюции. Сказанное попытаемся подкрепить несколькими цитатами.

Первое высказывание — Роджера Шенка, известного специалиста в области искусственного интеллекта. Он пишет: «Искусственный интеллект как область науки — это лишь малая часть грандиозной попытки постичь мышление. Мы считаем, что это основная цель данной области науки и здесь достигнуты немалые успехи. Программы, которые мы пишем, важны как эксперимент, а не как конечный результат. Главный интерес для нас представляет именно интеллект, а не его искусственное происхождение. Если мы достигнем успеха в этом направлении, то проложим путь для создания механических помощников человеку в его повседневных делах и заботах. Но не в этом главное. Самое важное, чего мы тогда добьемся, — более глубокого понимания самих

себя, что, безусловно, гораздо ценнее, чем любая программа» [1, с. 26].

Второе высказывание — известного московского математика Г. Н. Поварова из предисловия к русскому изданию книги Винера «Кибернетика». Он пишет: «Действительно, научно-технический прогресс ставит перед человечеством серьезные проблемы. Стремительное развитие науки и техники возлагает на нас колоссальную ответственность за разумное использование полученного нами могущества. «Кто живет в стеклянном доме, тот не должен бросать камней», — гласит старинная поговорка. Человек стал настолько могущественным, что любое его нерассчитанное движение — с роботами, с атомной энергией, с химией — может иметь тяжелые непредвиденные последствия. Это парадокс могущества. Нельзя забывать, однако, что наука и техника не только возлагают новую ответственность на человека, но и доставляют ему новые средства справиться с нею. Это относится и к роботам. Альтернатива «человек или робот», «опасное развитие искусственного разума или своевременный отказ от него», чем ограничивается большинство авторов, имеет третье, более необычное и, пожалуй, более вероятное решение, если только искусственный разум и искусственная жизнь вообще возможны. Человек, научившийся создавать искусственный разум и искусственную жизнь, не остановится перед коренной переделкой самого себя. Не роботы вместо людей, а новый человек вместо старого! Человек будущего вряд ли останется таким же «натуральным» существом, таким же теплокровным позвоночным, каким он вышел из горнила естественного отбора. Почти наверное, он будет искусственно развивать свой мозг и свое тело, будет по воле лепить и изменять свою физическую оболочку. Ему по силам быть впереди любого возможного робота. Это будет биологическая революция, и если смелые гипотезы оправдаются, она будет означать преобразование всего человеческого существования. Быть может, далекий смысл «безумной» ви-веровской идеи о передаче человека по телеграфу и есть достижение человеком перевоплощаемости? Позволим себе минуту фантазии: не станет ли тогда человек новым космическим существом, свободным от земных ограничений? Есть ли абсолютная граница могущества и сложности для человека и его творений, абсолютная граница могущества и сложности для саморазвивающихся систем вообще?.. Впрочем, это вопросы для науки будущего, на которые она сумеет ответить лучше нас» [2, с. 26–27].

Какая сила заставляет человека двигаться по пути научно-технического прогресса? Очевидно, та, которая его породила, а именно — процесс эволюции, направляемый генетическим интеллектом. Эволюция

организмов буксует, она не может оторваться от белковых структур, требующих земных (то есть тепличных) условий для своего существования. Половину срока, отведенного судьбой для развития организмов на Земле, эволюция уже израсходовала. Если и дальше так будет продолжаться, то жизнь на Земле рано или поздно погибнет. Нужны революционные меры. И вот генетический разум создает специальный инструмент в виде человека, который призван перевести жизнь на техническую основу. Циолковский пишет: «Земля — колыбель человечества. Но нельзя вечно жить в колыбели». И еще: «Итак, нет конца жизни, конца разуму и совершенствованию человечества. Прогресс его вечен. А если это так, то невозможно сомневаться и в достижении бессмертия. Смело же идите вперед, великие и малые труженики земного рода, и знайте, что ни одна из черт ваших трудов не исчезнет бесследно, но принесет вам в бесконечности великий плод» [3, с. 55]. Свернуть в сторону с этого пути или остановиться на полдороге человечеству уже не удастся. Оно вынуждено будет все быстрее бежать вперед. Человек слишком далеко зашел вперед в своем развитии. Он не сможет, как вирус, миллиарды лет отсиживать в своей экологической нише в неизменном виде. Чтобы выжить, человечество обречено во все ускоряющемся темпе самосовершенствоваться, опираясь на достижения техники.

Выше было изложено общее видение проблемы, которое связывается с идеей бионики интеллекта. Далее пойдет речь о том, как, на наш взгляд, можно было бы продвигаться вперед в решении этой проблемы. Человек — это материальная система, которая является носителем интеллекта. А что такое интеллект? Он выполняет роль передсмотрящего на корабле. Его цель — обеспечить выживание человека. Чтобы выжить, человечеству приходится постоянно совершенствоваться, подключая для этого технику. На человека природой возложена трудная и ответственная миссия: не только выжить самому, но и обеспечить выживание и беспрепятственное развитие разума вообще. Для этого надо уметь предвидеть события и принимать действенные меры по управлению ими. Человек успешно это делает, обращаясь за помощью к своему мозгу. Основу мозга составляет нейронная сеть, реализующая модель внешнего и внутреннего мира человека. Говоря техническим языком, интеллект — это база данных, из которой человек черпает нужные ему сведения. Интеллект — это система отношений. Математики выражают отношения уравнениями. Информацию из этих уравнений они извлекают путем решения уравнений. Мозг — это сетевая система параллельного действия, которая решает логические уравнения.

По современным представлениям, мозг человека содержит до 10^{11} нервных клеток, каждая может иметь до 10^4 нервных волокон. По нервным волокнам движутся импульсы с частотой до 10^3 Гц. Производительность мозга оценивается величиной порядка 10^{15} бит в секунду. Современная же ЭВМ может

иметь в своем процессоре порядка 10^6 решающих элементов. Частота импульсов, передаваемых по отдельным проводникам процессора, составляет около 10^9 бит в секунду. Все решающие элементы процессора, как и клетки мозга, могут работать параллельно. Потенциальная производительность ЭВМ при современном состоянии электронной техники оценивается величиной порядка 10^{15} бит/сек. Полагают, что именно в нынешнем году потенциальная производительность вычислительных машин сравнялась с производительностью мозга человека. Как будет изменяться потенциальная производительность вычислительных машин в дальнейшем? На этот вопрос дает ответ закон Мура, который гласит: производительность ЭВМ растет по экспоненте. На нынешнем этапе потенциальная производительность ЭВМ ежегодно удваивается. Это означает, что через 10 лет она в тысячу раз превзойдет производительность мозга человека, а через 20 лет — в миллион раз. Итак, технические возможности для создания и совершенствования искусственного интеллекта имеются. Путь открыт. Осталось построить высокопроизводительный процессор ЭВМ параллельного действия, работающий по принципу биологической нейронной сети. Если это удастся сделать, на свет появится мозгоподобная ЭВМ.

Что для этого надо сделать? Нам представляется, что в первую очередь следовало бы решить следующие задачи. Процессы, наблюдаемые во внешнем мире, описываются числовыми отношениями. Основные из них выражаются дифференциальными уравнениями в частных производных. Эти уравнения описывают законы природы, по которым совершаются физические процессы во внешнем мире. Решая такие уравнения, люди получают возможность предсказывать события, происходящие во внешнем мире, и управлять ими. Процессы, наблюдаемые человеком в его собственном внутреннем мире, то есть информационные процессы, тоже выражаются уравнениями, но не числовыми, а логическими. Нужен язык для формульной записи логических уравнений. Такой язык дает нам алгебра предикатов. Насколько мы можем судить, альтернативы языку алгебры предикатов нет. Язык алгебры предикатов универсален, на нем можно записать в виде логического уравнения любое отношение.

Необходимы методы решения логических уравнений. Нужны методы представления различных информационных процессов в виде логических уравнений, выражающих законы протекания этих процессов. Решая логические уравнения, можно будет искусственно воспроизводить интеллектуальную деятельность человека. Требуются методы преобразования логических уравнений в структуру процессора ЭВМ параллельного действия, работающего по принципу биологической нейронной сети. Имея мозгоподобную ЭВМ с таким процессором, можно будет с ее помощью осуществлять дальнейшее совершенствование интеллектуальных систем.

Выше было изложено, как, на наш взгляд, проблему бионики интеллекта можно развернуть в систему задач, требующих решения. Теперь остается рассказать о том, как мы (то есть авторы статьи и все те, кто участвовал в движении по этому пути) пытались решать эти задачи.

Отправным пунктом в этом деле для нас послужили следующие два достижения. Первое — это осознание того, что субъективный, то есть внутренний, мир человека можно описывать в точных математических терминах столь же надежно и полно, как это принято в физике, которая имеет дело с явлениями в объективном внешнем мире. И второе — это осознание важности понятия отношения. Первое явилось результатом попыток моделировать психофизические процессы, то есть зависимость ощущений человека от воспринимаемых им внешних предметов. Второе родилось в результате попыток моделирования механизмов естественного языка.

В процессе разработки проблемы вызвало большое удивление, когда обнаружилось, что нет алгебры, на языке которой можно было бы описывать логические уравнения, выражающие произвольные отношения. Представьте себе на минуту, что в вашем распоряжении имеется интегральное исчисление, на языке которого можно описывать преобразование одной числовой функции в другую, но вам неизвестна школьная алгебра, с помощью которой вы могли бы записывать формулами сами числовые функции, фигурирующие в подынтегральном выражении. В этом случае вам пришлось бы столкнуться с большими трудностями при практическом использовании аппарата интегрального исчисления.

Подобное положение до недавнего времени существовало в учении об отношениях. Существовал хорошо развитый математический аппарат для формульного выражения действий над отношениями. Это — язык кванторов, разработанный в конце XIX века австрийским логиком Фреге и широко используемый в математике и логике, а также алгебра Кудда, применяемая в реляционных базах данных. Но как формулой записать конкретную таблицу базы данных или какой-нибудь конкретный предикат, стоящий под знаком квантора? Как это ни удивительно, но 30 лет назад обращение к литературным источникам ответа на этот вопрос не давало.

Стало ясно, почему механизм естественного языка, который, как известно, представляет собой сложнейшую систему отношений, не поддавался математическому описанию. Ответ оказался предельно простым: потому что не существовало математического языка, на котором можно было бы записывать логические уравнения, выражающие законы языка. Тем более, не существовало методов решения таких уравнений. Когда это было осознано, уже не составило большого труда создать нужный язык формульного описания отношений, который получил название алгебры предикатов.

Строение алгебры предикатов предельно просто. Она устроена в некотором смысле даже проще, чем

алгебра булевых функций. В то время, как в алгебре булевых функций имеются три основных операции — конъюнкция, дизъюнкция и отрицание, в алгебре предикатов их всего две — конъюнкция и дизъюнкция. Вместе с тем, в алгебре предикатов используются не двоичные переменные, как в алгебре булевых функций, а буквенные — как в многозначной логике. Поэтому алгебра булевых функций поглощается алгеброй предикатов как частный случай. Замечательно то, что формулы алгебры предикатов могут быть без каких-либо проблем схемно реализованы с помощью той же самой электронной техники, которая применяется при построении современных ЭВМ. В то время, как формулами алгебры булевых функций можно выразить структуру только процессора ЭВМ, формулами алгебры предикатов охватываются также устройства ввода и вывода вычислительной машины.

Сравнивая логические схемы, построенные по формулам алгебры булевых функций, с нейронными сетями мозга, обнаруживают лишь отдаленное сходство между ними. Но если провести такое же сравнение нейронных сетей мозга с логическими схемами, порождаемыми формулами алгебры предикатов, то обнаруживается поразительное сходство их строения. Это сходство настолько велико, что открывается возможность, опираясь на него, с высокой степенью уверенности указать функции многих анатомических нейронных структур. Становится почти несомненным, что алгебра предикатов — это именно то средство, которым воспользовалась природа при создании систем естественного интеллекта. Это — главное. Все остальное можно отнести к деталям. Впечатление такое, что путь к искусственному интеллекту открыт. Однако для заметного продвижения вперед необходимо выполнить еще очень большой объем работ, которые все же не кажутся неприступными.

В заключение перечислим основные темы уже выполненных работ в области бионики интеллекта: 1) разработка алгебры предикатов и операций над предикатами, ее применение в базах данных, экспертных системах, нейроподобных сетях; 2) разработка моделей и методов моделирования механизмов зрения, слуха, других органов чувств, узнавания, оценивания, понимания естественного языка, созвония; 3) соединение алгебры предикатов и предикатных операций с теорией категорий в единую алгебrolогическую систему; 4) формальное и абстрактное описание механизма логики; 5) разработка лингвистической алгебры; 6) разработка методов решения логических уравнений и их применение при проектировании мозгоподобных ЭВМ.

Список литературы: 1. Шенк Р., Хантер Л. Познать механизмы мышления // Реальность и прогнозы искусственного интеллекта. — М.: Мир, 1987. — С. 15–26. 2. Винер Н. Кибернетика. — М.: Сов. радио, 1968. — 326 с. 3. Циолковский К. Э. Грезы о земле и небе. — 1895.

Поступила в редакцию 28.08.2006