



Когнитивный вызов и информационные технологии

Малинецкий Георгий Геннадьевич — заведующий отделом нелинейных процессов Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, доктор физико-математических наук.

Маненков Сергей Константинович — научный сотрудник Научно-образовательного центра Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.

Митин Николай Алексеевич — директор Научно-образовательного центра Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, кандидат физико-математических наук.

Шишов Вадим Викторович — руководитель Центра компьютерного моделирования и экспертного анализа Научно-образовательного центра Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, кандидат химических наук.

В настоящее время возникла реальная возможность создания когнитивной отрасли промышленности, сравнимой по масштабу с компьютерной индустрией. Обсуждаются научные, организационные, технологические перспективы. Когнитивный вызов, с которым столкнулись мир и Россия, открывает новые горизонты. К быстрому прогрессу когнитивных технологий, к превращению этой области в мощную индустрию человечество понуждает объективная потребность быстрого достижения нового качества управления во все более сложном и нестабильном мире. Кризис мировой социально-экономической системы, который будет долгим и тяжелым, переход к новому технологическому укладу, к новым алгоритмам развития делают эту потребность еще более острой. Хочется надеяться, что исследователями, инженерами, руководителями, обществом в целом когнитивный вызов будет быстро осознан. От этого многое зависит.

Сфера знания и исследований в XXI в., судя по проведенному анализу и сделанным прогнозам [1–3], будет кардинально отличаться от науки XIX и XX вв. Этому есть несколько причин.

- Во-первых, различны те главные задачи, которые предстоит решать человечеству, и уже решенные проблемы. Если XIX в. с его переделом мира можно назвать веком геополитики, XX в. — веком геоэкономики, то XXI столетие, вероятно, предстоит стать веком геокультуры.

- Во-вторых, меняются экономические уклады, главные энергоносители эпохи и неразрывно связанные с ними типы жизнеустройства, основные направления научной активности [4]. Если с высоты птичьего полета взглянуть на пройденный и предстоящий путь, то отличия представляются разительными.

Век XIX — столетие пара, угля, как главного топлива, тяжелой промышленности, триумфа механики и термодинамики, инженерного дела. Инженеры рассчитывали и строили мосты, двигатели, паровозы и гордились этим. Индустриальная эпоха дала толчок развитию естественных наук, открыла путь к массовому производству и связанным с ним глубоким социальным изменениям.

Прошедший XX в. — столетие мировых войн (может быть, со временем историки будут говорить о «длинном двадцатом веке»), век электричества и нефти. Ряд историков трактуют мировые войны как схватку угля и нефти, стоявших за ними укладов и держав [4]. Век химии, ядерной физики и компьютерных технологий, «новой экономики». Символы инженерного труда этого столетия — химики, синтезирующие новые материалы, опираясь на накопленные знания о 100 тыс. неорганических и 10 млн органических веществ, инженеры-программисты, инженеры-схемотехники — представители гигантской, бурно развивающейся отрасли промышленности.

Помнится, один из американских президентов с гордостью говорил, что информационно-телекоммуникационный комплекс США стоит больше, чем вся нефтехимическая промышленность и автомобилестроение вместе взятые. Век ознаменовался набирающим силу процессом глобализации и триумфом общества потребления. Наиболее яркие научные достижения, изменившие мир, связаны с химией, ядерной физикой, компьютерными науками. По-видимому, никогда фундаментальные естественные науки не пользовались таким авторитетом в обществе, как в это время.

Но человечество стремительно движется вперед. В XIX в. огромные усилия были направлены на предмет производства, в XX в. — на средства производства. Види-

мо, в начавшемся веке во главу угла встанет субъект производства — тот, кто придумывает, управляет, производит и потребляет произведенное, а также получает все риски и катастрофы, связанные с этой деятельностью. По-видимому, и основные возможности, и прорывы (и главная угроза) начавшегося столетия будут связаны с самим творцом, с отдельным человеком, коллективами, обществом в целом. Именно такой прорыв и начинается на наших глазах. Этот прорыв связан с когнитивными технологиями и одной из форм их реализации — когнитивными центрами.

По-видимому, и основные возможности, и прорывы (и главная угроза) начавшегося столетия будут связаны с самим творцом, с отдельным человеком, коллективами, обществом в целом.

На наш взгляд, здесь развернутся главные события в сфере науки и технологий XXI в. Тут — на острие атаки — страны, корпорации, регионы, отдельные люди получают шанс прорваться в будущее. Принципиально важно, чтобы этот шанс не был упущен в России, здесь и сейчас. Этому и посвящено наше эссе.

Пожалуй, здесь следует пояснить смысл терминов «технология» и «когнитивная технология». Впервые термин «технология» в образовании и науке использовал профессор Геттингенского университета Иоганн Беккман. По его мысли, способы и средства создания «полезных умений», совокупность знаний о промышленном производстве общественно полезного продукта, экономики и организации производства, а также способов воздействия на предмет труда и составляют важную и полезную дисциплину, которую он назвал технологией.

Иными словами, технологией до начала XIX в. считалось учение об искусстве осуществления любой

деятельности. Затем в конце XIX в. и XX в. понятие «технология» сужается до технологий материального и энергетического производства.

С 1960-х годов смысл этого понятия вновь расширился во многом благодаря книге футуролога и фантаста Станислава Лема «Сумма технологии». По Лему, технологии — это «обусловленные состоянием знаний и общественной эффективностью способы достижения целей, поставленных обществом, в том числе и таких, которые никто, приступая к делу, не имел в виду» [5].

Как видим, сюда попадают и производственные, и управленческие, и образовательные, и многие другие технологии.

С началом научно-технической революции (НТР) распространение получил термин «высокие технологии». Вначале считалось, что это такие способы деятельности, в которых добавленная в процессе осуществления подобной деятельности стоимость намного превышает стоимость сырья. Классический пример — производство микросхем. Сырье — кремний, песок — дешево и доступно. Совершенствование технологий микроэлектроники стоит десятки миллиардов долларов. Результат производственного процесса — микросхемы — весьма дорог и крайне важен для всей нашей цивилизации.

Развитие теории управления, менеджмента, гуманитарных наук помогло осознать, что в основе функционирования общества лежат технологии, объектом которых является отдельный человек, отношения между людьми,

социальные группы. Здесь и способы управления, и образовательные системы, и алгоритмы воспитания, и многие другие. Они и были названы гуманитарными технологиями.

Более того, с древнейших времен до настоящего времени ответ на предъявленные вызовы общество дает прежде всего в сфере гуманитарных технологий. Выработка и реализация стратегии, борьба элитных групп за власть и реализация политики, отбор, подготовка и привлечение наиболее подходящих для решения поставленных задач кадров, мето-

обществом, конкурентами и союзниками начали приобретать все большее значение.

К примеру, освещение военных конфликтов в средствах массовой информации, раздача ролей «агрессора» и «жертвы», «победителя» и «побежденного» в массовом сознании сплошь и рядом оказывали не меньшее воздействие на условия послевоенного мира, чем сам конфликт. Хвост начал влиять собакой. Эффективность таких технологий стала очевидной после целой череды «цветных революций», с которыми столкнулись многие страны.

Назрела необходимость многоуровневого прогноза, опирающегося на математическое моделирование, компьютерные и информационные технологии.

ды психологической поддержки и способы мобилизации общества и многое другое, неразрывно связанное с жизнью человека и социума, является сферой гуманитарных технологий. Как показывают история и социология, для большинства обществ удельный вес и роль этой сферы по сравнению с производственными технологиями гораздо выше. Гуманитарные технологии, как правило, в различных обществах искались методом проб и ошибок, отбирались и совершенствовались в ходе эволюции.

Однако развитие психологии, социологии, политологии и других наук, потребность отдельных социальных групп, корпораций, общества в целом искать наиболее эффективные, «мягкие» способы достижения своих целей изменили эту ситуацию уже во второй половине XX в. Гуманитарные технологии стали предметом не только изучения, но и организационного, социального проектирования. Технологии связи с общественностью (PR) и правительством (GR), с экспертным со-

Начали стремительно развиваться методы информационного управления человеком и обществом, исследования рефлексивных процессов и алгоритмов рефлексивного управления, способы непрямых действий. Стремительное развитие виртуальной реальности, связанное с компьютеризацией общества, появлением социальных сетей, блогов, средств массовой информации ускорило эти процессы.

И для всего этого комплекса исследованных, спроектированных, сознательно используемых воздействий на общество и человека стал использоваться термин «высокие гуманитарные технологии». Именно эта область стала ареной соперничества ряда центров силы в современном мире.

По прогнозам многих экспертов, и основные возможности, и перспективы нашей цивилизации, и риски ее развития будут связаны с человеком. В конце XX в. произошел научный прорыв, связанный с исследованиями мозга, с компьютерным моделированием

элементов сознания, стремительно начали развиваться математические психология, социология, история.

Появились математические модели таких процессов и явлений, изучение которых еще недавно считалось предметом и привилегией гуманитарных дисциплин. Все это позволило ввести понятие когнитивных технологий. Определить их сегодня, пожалуй, можно следующим образом.

Когнитивные технологии — это способы и алгоритмы достижения целей субъектов, опирающиеся на данные о процессах познания, обучения, коммуникации, обработки информации человеком и животными, на представления нейронауки, на теорию самоорганизации, компьютерные информационные технологии, математическое моделирование элементов сознания, ряд других научных направлений, еще недавно относившихся к сфере фундаментальной науки.

Именно в таком смысле мы и будем понимать когнитивные технологии далее.

В случае когнитивных технологий в отличие от многих других сфер мы находимся в начале пути. В этой области существует огромный потенциал развития. В самом деле, в эпоху индустриального и научно-технического оптимизма считалось, что развитие должно происходить по закону геометрической прогрессии — в одинаковое число раз за одинаковые промежутки времени (*рис. 1*) (или на языке дифференциальных уравнений по экспоненте — $\dot{x} = ax$, где x — интегральный показатель, характеризующий отрасль, a — коэффициент, часто называемый мальтузианским). Однако история экономики, науки и техники показывает, что отрасли и технологии характеризуются обычно логистическим законом (см. *рис. 1*) $\dot{x} = ax(\bar{x} - x)$, где \bar{x} — предельный уровень развития. При этом про-

исходит насыщение, на которое выходят старые отрасли и от которого достаточно далеки молодые. Та же закономерность характерна, как показывают науковеды, для научных школ, направлений, целых областей исследований. Это, к примеру, убедительно подтверждает развитие астрофизики и физики элементарных частиц — безусловных фаворитов науки второй половины XX в.

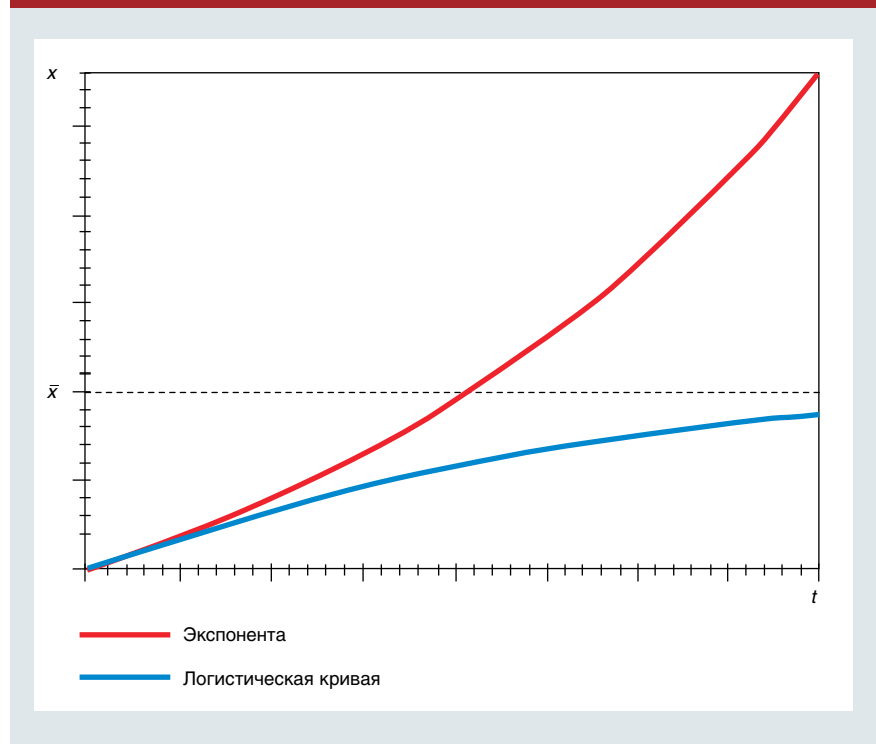
Как же проанализировать наиболее вероятную траекторию, заглянуть в будущее, осмыслить то, что раньше не происходило?

Естественно рассмотреть развитие наиболее близкого аналога той технологии, которая может изменить и производство, и общество, и самого человека. Прекрасным аналогом здесь служат компьютерные и телекоммуникационные технологии, развитие которых и привело нас к порогу когнитивной эры. Обращаясь к аналогам из прошлого, мы будем обсуждать в основном результаты и сюжеты прикладной математики и информационных технологий, связанные с Институтом прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (ИПМ). С одной стороны, это обусловлено тем, что ИПМ имел непосредственное отношение к важнейшим технологическим прорывам — космическому, ядерному, компьютерному, имевшим стратегическое значение для нашей страны. С другой — именно с этими примерами мы знакомы лучше, чем с остальными.

Кроме того, развитие компьютерных технологий и наук как инновационной отрасли не имеет аналогов. Гордон Мур — один из основателей фирмы Intel — в 1960-х годах обратил внимание на эмпирическую закономерность: степень интеграции элементов микросхемы на кристалле удваивается примерно каждые два года. (Мы имеем дело с той самой геометрической прогрессией, которая отличает законы разви-

Рисунок 1

Сравнение экспоненциального и линейного роста



тия «молодых отраслей».) Естественно, такое развитие отличается и другие, связанные с этим, характеристики компьютеров. Эта закономерность, получившая название закона Мура, описывала развитие компьютерных технологий в течение более чем полувека (рис. 2).

Это привело к тому, что нынешние компьютеры считают в 250 млрд раз быстрее, чем пионеры электрической вычислительной техники. Подчеркнем, что ни одна отрасль в истории человечества не знала таких темпов развития.

Аналогия, о которой пойдет речь, тем более уместна, что когнитивная революция и связана с тем огромным массивом компьютерных технологий, который человечество создало чуть более чем за полвека. Кроме того, когнитивные технологии позволяют на новом уровне дать ответ на те вопросы, которые поставила информационная революция, — достижение нового качества управления все

более сложным и все более нестабильным миром.

Императивы управления

Управлять — значит, предвидеть.

Б. Паскаль

Влияние компьютеров на жизнь, экономику и науку, как ни странно это звучит, оказалось значительно меньше, чем предполагалось многими исследователями в 1960-е годы. Достаточно перечитать манифест научно-технической революции (НТР) — книгу С. Лема «Сумма технологий» [5]. От компьютеров ждали большего.

Поставим простой мысленный эксперимент. Представим, что в какой-либо области жизнедеятельности ключевой параметр удалось бы изменить хотя бы в 100 млн раз при разумной стоимости такой инновации. Если бы это произошло на транспорте, то субъективно мир сократился бы до размера одного небольшо-

ты и деятельность выдающегося кибернетика Стаффорда Бира по корпоративному и государственному управлению [7].

В очень жестких условиях, в которых оказалось руководство Чили в начале 1970-х годов, компьютерные системы, обслуживавшие правительство, и группа консультантов, работавших на это, помогли решить очень сложные социальные, экономические, управленческие задачи. Несмотря на весьма скромные ресурсы, удалось стабилизировать ситуацию в стране.

Синергетика представляет собой теорию неустойчивостей, теорию саморазвивающихся систем, она говорит на языке прикладной математики.

Однако пришло время, когда этот барьер — его естественно назвать когнитивным барьером — на границе гуманитарных, информационных и компьютерных технологий и проблем управления должен быть взят и взят благодаря когнитивным технологиям, которые начали стремительно развиваться в последние годы. Для этого есть несколько оснований.

Практическая потребность в росте темпов принятия управленческих решений на различных уровнях. Мир вступил в полосу быстрых изменений, в период кризиса, который, вероятно, займет не одно десятилетие. Естественно, системы оперативного управления не должны отставать от тех изменений, реакцией на которые должны быть своевременно принимаемые решения. И без развитой системы компьютерных и когнитивных технологий тут не обойтись.

Повышение объема информационных потоков, которые должны быть приняты во внимание. Человек в состоянии учесть одновременно не более 5–7 факторов,

влияющих на принятие решения. Он может непосредственно работать с 5–7 людьми (с остальными опосредованно).

Чтобы преодолеть этот барьер в медленно меняющихся сферах деятельности, люди со времен древних цивилизаций строили иерархические организационные структуры. Иными словами, эта задача решалась средствами гуманитарных технологий. Пример — конструкторское бюро, в котором необходимо определить около 1500 параметров боевого самолета. Генеральный кон-

структор определяет 5–7 ключевых характеристик, по 5–7 — заместители и т.д.

Когда ситуация меняется быстро, важно остановиться и понять, какие 5–7 параметров (в теории самоорганизации — синергетике — их называют параметрами порядка) следует принять во внимание и как отстроить организационную структуру, чтобы предложенные решение, проект, стратегия оказались эффективными и своевременными. Тут не приходится надеяться на традицию, опыт, «здоровый смысл». Специалисты по информационным технологиям наглядно убедились в этом при создании операционных систем — здесь ошибка или просчет на одном из нижних уровней иерархии может погубить всю конструкцию.

Проблема агрегации — дезагрегации становится еще более острой в условиях глобализации. «Страны-руководители» от «стран — рабочей силы» отличается среди прочего владение технологиями управления в экономическом, технологическом,

информационном, инновационном пространствах, в сфере прогноза и управления информационными потоками. Иначе говоря, они отличаются по степени подготовленности к развитию и использованию когнитивных технологий.

Назрела необходимость многоуровневого прогноза, опирающегося на математическое моделирование, компьютерные и информационные технологии. После первой волны кризиса 2009 г. доказывать необходимость научного прогноза и его использования в практике управления излишне. Однако следует сказать о необходимости резкого повышения качества управления на федеральном, отраслевом, региональном, корпоративном уровне в России. Опыт работы Центра компьютерного моделирования и экспертного анализа ИПМ с Республикой Чувашия, с рядом регионов страны наглядно показал, что планы социально-экономического развития можно делать существенно лучше, адаптировать к происходящим изменениям намного легче и быстрее [8]. По сути, все ответственные политические силы остро нуждаются в качественной и количественной оценке последствий предлагаемых ими решений, стратегий, проектов, программ. Ряд инструментов для этого уже создан, другие разрабатываются, третьи появятся в недалеком будущем. В случае сети взаимодействующих когнитивных центров экспоненциально возрастают прогностические возможности каждого из них, формируется новая управленческая среда.

Наличие экспертно-имитационных моделей отраслей, регионов, других объектов управления дает возможность быстро повышать уровень управленческих кадров. Действовать методом проб и ошибок, заниматься управленческим творчеством гораздо проще, легче и дешевле за экраном монитора, чем сразу вместо вычислительно-

го эксперимента приступая к натурному. И попыток здесь больше, и ошибки, сделанные «на модели», могут уберечь от неверных решений в управленческой практике.

Рост рисков и цены управленческих ошибок. Немецкий социолог Ульрих Бек, осмысливая уроки Чернобыльской аварии, создал концепцию «общества риска» [9]. Несоответствие управленческих технологий и социально-экономических механизмов уровню производительных сил и порождаемых ими угроз делает наше общество все более нестабильным. В соответствии с мировой практикой каждый рубль, вложенный в прогноз и предупреждение бедствий, катастроф, социальной нестабильности, позволяет сэкономить от 10 до 100 руб., которые пришлось бы вложить в смягчение последствий или ликвидацию уже происшедших бед (для особо опасных объектов «коэффициент управления риском» превышает 1000) [10, 11].

Чернобыльская авария показала, что локальные действия людей, оперирующих опасными объектами, могут иметь глобальные последствия. Заметим, что на территории России расположено около 50 тыс. опасных и 5 тыс. особо опасных объектов.

После Чернобыльской аварии была создана Государственная научно-техническая программа (ГНТП) «Безопасность», направленная на анализ всего спектра природно-техногенных рисков. Руководители этой программы академик К.В. Фролов и член-корреспондент РАН Н.А. Махутов впоследствии выдвигали идею не принимать законопроекты без анализа связанных с ними рисков. Эта инициатива не нашла поддержки и не была реализована. Одна из причин — отсутствие необходимой научной и методологической поддержки. В настоящее время информационные системы, имеющиеся компьютерные модели, инновационные, когни-

тивные технологии дают основу для реализации этого предложения.

Наличие гигантской информационно-телекоммуникационной инфраструктуры от глобального до локального уровня — основа для внедрения когнитивных технологий. В России сейчас более 180 млн мобильных телефонов, значительная часть насе-

Интуитивное индивидуальное достижение талантливого врача переводится в сферу рационального знания, тиражируется, позволяет спасти жизни многих людей.

ления пользуется Интернетом, в школе проходят информатику. Очень многие имеют персональные компьютеры, ноутбуки. Дело за математическими моделями, когнитивными технологиями, умением и желанием применять их в задачах управления на всех уровнях.

Другими словами, есть не только потребность, но и основа для развития и массового использования когнитивных технологий в задачах управления и быстрый прогресс в гуманитарных технологиях.

Научные предпосылки

И прошлое, и настоящее, и будущее существует одновременно, в сегодняшнем дне. Важно только увидеть будущее и поддержать его.

С.П. Курдюмов

За десятилетия до создания компьютеров принципиальные проблемы построения вычислительных машин были поставлены и решены выдающимися математиками Тьюрингом, Постом, Черчем, Нейманом [12]. Универсальная вычислительная машина Тьюринга, теория алгоритмически неразрешимых задач, концепция Неймана самовоспроизводящих-

ся автоматов стали и теоретической основой, и практической предпосылкой будущих успехов компьютерных наук и технологий. В свое время они предопределили траекторию развития компьютерной индустрии по крайней мере на 60 лет вперед, а может быть, и больше. Итак, упрощая историю компьютерных наук, можно сказать: «Вначале была математика...»

На наш взгляд, когнитивные исследования, как в свое время компьютерные, уже прошли эту стадию своего развития. В их основе сегодня лежит *теория самоорганизации, или синергетика*. Этот междисциплинарный подход родился в 1970-х годах в связи с необходимостью исследовать нелинейные процессы и явления, осмысливать результаты компьютерного моделирования. Специалисты по прикладной математике любят повторять, что целью вычислений являются не числа, а понимание. Однако в 1970-х годах в связи с задачами, имеющими отношение к физике плазмы и теории взрыва, исследованиям мировой динамики и экологических систем стало ясно, что, чтобы понять неустойчивость таких объектов, нужно ввести особые понятия, концепции, модели. Именно поэтому часто говорят, что синергетика представляет собой теорию неустойчивостей, теорию саморазвивающихся систем, что она говорит на языке прикладной математики.

Проведенные исследования показали, что во множестве физических, химических, биологических систем происходит самоорганизация — в процессе эволюции выделяется небольшое число ведущих переменных (мод, сте-

пеней свободы), к которым подстраиваются остальные характеристики системы. Следуя физической аналогии, эти ведущие переменные стали называть параметрами порядка. Именно выделение в ходе самоорганизации таких параметров позволяет многие сложные системы описывать просто, но вполне адекватно.

При описании сложных явлений или систем обычно строится иерархия упрощенных моделей. В такой иерархии модели более низкого уровня являются более простым частным случаем или более грубым приближением для процессов, описываемых моделями более высокого уровня. Однако более простые модели нагляднее, прозрачнее, понятнее, чем сложные. Замечательным свойством нашей реальности является то, что модели, возникающие на нижних уровнях иерархии, для многих сложных явлений и процессов совпадают или близки. Это позволяет исследовать и использовать универсальные свойства многих нелинейных систем.

Оглядываясь назад, можно сказать, что синергетика выполняла еще один социальный заказ, связанный с управлением, с которым не справилась кибернетика. Если управлять системой во всей ее полноте, то управляющая система должна быть сравнима по сложности с управляемым объектом, что во множестве случаев и невозможно, и не нужно.

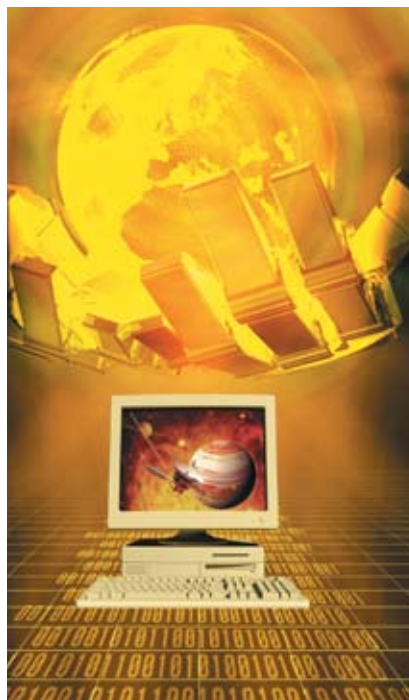
Решение подобных проблем подсказывает физиология. Тело человека имеет более 400 механических степеней свободы. Управление всеми в режиме реального времени — сложнейшая задача, требующая суперкомпьютерных возможностей. Выход из этого положения, который нашла природа, состоит в том, что в ходе развития возникают устойчивые связи между различными степенями свободы (называемые синергиями). Обучаясь ходить, плавать, бе-

гать, человек фиксирует эти связи, вырабатывает те параметры порядка, которыми он и будет в дальнейшем управлять.

Та же схема реализуется и в организационном управлении. В корпоративных системах создается иерархическая структура и осуществляется «управление разнообразием». Каждый иерархический уровень должен агрегировать информацию, говорить на своем языке, выявлять наиболее важное и представлять следующему уровню только то, что необходимо, и то, чем он может управлять.

Иными словами, начиная с некоторой степени сложности системы, детальная, четкая, полномасштабная организация не работает. Приходится создавать и использовать механизмы самоорганизации, агрегации, уменьшения разнообразия.

В начале развития синергетики самоорганизация изучалась в тех объектах, которыми занимаются естественные науки. При этом спонтанное возникновение упорядоченности, появление струк-



тур или автоколебаний связывали с диссипативными процессами, обеспечивающими рассеяние энергии, — трением, вязкостью, диффузией, теплопроводностью (иногда при этом говорят об объективной самоорганизации). Синергетика быстро завоевала популярность. Индикатор этого — десятки международных научных журналов, тысячи проведенных конференций, около сотни книг из «Шпрингеровской серии по синергетике» (редактор серии профессор Герман Хакен), издаваемой с 2002 г. в России серии «Синергетика: от прошлого к будущему» (редактор серии профессор Г.Г. Малинецкий), в которой вышло около 50 книг.

Прорыв последнего десятилетия связан с осознанием ключевой роли самоорганизации в процессах обучения, принятия решений, распознавания образов. И с этой точки зрения многие решенные задачи предстали в новом обличье. Подобно тому, как герой классического произведения с удивлением обнаружил, что говорит прозой, оказалось, что многие проблемы связаны с выявлением параметров порядка в пространстве образов, решающих правил, стратегий. В других же задачах усилия направлялись на синтез систем, в котором желаемое решение возникало в ходе самоорганизации.

Основная идея удивительно проста и заимствована из нейробиологии. Каждая клетка мозга — нейрон — хорошо изучена и ведет себя в ответ на внешние воздействия достаточно простым предсказуемым образом. Откуда же берется сложность мозга и феномен сознания? Между нейронами огромное количество разнообразных связей, возникающих в ходе самоорганизации при решении задач, с которыми сталкивается мозг. Простейшая схематическая формализация этих представлений на уровне математических моделей, компьютерных программ и архитектур привела

ко множеству эффективных алгоритмов и систем в задачах управления, распознавания образов, адаптации и обучения [13]. Перефразируя Станислава Лема, можно сказать, что мы сегодня не очень хорошо представляем, что такое естественный интеллект, и поэтому испытываем трудности с построением искусственного интеллекта, но нейронные сети позволили смоделировать «искусственный инстинкт». И во множестве задач этого оказалось достаточно.

Другой важнейший блок когнитивных проблем, идей и достижений связан с компьютерным анализом задач медицинской диагностики. В самом деле, работа с медиками показывает, что диагностика состояния больного, судя по медицинским руководствам, требует определения от 400 до 1000 параметров. При этом разные области медицины «говорят на разных языках», вкладывая в одни и те же термины разный смысл. Однако врач в состоянии оперировать в пространстве характеристик и признаков размерности, не превышающей 5–7. Какие же это признаки? Очевидно, опытный диагност в отличие от начинающего среди всего пространства параметров выделяет «главные», «нужные», «подходящие». Собственно, умение выделять подобные «параметры порядка» для разных заболеваний и состояний организма и является результатом профессиональной деятельности. В ходе работы происходит самоорганизация в информационном пространстве врача, позволяющая отделять главное от второстепенного. Динамика этого процесса плохо понята и изучена, поэтому и не удается учить врачей быстро и хорошо. В США интервал между временем, когда будущий кардиохирург переступает порог университета, и моментом, когда он начнет самостоятельно делать операции на сердце, занимает 15 лет — огромная часть активной, творческой жизни.

Каковы же «параметры порядка» у опытных, успешных врачей? К сожалению, сплошь и рядом сами они не могут ответить на этот вопрос. Они либо цитируют полузабытые институтские лекции, либо фантазируют. Практическая деятельность, диагностика, принятие решений в огромной степени опираются на интуицию (в основе которой лежит профессиональный опыт). Рефлексия, описание, анализ этой работы плохо сочетаются с самой работой.

В ИПМ, в научной школе академика И.М. Гельфанда, была развита техника «диагностических игр», позволяющая выявлять «параметры порядка» и «решающие правила» для данного эксперта [14, 15]. Для ряда редких заболеваний (где экспертов немного и статистика невелика) это позволило получить очень хорошие результаты, позволяющие сократить для некоторых патологий смертность втрое. И действительно, оказывается, что опытный диагност оценивает не более 3–4 параметров из огромной совокупности. (На разных стадиях болезни, как правило, принимаются во внимание свои переменные. Их выделе-

ние — творческий процесс, требующий высокой квалификации и профессионального опыта.) И математики позволяют выяснить, каковы же эти параметры. Уникальный профессиональный опыт одного становится достоянием многих. Интуитивное индивидуальное достижение талантливого врача переводится в сферу рационального знания, тиражируется, позволяет спасти жизни многих людей.

В таких работах очень важным является сотрудничество, своеобразный симбиоз — «не вместо человека, а вместе с человеком», часто говорят специалисты, работающие в этом научном направлении.

Идеи синергетики, концепция параметров порядка вновь и вновь возникают при моделировании интеллектуальной деятельности. Один из нынешних алгоритмов распознавания зрительных образов, созданный в ИПМ, получил название КЧП («К черту подробности!»). По-видимому, ключевая способность человека, позволившая опередить остальные виды, — удивительная способность быстро выявлять параметры порядка



в разных ситуациях (естественно, отбрасывая лишнее), следить за ними, а также быстро менять поведенческие стратегии в зависимости от них.

Еще один важный шаг, сблизивший когнитивные процессы и теорию самоорганизации, был сде-

Конечно, можно в дополнение привести множество примеров успехов, достигнутых в области искусственного интеллекта, прогнозирования, «раскопок данных» (data mining), математической психологии. Однако и сказанного достаточно, чтобы представить огромный массив научного зна-

Этика, мораль, видение будущего, патриотизм — традиционные объекты гуманитарных наук — вполне успешно моделируются уже существующими компьютерными инструментами.

лан в динамической теории информации. В этой теории информация рассматривается как случайно запомненный выбор. Вводится понятие ценной информации — того выбора, который помогает обладателю такой информации выжить и передать ее дальше. Если назвать единицу ценной информации мемом, то по аналогии с образом Ричарда Докинза — «эгоистичным геном» возникает «эгоистичный мем». В теории рассматривается, как меняются распределения носителей разных видов ценной информации в пространстве и времени [16]. Что же может быть той «ценной информацией» (типично когнитивным понятием), распространение которой для нас важно? Очень и очень многое. Языки, религиозные убеждения, предпочтение определенной валюты, наличие соперничающих стран на данной территории, смыслы и ценности, цивилизационные проекты. Динамическая теория информации стала одной из основ математической истории — междисциплинарного направления, позволяющего анализировать альтернативные исторические траектории и давать исторический прогноз [2, 4, 17]. Этика, мораль, видение будущего, патриотизм — традиционные объекты гуманитарных наук — вполне успешно моделируются уже существующими компьютерными инструментами.

ния, укладываемого в некоторую концептуальную рамку, связанную с синергетикой, который может стать основой для когнитивного прорыва.

ПЭС 10193/22.09.2010

Окончание следует

Литература

1. Наука России. От настоящего к будущему. Будущая Россия / Ред. В.С. Арутюнов, Г.В. Лисичкин, Г.Г. Малинецкий. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 512 с.
2. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. 3-е изд. М.: Эдиториал УРСС, 2003. 288 с.
3. Будущее России в зеркале синергетики. Синергетика: от прошлого к будущему. Будущая Россия / Ред. Г.Г. Малинецкий. М.: КомКнига, 2006. 272 с.
4. Бадалян Л.Г., Криворотов В.Ф. Динамическая модель исторических экономик. Проблемы математической истории: Математическое моделирование исторических процессов / Отв. ред. Г.Г. Малинецкий, А.В. Коротав. М.: ЛИБРОКОМ, 2008.
5. Лем С. Сумма технологии / Собр. соч. Т. 13 (доп.). М.: Текст, 1996. 463 с.
6. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент. М.: Наука, 1979. 223 с.
7. Бир С. Мозг фирмы / Пер. с англ. 3-е изд. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 416 с.
8. Антипов В.И., Малинецкий Г.Г., Отоцкий П.Л., Шишов В.В. Расчет

социально-экономических показателей регионов России в период мирового кризиса. Подготовка кадров, методическое, алгоритмическое и программно-технологическое обеспечение. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2009. Препринт № 11.

9. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну / Пер. с нем. В. Седельника и Н. Федоровой. Послесл. А. Филиппова. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 384 с.

10. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г. и др. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения. М.: Наука, 2000. 432 с.

11. Переслегин С.Б. Самоучитель игры на мировой шахматной доске. М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2005. 624 с.

12. Пенроуз Р. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики / Пер. с англ. 3-е изд. Синергетика: от прошлого к будущему. М.: ЛКИ, 2008. 400 с.

13. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика. Подходы, результаты, надежды. Синергетика: от прошлого к будущему. М.: КомКнига, 2006. 280 с.

14. Гельфанд И.М., Розенфельд Б.И., Шифрин М.А. Очерки о совместной работе математиков и врачей. 2-е изд. Синергетика: от прошлого к будущему. М.: Эдиториал УРСС, 2004. 320 с.

15. Котов Ю.Б. Новые математические подходы к задачам медицинской диагностики. Синергетика: от прошлого к будущему. М.: Эдиториал УРСС, 2004. 328 с.

16. Чернавский Д.С. Синергетика и информация: Динамическая теория информации. Синергетика: от прошлого к будущему / Предисл. и послесл. Г.Г. Малинецкого. 3-е изд., доп. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 304 с.

17. Турчин П.В. Историческая динамика: На пути к теоретической истории. Синергетика: от прошлого к будущему / Пер. с англ. Под общ. ред. Г.Г. Малинецкого, А.В. Подлазова, С.А. Боринской. Предисл. Г.Г. Малинецкого. М.: ЛКИ, 2007. 368 с.