



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН • Электронная библиотека

Препринты ИПМ • Препринт № 46 за 2010 г.



Малинецкий Г.Г., Маненков С.К.,  
Митин Н.А., Шишов В.В.

Когнитивный вызов и  
информационные  
технологии

**Рекомендуемая форма библиографической ссылки:** Когнитивный вызов и информационные технологии / Г.Г.Малинецкий [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2010. № 46. 28 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2010-46>

Сфера знания и исследований в XXI веке, судя по проведенному анализу и сделанным прогнозам [1,2,3], будет кардинально отличаться от науки XIX и XX века. У этого несколько причин.

Во – первых, различны те главные задачи, которые предстоит решать человечеству и уже решенные проблемы. Если XIX век с его переделом мира можно назвать веком *геополитики*, XX – 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 птичьего полета взглянуть на пройденный и предстоящий путь, то отличия представятся 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 век, столетие мировых войн (может быть, со временем историки будут говорить о «длинном двадцатом веке»). Электричество и нефть. Ряд историков трактует 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 тысячах неорганических и 10 миллионах органических веществ, и инженеры-программисты, и 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 ознаменован 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 веке огромные усилия были направлены на *предмет производства*, в XX веке – на *средства производства*. Видимо, 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 со своей 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*. На наш взгляд, здесь развернутся главные события в сфере науки и технологий XXI века. 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 университета Геттингена 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 века считалось учение об искусстве осуществления любой деятельности. Затем в конце XIX века и в XX веке понятие технологии сужается до технологий материального и энергетического производств.

С 1960-х годов смысл этого понятия вновь расширился, во многом благодаря книге футуролога и фантаста Станислава Лема «Сумма технологии». По Лемму, технологии, это «*обусловленные состояния 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 такой деятельности стоимость намного превышает стоимость сырья. Классический пример – производство микросхем. Сырьё – 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 помогли 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, методы 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 иска-

лись методом проб и ошибок, отбирались и совершенствовались в ходе эволюции.

Однако развитие психологии, социологии, политологии, других наук о человеке, потребность отдельных социальных групп, корпораций, общества в целом искать наиболее эффективные, «мягкие» способы достижения своих целей изменили эту ситуацию уже во второй половине XX века. Гуманитарные технологии стали предметом не только изучения, но и организационного, социального проектирования. Технологии связи с общественностью (PR) и с правительством (GR), с экспертным сообществом, с конкурентами и союзниками начали приобретать всё 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 меньше воздействие на условия послевоенного мира, чем сам конфликт. Хвост начал вилять собакой. Эффективность таких технологий стала очевидной после целой череды «цветных революций», с которыми столкнулись многие страны.

Начали стремительно развиваться методы информационного управления человеком и обществом, исследования рефлексивных процессов и алгоритмов рефлексивного управления, способы не прямых действий. Стремительное развитие виртуальной реальности, связанное с компьютеризацией общества, с 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 современного мира.

По прогнозам многих экспертов, и основные возможности, перспективы нашей цивилизации, и риски её развития будут связаны с человеком. В конце XX века произошёл 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 ещё недавно считалось предметом и привилегией гуманитарных дисциплин. Всё это позволило ввести понятие когнитивных технологий. Определить их сегодня, пожалуй можно следующим образом.

*Когнитивные технологии* – способы и алгоритмы достижения целей субъектов, опирающиеся на данные о процессах познания, обучения, коммуникации, обработки информации человеком и животными, на представление нейронауки, на теорию самоорганизации, компьютерные информационные технологии, математическое моделирование элементов сознания, ряд других научных направлений, ещё 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 раз-

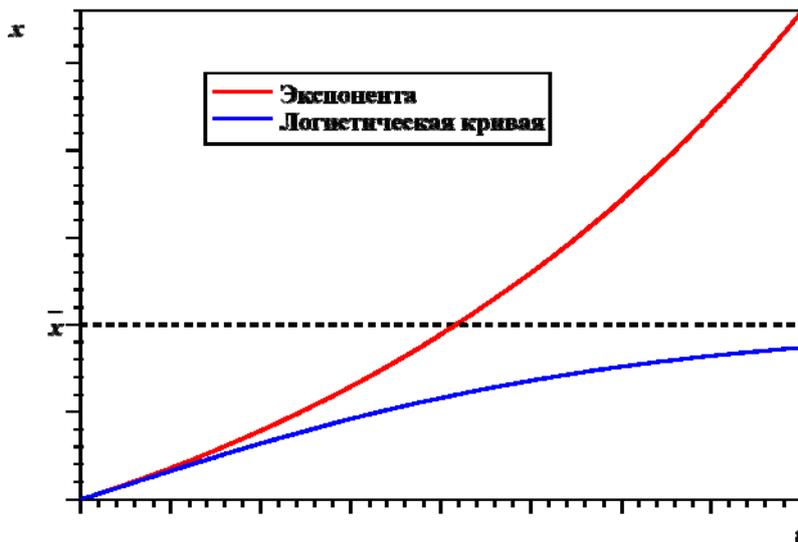


Рис. 1. Сравнение экспоненциального и линейного роста

вития. 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 см. рис.1 (или на языке дифференциальных уравнений по экспоненте –  $\dot{x} = ax$ , где  $x$  – интегральный показатель, характеризующий отрасль,  $a$  – коэффициент, часто назы-

ваемый 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 происходит 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 века.

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 развития «молодых отраслей»). Естественно, такое развитие от-

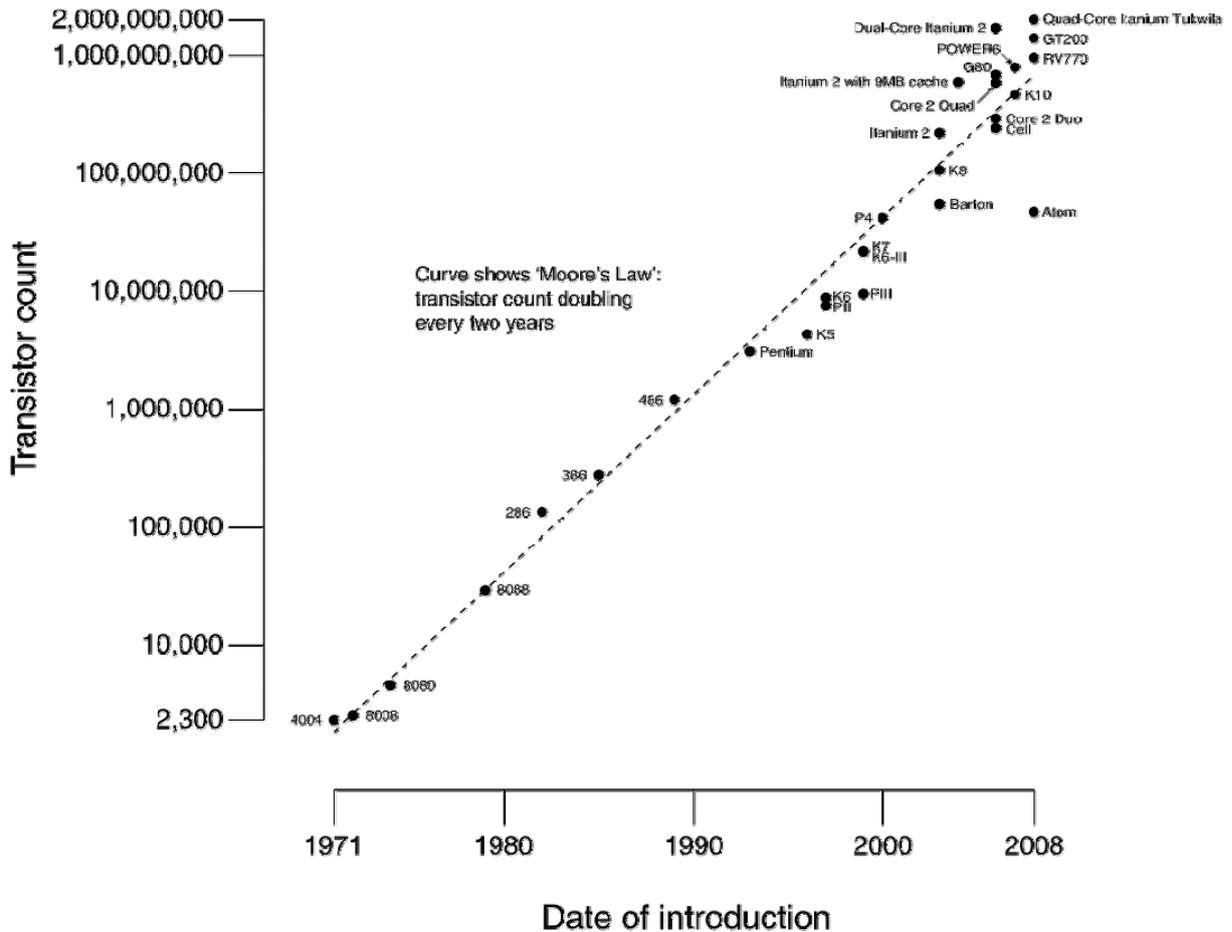


Рис. 2. Развитие электроники более 40 лет происходит в экспоненциальном режиме. Эта закономерность, получившая название *закона Мура*, описывала развитие компьютерных технологий в течение более, чем полувека (см. рис.2).

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

Аналогия, о которой пойдет речь, тем более уместна, поскольку 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 проблемы, которые поставила информационная революция – достижение нового качества управления всё более сложным и всё 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 исследо-

вателями в 1960-х годах. Достаточно перечитать манифест научно-технической революции (НТР) – книгу С. Лема «Сумма технологии» [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 миллионов раз при разумной стоимости такой инновации. Если бы это произошло на транспорте, то субъективно мир сократился бы до размера одного небольшого дворика – близкими соседями стали бы все. Если такой скачок произошел в сельском хозяйстве, то, видимо, всё можно было бы не только продавать, но и выращивать в каждом магазине. Фантасты разобрали многие другие возможности. Влияние одного изменения такого масштаба оказывалось бы кардинальным.

Почему же пока с компьютерами этого не произошло? За ответом необходимо заглянуть в историю. В своё время организатор, директор нашего института академик М.В. Келдыш (после серьезной проработки проблемы в стенах ИПМ) убеждал руководителя государства – Н.С. Хрущева – форсированным образом развивать компьютерную индустрию, так же масштабно и энергично, как в то время это делали в США. Естественно встал вопрос, где же та главная область, в которой использование компьютеров даст наибольший успех, позволит выйти на качественно другой уровень. М.В. Келдыш доказывал, что такой сферой станет управление. Доклад не имел успеха. По мысли Н.С. Хрущева с чем-с чем, а с управлением обществом, экономикой и другими «большими системами» (как тогда было принято говорить) руководители и сами справятся вполне успешно.

Именно этот стык компьютерных возможностей и управленческих проблем вновь и вновь оказывался камнем преткновения. Популярными и в научном сообществе и в обществе в целом в 1970-х годах были идеи внедрения в сферу управления предприятиями, отраслями, государством автоматизированных систем управления (АСУ) и единой, комплексной, общегосударственной системы управления (ОГАС). Академик В.М. Глушков, проводивший идею ОГАС, в качестве генерального конструктора считал, что в плановой советской экономике практическая реализация подобной идеи займет несколько лет. Однако общество оказалось не готово к использованию подобных инструментов. Под руководством академика Н.Н. Моисеева в Вычислительном центре АН СССР (ныне ВЦ им. А.А. Дородницына РАН) был выполнен большой круг исследований, связанных с математическим моделированием социально-экономических систем, в частности, существовавших в рамках плановой экономики [6]. И оказалось, что во многих случаях реализация оптимальных, с точки зрения прикладной математики, решений либо невозможна, либо ставит соответствующие социально-экономические структуры, которые должны были бы реализовать эти решения, в крайне невыгодные положения. Социально-экономические механизмы оказались и далеко не очевидными, и гораздо хуже изученными, чем традиционные задачи планирования и управления, в которых нет «человеческой компоненты». Поэтому утверждение «мы не знаем общест-

ва, в котором живем» стало очевидным специалистам по информационным технологиям и прикладной математике на десятилетия раньше, чем политикам.

Таковой ситуация оказывалась не только в Советском Союзе, но и мире в целом. Создатель кибернетики Норберт Винер, развивая этот междисциплинарный подход, представлял, что речь будет идти об общих законах управления в технологических системах, в организациях, в обществе. Компьютер здесь естественно возникал как инструмент, повышающий эффективность такого управления. К сожалению, в приложении к обществу реализация этой исследовательской программы, всей кибернетической парадигмы, оказалась весьма скромной.

И удачные эффективные примеры использования компьютерных технологий в управлении обществом и государством – счастливые исключения, подтверждающие общее правило. В качестве примера можно привести работы 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, обслуживающие 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.

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 начавшийся 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 строили со времен древних цивилизаций *иерархические организационные структуры*. Иными словами эта задача решалась средствами гуманитарных технологий. Пример – конструкторские бюро, в котором необходимо определить около 1500 параметров боевого самолета. Генеральный конструктор определяет 5-7 ключевых характеристик по 5-7 заместители и т.д.

Когда ситуация меняется быстро, важно становится понять, какие 5-7 параметров (в теории самоорганизации – синергетике их называют *параметрами порядка*) следует принять во внимание, и как отстроить организационную

структуру, чтобы предложенное решение, проект, стратегия оказались эффективными и своевременными. Тут не приходится надеяться на традицию, опыт, «здравый 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 ещё 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. То есть, они отличаются по степени подготовленности к развитию и использованию когнитивных технологий.

*Необходимость многоуровневого прогноза, опирающегося на математическое моделирование, компьютерные и информационные технологии.* После первой волны кризиса 2009 года 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 созданы, другие разрабатываются, третьи ждут нас 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 вычислительного 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 делают наше общество всё более нестабильным. В соответствии с мировой практикой каждый рубль, вложенный в прогноз и предупреждение бедствий, катастроф, социальных нестабильностей, позволяет сэкономить от 10 до 100 рублей, которые пришлось бы вложить в смягчение последствий или лик-

видацию уже произошедших бед (для особо опасных объектов «коэффициент управления риском» превышает 1000) [10,11].

Чернобыльская авария показала, что локальные действия людей, оперирующих с опасными объектами, могут иметь глобальные последствия. Заметим, что на территории России расположено около 50 тысяч опасных и 5 тысяч 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-корр. 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 этого – отсутствие необходимой научной и методологической поддержки. В настоящее время информационные системы, имеющиеся компьютерные модели, инновационные, когнитивные технологии дают основу для реализации этого предложения.

*Наличие гигантской информационно-телекоммуникационной инфраструктуры от глобального до локального уровня – основы для внедрения когнитивных технологий.* В России сейчас есть более 180 миллионов мобильных телефонов, значительная часть населения пользуется интернетом, в школе проходят информатику. Очень многие имеют персональные компьютеры, ноутбуки. Дело встало за математическими моделями, когнитивными технологиями, умением и желанием применять их в задачах управления на всех уровнях общества.

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 вычисляющих машин были поставлены и решены выдающимися математиками – Тьюрингом, Постом, Черчем, Нейманом [12]. Универсальная вычислительная машина Тьюринга, теория алгоритмически неразрешимых задач, концепция Неймана самовоспроизводящихся автоматов стали и теоретической основой, и практической предпосылкой будущих успехов компьютерных наук и технологий. Они предопределили траекторию развития компьютерной индустрии, по крайней мере, на 60 лет вперед, которые сейчас позади, и, может быть, на много лет, которые ещё впереди. 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 физики плазмы и теории взрыва, исследованием мировой динамики и экологических систем стало понятно, что понимание *неустойчивостей* таких объектов требует своих понятий, концепций, моделей. 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, степеней 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 ещё один социальный заказ, связанный с управлением, с которым не справилась кибернетика. Если управлять системой во всей её полноте, то управляющая система должна быть сравнимой 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, бегать 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 структур 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 серии «Шпрингеровская серия по синергетике» (редактор серии профессор Герман Хакен), издаваемая с 2002 года в России серия «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 которой 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 огромная сложность мозга и феномен сознания? Ответ состоит в огромном количестве и разнообразии связей между нейронами, которые возникают в ходе самоорганизации при решении задач, с которыми он сталкивается. 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 удастся 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 опирается на интуицию (в основе которой 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-х параметров из огромной совокупности (на разных стадиях болезни, как правило, свои переменные. Их выделение – творческий процесс, требующий высокой квалификации и профессионального опыта). И математики позволяют выяснить, каковы же эти параметры. Уникальный профессиональный опыт одного позволяют сделать 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.

Ещё один важный шаг, сблизивший когнитивные процессы и теорию самоорганизации, был сделан в *динамической теории информации*. В этой теории информация рассматривается как случайный запомненный выбор. Вводится понятие *ценной информации* – того выбора, который помогает обладателю такой информации выжить и передать её 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 во времени [16]. Что же может быть той «ценной информацией» (типично когнитивным понятием), распространение которой для нас важно? Очень и очень многое. Языки, религиозные убеждения, предпочтения 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.

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

## ПРОБЛЕМА, ТРЕБУЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИИ

Мало иметь хороший ум, главное – хорошо его применять.

*Р. Декарт*

Чтобы успешно выдерживать эту непрерывную борьбу с неожиданным, необходимо обладать двумя свойствами: во-первых, умом, способным прозреть мерцанием своего внутреннего света опустившиеся сумерки и нащупать истину: во-вторых, мужеством, чтобы последовать за этим слабым указующим проблеском.

*Карл фон Клаузевиц*

В современной философии науки благодаря усилиям американского философа и историка науки Томаса Куна и его последователей многое понята относительно научных революций. Несмотря на активное развитие истории и философии техники о технологических революциях трудно судить с той же ясностью и определенностью. В истории человечества они были очень разными.

Некоторые конкурирующие технологии сосуществовали десятилетия, до тех пор пока развитие общества, а порой и случайные обстоятельства не предопределили успех одной и вытеснение остальных. Однако в ряде случаев появляется проблема, которая не могла быть решена ни одним из старых способов, и которая требовала новой технологии и предопределяла её быстрый успех.

Такой этап был и оказался ключевым в истории компьютерной индустрии. Известно, что атомная бомба рассчитывалась на логарифмических линейках и на десятках простейших механических арифмометров. И в СССР, и в США глубокое понимание физиками природы используемых процессов, а специалистами по вычислительной математике способов ускорить вычисления помогли достаточно быстро достичь цели.

(Можно напомнить, что на этом рубеже в научной школе академиков А.Н. Тихонова, А.А. Самарского создавалась теория разностных схем и алгоритмы решения сеточных уравнений, в школе академика В.С. Владимирова математическая теория переноса, ориентированная на этот класс задач, академиком И.М. Гельфандом был предложен метод прогонки. Тогда был дан импульс физике и математике, определивший приоритеты и тенденции их развития на десятилетия вперед).

Однако баллистические расчеты траекторий межконтинентальных ракет и космических аппаратов поставили перед исследователями проблемы, которые многократно превышают возможности логарифмических линеек и арифмометров. Чтобы космические системы успешно решали свои задачи, нужно считать намного точнее и быстрее.

Типичный пример. Когда перед исследователями ИПМ была поставлена задача мягкой посадки космического аппарата на Марс, то возник вопрос, с какой точностью надо знать положение планеты, чтобы суметь осуществить все необходимые маневры. Классическая астрономия давала точность в 700 километров, а нужно было знать в 1000 раз точнее – с погрешностью в 700 метров. И эта задача была решена. Развитие компьютерной техники, радиолокационных инструментов, теории управления и позволило в весьма короткие сроки осуществить эту «тихую революцию».

На наш взгляд, мы подошли к «когнитивному барьеру», столкнулись с похожей ситуацией, в которой ключевое значение приобретают когнитивные технологии и реализующие их инструменты.

Рост численности госаппарата и снижение его эффективности стало притчей во языцах. В России в 2000 году было около 1 млн 163 тысяч чиновников. После административных реформ, борьбы с бюрократией, интенсивных мер, направленных на сокращение госаппарата их число к концу 2009 года по данным Росстата... увеличилось до 1 млн 674 тысяч, то есть примерно в полтора раза. И это общемировая тенденция.

Конечно, можно вслед за Паркинсоном иронизировать и говорить, что, начиная с определенной численности, управленческий аппарат «уходит в отрыв» и перестает нуждаться в объекте управления.

Но, по-видимому, ситуация сложнее. Её предвидел в 1960-х годах американский футуролог Олвин Тоффлер. «Общество третьей волны», «постиндустриальное общество» культивирует разнообразие и использование индивидуальных уникальных (а не массовых) возможностей людей и организаций. И это, естественно, породило гигантский информационный поток, многократно усиленный информационно-телекоммуникационными системами. Станислав Лем удачно назвал это «мегабитовой бомбой».

У чиновников старой школы были свои правила борьбы с подобной ситуацией: «На все бумаги отвечать невозможно. Хороший работник знает, какие указания принять к исполнению, а какие сразу в корзину», «Меньше пишешь – меньше глупости получишь в ответ», «Первый раз – в корзину, второй – в папку, а как третий раз пришлют бумагу, возмущаясь, что ничего не делаем, начинай думать». Но сейчас-то возможности для коммуникации выросли и большинство жителей развитых стран оказывается в положении мелких чиновников в стремительном информационном потоке.

При этом компьютерные программы быстро совершенствуются – одни роботы ищут информацию, другие ведут наблюдение в Сети, третьи бронируют билеты и организуют логистику. Сотрудник ИПМ, блестящий специалист по системному программированию Э.З. Любимский писал о «возникновении сообщества программ» [18] – «третьей природы», без которой человечеству уже не обойтись.

И в помощь человеку, чтобы искать, советовать, оценивать, выделять главное, «оставлять себе человеческое», уже необходимы когнитивные системы. И, судя по всему нужда в них будет становиться всё более острой.

Мир полон *многоагентных систем* – организации, корпорации, отдельные экономические агенты. И, казалось бы, рынок (в широком смысле, как его понимал Н.Н. Моисеев) и «универсальный скаляризатор» – деньги – согласовывают все интересы. Однако и первая волна кризиса в 2009 году, и начало слома мировой финансовой системы показывают, что всё сложнее – нужны другие, более сложные механизмы согласования интересов. Одних денег уже становится недостаточно. Мировой экономический кризис, безусловно, является системным и вызван кризисом системы управления мировым хозяйством на всех уровнях. Поэтому кардинальный выход из кризиса возможен только в случае изменения на нелинейные систем управления всех уровней: местного, регионального, отраслевого и межстранового. И тут тоже свое слово предстоит сказать когнитивным технологиям.

Ещё один вызов – это растущая неадекватность системы образования. «Мы сегодня учим прошлому, в то время как следовало бы учить будущему», – как удачно выразился один из специалистов в этой сфере. С другой стороны, из Древней Греции пришел классический афоризм: «В геометрии нет царского пути!» Но давайте продолжим эту логическую цепь – если царского пути нет, если всему можно научиться по книгам, то для чего нужен учитель? Только ли для того, чтобы пересказывать нерадивым ученикам «облегченный вариант» книжки. Но если это так, то наша цивилизация обречена – очень скоро за время

активной творческой жизни человек просто не будет успевать пробиться ни к переднему краю науки, ни дойти до вершин профессионального мастерства. Начнется застой, а там и быстрая деградация.

Но, судя по всему, греки были не правы. Это доказывает и опыт выдающихся учителей, и феномен научных школ, и методики «быстрого обучения» и когнитивные исследования последних лет.

Очень скоро каждому школьнику и студенту можно будет предоставить персонального «компьютерного тьютора» – квалифицированного, настойчивого, терпеливого, готового к интерактивному взаимодействию, к диалогу, ориентированному на то, чтобы ученик поскорее превзошел учителя. По сути, это первоклассное индивидуальное обучение *для всех*. Разумеется, роль учителя, его знаний, личности, индивидуальности, пройденного им пути никто не отменял и не отменит. (Тут ситуация схожая с компьютерной поддержкой действий лечащего врача и т.д.). Просто появится целый спектр новых возможностей для работы с людьми и для работы со знаниями. «Экономика знаний» вместо красивой мечты в результате использования таких когнитивных технологий может стать вдохновляющей реальностью.

Здесь уместна оценка знаний в экономике, данная классиком современного менеджмента Питером Друкером: «Современный менеджмент и современное предприятие, несомненно, не могли бы существовать без базы знаний, построенной в экономически развитых странах. Однако только менеджмент сделал эти знания и обладающих ими людей по-настоящему эффективными. Возникновение менеджмента превратило знания из продукта роскоши и элемента украшения общества в капитал.

Знания, в свою очередь, стали основным объектом вложений вместо капиталовых средств. Так, Япония инвестирует в заводы и оборудование 8% своего годового ВВП. При этом Япония вкладывает, как минимум, в два раза большую сумму в образование. Две трети от этой суммы – в образование детей и молодежи, а остальные средства – в тренинги и дальнейшее обучение взрослых (преимущественно в организациях, которые их нанимают)» [19].

Представим себе, что благодаря когнитивным технологиям эффективность обучения и использования знаний выросла хотя бы на порядок... Очевидно, страна, которая добьется этого, станет лидером завтрашнего дня. Вероятно, такое видение есть не только у нас, поэтому естественно предположить, что «гонка когнитивных технологий» уже началась и активно ведется без лишней шумихи и рекламы.

## МАШИНА ПРОГРЕССА

Если ты хочешь перемену в будущем – стань этой переменной в настоящем.

*М.Ганди*

В Московском физико-техническом институте первокурсникам раньше объясняли разницу между фундаментальной и прикладной наукой. Фундамен-

тальная наука занимается решением проблем, связанных с природой, человеком и обществом. И неизвестно, существует ли это решение. Непонятно, сколько времени, усилий и ресурсов потребуется, чтобы найти его. В случае прикладной науки, напротив, решение существует, и вопрос лишь в том, кто, каким образом и за какие деньги сумеет его реализовать наилучшим образом.

Когнитивные технологии, системы, центры, на наш взгляд, уже вышли на уровень прикладной науки. Важнейшие открытия сделаны и решения найдены. Вопрос лишь в том, как наилучшим образом воплотить их в реальность.

Основополагающий вклад в развитие эволюционной экономики внес выдающийся русский экономист Николай Дмитриевич Кондратьев, связавший волны экономической конъюнктуры (волны Кондратьева) с технологическими укладами. Его идеи были развиты Йозефом Шумпетером. В соответствии с его теорией 90% экономических агентов в нормальной ситуации держатся за старые технологии, хозяйственные связи, стремятся сохранить свою долю рынка и противятся переменам. И только 10% хотят сдвинуть или сломать равновесие, радикально изменить облик той отрасли, в которой работают.

По-видимому, предпосылки созрели для того, чтобы когнитивные технологии, связанные с ними в недалекой перспективе товары и услуги заинтересовали новаторов.

Идеи Н.Д. Кондратьева и И. Шумпетера в конце XX века конкретизировались, развились и использовались для прогноза и планирования. В частности, для основных макротехнологий были построены инфратраектории, показывающие, какую долю от той «экологической ниши», которую при развитии займет данная технология, она занимает в настоящее время (см. рис.3).

Видно, что соответствующие кривые близки к логистическому закону (решению упоминавшегося уравнения  $\dot{x} = ax(\bar{x} - x)$ ). Первый участок (обычно 10-15 лет) связан с фундаментальными исследованиями, подготовкой кадров, пионерскими работами и демонстрацией возможностей новой технологии.



Рис. 3. Инфратраектории, показывающие развитие различных макротехнологически и исчерпание ими своих возможностей

Здесь роль государства является решающей. Достаточно вспомнить историю развития ядерных, космических, радиолокационных и многих других технологий.

На втором этапе создаются опытные образцы, новое доводится до уровня товара и услуги. В полной мере используется потенциал прикладной науки. На первые роли выходят не ученые, а изобретатели. Очерчивается круг направлений, где созданное может эффективно использоваться или просто пригодиться. Усилия государства поддерживают предприниматели, видящие близкую и реальную перспективу (обычно это тоже 10-15 лет).

Наконец, третий этап развития макротехнологии (тоже обычно 10-15 лет) – диффузия инноваций, доведение до массового производства, оптимизация, удешевление, совершенствование. Место изобретателей занимают инженеры и технологи. Прибыли и риски на этом этапе обычно берут на себя крупный бизнес и транснациональные корпорации.

На наш взгляд, первый этап для когнитивных технологий пройден. Можно даже сказать, что из-за стремительного развития элементной базы, позволяющей использовать старые решения и алгоритмы на новом техническом уровне, когнитивные технологии «засиделись на старте». И наступает второй этап, когда улучшающие инновации расширяют и углубляют основное русло новой макротехнологии.

Здесь можно привести несколько примеров. Развитие нейронных сетей и их приложений сдерживало отсутствие «удобных» архитектур, в которых легко было подстраивать веса связей в зависимости от одновременной активности взаимодействующих нейронов. Однако в 2008 году фирма Hewlett-Packard продемонстрировала новый элемент, идеально подходящий для этой задачи – мемристор. Сопротивление этого элемента меняется в зависимости от того заряда, который через него прошел.

В своё время в научной школе академика И.М. Гельфанда успешно проводились работы по теории и играм конечных автоматов. В работах М.В. Цетлина, В.Ю. Крылова [20] было показано, как можно строить простейшие системы, способные к целенаправленному, целесообразному поведению в меняющейся среде, каковы могут быть механизмы адаптации и самоорганизации в таких системах. Однако потом работы по играм автоматов были прекращены – сначала не оказалось интересных прикладных задач, для которых оказалась бы нужна созданная теория и построенные модели, а затем развитие пошло по другому направлению. Однако сейчас всё изменилось – появились и задачи, и удобные инструменты для аппаратной реализации многих алгоритмов, и более глубокое понимание когнитивных процессов.

Уже упоминавшийся историк и философ науки Томас Кун разделил развитие научного знания на «нормальную науку» и «научные революции» [21]. В ходе последних меняются стандарты научных исследований, возникает новый уровень понимания, а прежние задачи предстают в новом свете и для них предлагаются новые решения. Или, как говорят философы, происходит смена парадигм. Под парадигмой Кун понимал, во-первых принципиальное достижение,

меняющее стандарт научных исследований, во-вторых, своеобразный «генератор головоломок», дающий работу поколениям ученых и инженеров, если удалось дотянуться до прикладных проблем.

На наш взгляд, научная революция в области когнитивных исследований уже произошла. И возможности продемонстрированы, и первые образцы созданы, и направления развития видны, да и когнитивные центры (концептуальные аналоги первых компьютеров) для решения многих задач уже можно тиражировать. Опыт работы центра, созданного в ИПИМ [25,26], показывает, что и интерес к ним, и потребность в них уже достаточно велики. Наступает время нормальной науки, прикладных исследований, развития и совершенствования. Машина прогресса и экономические механизмы довершат начатое. Но где это произойдет, в какие сроки и в каких направлениях зависит от исследователей и инженеров, от нас с вами. Было бы очень важно воплотить имеющийся в России научно-технический потенциал в развитии когнитивных технологий, в *когнитивной экономике*.

## ПЕРСПЕКТИВА

Делать не трудно. Трудно желать. По крайней мере желать то, что стоит делать.

*Акутагава*

Впрочем, с точки зрения классической стратегии задача, для решения которой нужны лишь время, силы и везение, не представляет серьезных затруднений.

*С.Б. Переслегин*

Вновь проведем аналогию между развитием компьютерных и когнитивных технологий. Если следовать этой логике, то когнитивные технологии в перспективе могут привести к созданию новой мегаотрасли, сравнимой с компьютерной индустрией, к массовому производству необходимых всем товаров.

Действительно, вначале компьютеры – электронный аналог счётов – использовались лишь для вычислений. И основное внимание уделялось именно электронике, архитектурам, быстрдействию, всему, что связывают с термином *hardware*.

Когда ключевые проблемы были решены, то центр тяжести переместился в сферу системного программирования, пакетов, прикладных программ, расширения приложений. На этом витке развития и возникла гигантская индустрия программного обеспечения. Достаточно напомнить, что до недавнего времени капитализация лишь трех фирм оценивалась в триллион долларов – Microsoft, Exxon, General Electric, а состояние Билла Гейтса превышало 90 млрд. долларов.

Но, по-видимому, и взлет компаний, занимающихся программным обеспечением позади. Вероятно, существуют программы, достаточно большого

объема, которые нельзя отладить, какой бы большой коллектив не брался за дело. В своё время камнем преткновения программ «звездных войн» среди прочего стала необходимость строить программные комплексы объемом в миллиарды команд, создание которых потребовало бы миллионов человеко-лет работы квалифицированных программистов.

Можно предвидеть, экстраполируя эту тенденцию к росту интеллектуальной составляющей компьютерных технологий, рост внимания к алгоритмам и к сложным задачам, близким к предельным потенциальным возможностям вычисляющих систем. Предвестники этого – научная революция в дискретной математике, теории алгоритмов, теории чисел, связанная с развитием криптографии с открытым ключом [22]. Другое направление – «искусственная жизнь», имитирующая многоагентную систему, способную к адаптации, развитию, эволюции. В уже реализованных программах агент в ходе своего развития может выбрать одну из примерно  $2^{1000}$  возможных стратегий [23].

Но когнитивные технологии ориентированы на следующий шаг – на помощь человеку в *постановке задач, на решение плохо формализованных творческих задач, на выявление и эффективное использование своего когнитивного потенциала, своей способности познавать, мечтать, творить*. Компьютерные технологии в считанные десятилетия из больших, дорогих, сложных инструментов ученых и военных превратились в товары массового потребления, изменили работу, досуг и образ жизни сотен миллионов людей. Чего-то подобного естественно ждать и от товаров «креативной экономики» (см. рис. 5).

Естественно создание и развитие такой отрасли будет иметь не только экономическое, но и социальное измерение, формирование и рост влияния людей креативной экономики, мыслящих и работающих по-новому – очевидное, но не главное следствие этой траектории развития. Ряд других спрогнозирован коллективом, работающим в Санкт-Петербурге и возглавляемым известным российским исследователем С.Б. Переслегиным [11] в теории *когнитивной фазы развития*. В этой теории анализируется, в частности, возникновение элементов нового когнитивного уклада в новейшей истории СССР, США, Японии и показывается, что именно благодаря этим элементам и были достигнуты многие ключевые успехи этих стран. Подводя итог, можно сказать, что развитие когнитивных центров, и, в конечном счёте, построение когнитивной экономики представляет собой не только важнейший инновационный, экономический, но и социальный проект.

История развития техники показывает, что важнейшим условием становления и развития многих технологий был «военный допинг» – их форсированное развитие в интересах оборонного комплекса. Действительно, именно в этой сфере отношение цена/качество может быть очень важным – даже небольшое преимущество в системах вооружений может оказаться решающим при решении оборонных задач.

## Укрупнённая блок-схема когнитивной отрасли

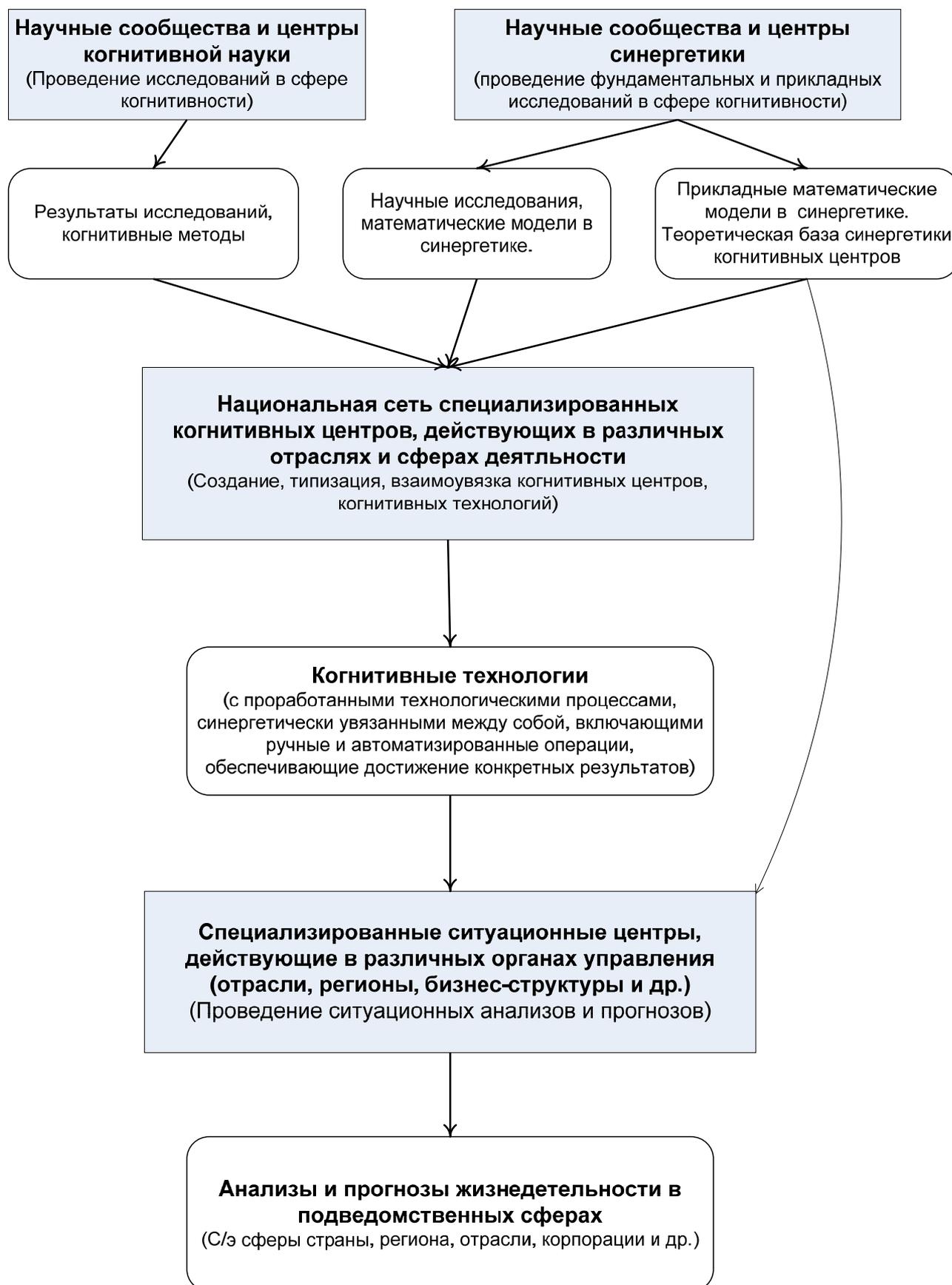


Рис. 4. Одна из возможностей организации когнитивной отрасли

Такой «военный допинг», очевидно, есть и у когнитивных технологий. общепринятым стало утверждение о том, что слабым местом, «самым медленным кораблем в эскадре» является сегодня человек. Именно область мониторинга, разведки, планирования, стратегического и оперативного управления становится важнейшей компонентой, определяющей военно-стратегический потенциал страны и её способность защищать свой суверенитет. Судя по открытым источникам, развитие и применение когнитивных технологий уже становится важнейшим направлением развития оборонных комплексов ряда развитых стран.

Обратим внимание ещё на одну перспективу. В 1960-е годы предполагалось, что уже в недалеком будущем работы стремительно войдут в производство и быт.

К сожалению, этого в ожидаемом объёме не произошло. Блестящий японский опыт создания безлюдных производств, роботизации автомобильной промышленности – скорее исключение, подтверждающее правило. Страна уже имела огромный внешний рынок ряда высокотехнологичных товаров, куда смогла пробиться, сделав ставку на качество этих товаров. И роботы лишь помогли сделать следующий шаг в том же направлении.

Во многих других странах оказалось выгоднее привлекать дешёвую рабочую силу, упрощая технологические процессы, или переносить производство в страны третьего мира, экономя на издержках и не вкладываясь в разработку, производство и использование роботов.

Однако разработки велись, техносфера развивалась, новые потребности и возможности возникали. И сейчас перед роботами открываются и новые перспективы, и новые сферы деятельности. Вновь речь идет о роботах разведчиках, часовых, саперах, санитарах, о беспилотных летающих, плавающих, ползающих аппаратах.

Возникли новые принципы использования роботов, опирающиеся на теорию и алгоритмы самоорганизации. Это «стаи» и «команды», возникающие и распределяющие между собой роли в процессе решения единой задачи. Каждому из таких роботов приходится постоянно оценивать обстановку, действия партнеров и соперников, свои возможности и комбинации, которые можно реализовать в данной ситуации – одним словом решать массу когнитивных задач. Очень велик прогресс в разработке и практическом воплощении мобильных роботов разных типов.

Кроме того, стратегия «найдем дешёвую неквалифицированную рабочую силу» имеет ряд издержек, которые для населения развитых стран и, в частности, России становятся всё более очевидными. Долговременные социальные, технологические, демографические, культурные минусы такого подхода всё чаще перевешивают кратковременные, тактические выгоды «латания дыр с помощью мигрантов».

Однако людей во многих сферах жизнедеятельности от сельского хозяйства до обслуживания городской инфраструктуры, от обеспечения охраны до управления военной техникой не хватает. И ход демографических процессов

таков, что рассчитывать на быстрое изменение этой ситуации не приходится. Поэтому на переживаемом витке развития вновь возникает вопрос о широком использовании роботов во множестве областей. «Робот-пылесос», «элементы умного дома», «робот-доярка» и другие «концепты» и товары пока дороги, не очень надежны и, как следствие, не очень популярны. Но ситуация стремительно меняется.

По оценке одного из ведущих отечественных экспертов в области робототехники, сотрудника ИПМ, профессора А.К. Платонова, «механические проблемы», связанные с обеспечением движения и других действий роботов уже решены [24]. По его мнению, магистральное направление развития робототехники будет связано с интеллектом роботов, с их развитием на основе когнитивных технологий.

И здесь есть большая перспектива для прикладной науки России и её промышленности. В ситуации, когда уже не хватает высококвалифицированных рабочих, а также на множество пустующих мест приходится приглашать мигрантов, естественно брать «умением, а не числом». Кроме того, уже достигнут достаточно высокий уровень научных разработок, есть научные школы в сфере робототехники, есть довольно большой опыт (в частности связанный с гибкими автоматизированными производствами), имеется достаточно большой потенциал в сфере когнитивных наук. Да и поезд технологического развития в этой области (в отличие от многих других) ещё не ушел.

Чтобы планы модернизации России, о которых сейчас много говорят, не остались на бумаге, в ближайшее время надо будет выбирать вектор развития и несколько локомотивных отраслей VI технологического уклада. Робототехника, опирающаяся на когнитивные технологии, решающая очень важные задачи российской техносферы и большой внешнеэкономический потенциал – одна из перспектив и реальных возможностей.

Но может быть мы преувеличиваем значение когнитивных технологий в развитии России и мира. Сейчас появились веские основания думать что нет. Остановимся на них более подробно.

В 1960-е годы были популярны эмпирические законы различных типов, характеризующие наблюдаемые закономерности в жизни общества, в науке, в технологиях. Об одном из них – законе Мура – мы уже упоминали.

Другая зависимость, которая тогда обсуждалась учеными, касается развития науки. По оценке ученых того времени стоимость науки как социального института, как «машины для производства знаний» пропорциональна квадрату числа ученых  $N^2$ . В то же время прирост новых знаний, получаемых научным сообществом, пропорционален  $N^{1/2}$ . На этом основании делались далеко идущие выводы об ограниченности перспектив экстенсивного развития науки, о неизбежном падении её влияния в обществе, о близости качественных сдвигов в развитии научного знания. Прошедшие с тех времен полвека подтвердили сделанные прогнозы.

Новые горизонты, связанные с когнитивными технологиями, дают глобальные компьютерные сети, виртуальные организации, «электронное правительство», «электронная демократия», социальные сети и т.д.

Число и тип связей определяют и возможности мозга, и эффективность компьютерных инфраструктур, и влияние социальных и иных сетевых сообществ. Принимая это во внимание на взлет «новой экономики» в США, в основе которой лежал информационно-телекоммуникационный комплекс, в ряде других стран капитализацию интернет-компаний оценивали как число связей, пропорциональное  $QN^2$ , где  $N$  – число связываемых узлов. Этот механистический взгляд игнорирует специфику когнитивных систем, процессов и, соответственно, возникающей инфраструктуры.

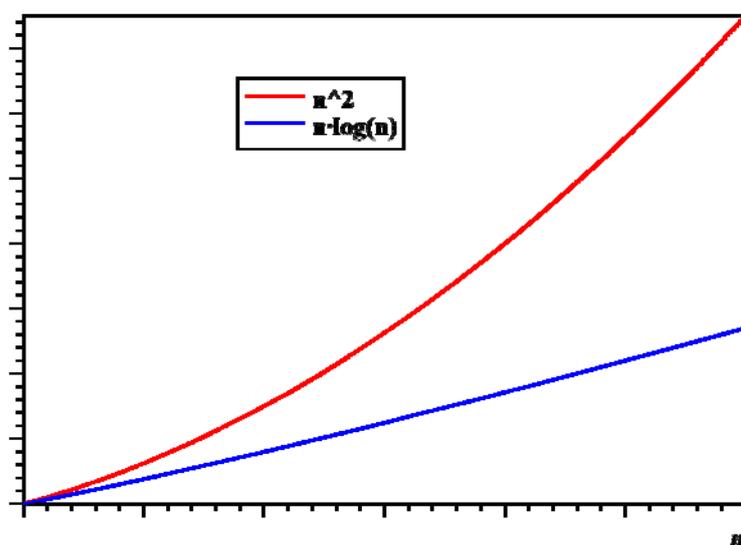


Рис. 5. Сравнение очевидного квадратичного закона роста числа связей, на который рассчитывали в «новой экономике» и того, которые реализовывался в ходе ее развития

Однако кризис новой экономики заставил отказаться от этих заблуждений. Число связей  $M$ , как оказалось растет по закону  $M \approx N \ln N$ . Объяснение «на пальцах» этой зависимости достаточно просто. У большинства узлов нет возможности иметь слишком много связей, они вынуждены выбирать наиболее важные и ценные. Именно по этому пути происходит самоорганизация в сетевых структурах. С другой стороны, важно, чтобы «пройти» от одного узла к другому можно было достаточно быстро. При этом возникает феномен «малых миров», на который обратили внимание социологи. Оказалось каждый житель Земли связан с каждым не более, чем через 6 рукопожатий. Возникает некая иерархия в сети, напоминающая авиационную инфраструктуру. множество мелких аэропортов связаны с крупным – хабом. Хаб, в свою очередь, имеют множество взаимосвязей друг с другом. И именно такая структура на практике оказалась наиболее удобной.

Иными словами, специфика когнитивных инфраструктур приводит к тому, что вместо  $Q$  связей можно обойтись  $M$ . Иными словами «когнитивный фактор  $\xi = M/Q = N \ln N / N^2 = \ln N / N$  показывает, что «умные структуры», складывающиеся в информационном пространстве дают тем больший выигрыш (по сравнению с очевидной стратегией «все со всеми»), чем больше число узлов  $N$  они связывают (см. рис.5). (Чем меньше значение  $\xi$ , тем больше эффект, тем более «умная» структура возникает).

Вероятно, если бы такие соображения были известны на этапе роста «новой экономики», то развитие этой группы отраслей было бы более устойчивым,

а соответствующие экономические стратегии более осторожными и взвешенными.

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 всё 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 ещё более острой.

Хочется надеяться, что исследователями, инженерами, руководителями, обществом в целом когнитивный вызов будет быстро осознан. От этого многое зависит.

### 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. *Катица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего/ 3-е издание. – 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.Коротаев. – М.: ЛИБРОКОМ, 2008. С.49-77.
5. *Лем С.* Сумма технологии/ Собр. соч. Т.13 (дополнительный). – 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./ Изд.3. – 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. Седелника 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/ Перевод с англ. /Изд.3/ 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/ Изд. 2/ 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/ Изд. 3-е, доп. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 304 с.

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

18. *Любимский Э.З.* На пути к построению общества программ// Программирование. 2009, №1, с.4-9.

19. *Волков О.Г.* Требования работодателей и государственный стандарт профессионального образования. Методическое эссе-пособие. – Чебоксары, 2009.

20. *Цетлин М.Л.* Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. – М.: Наука, 1969. – 316 с.

21. *Кун Т.* Структура научных революций. – М.: АСТ, 2009. – 320 с.

22. *Мао В.* Современная криптография. Теория и практика. – М.: Вильямс, 2005. – 768 с.

23. *Редько В.Г.* Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики/ Изд.4/ Синергетика: от прошлого к будущему. – М.: КомКнига, 2006. – 224 с.

24. *Платонов А.К.* Проблемы и перспективы робототехники// Будущее прикладной математики. Лекции для молодых исследователей/ Под. ред. Г.Г.Малинецкого. – М.: Эдиториал УРСС, 2005. С.315-342.

25. *Малинецкий Г.Г., Митин Н.А.* и др. Экспериментальный стенд Комплексной системы научного мониторинга. Структура и функции. – М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2007. Препринт №47.

26. *Антипов В.И., Десятов И.В.* и др. Центр внедрения технологий социально-экономического планирования в России и прогнозирования мировой динамики. – М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2009. Препринт №10.