

Общероссийский математический портал

В. Г. Редько, Прологомены к теории происхождения мышления, *ИТuBC*, 2004, выпуск 2, 106–112

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.82

8 февраля 2025 г., 15:34:23



Пролегомены к теории происхождения мышления*

В.Г. Редько

Предисловие

Данные заметки были написаны в 2002 году, сразу после 4-й Всероссийской научно-технической конференции "Нейроинформатика-2002" (Москва, МИФИ, январь, 2002). На этой конференции мы с А.И. Самариним и Ю.В. Тюменцевым проводили круглый стол "Проблемы интеллектуального управления - общесистемные, эволюционные и нейросетевые аспекты". Круглый стол проводился в три тура: заочный предварительный - активная Интернет-дискуссия перед конференцией; очный - обсуждение на самой конференции; итоговый заочный - отбор материалов дискуссии для публикации в сборнике трудов конференции. При этом заочные туры мы провели вполне удачно, а очный тур прошел несколько скромно - не хватило времени для обсуждения всех возникших вопросов. И в пылу дискуссии, точнее сразу после очного тура круглого стола мне захотелось высказаться о наиболее волнующей меня научной проблеме - проблеме происхождения интеллекта человека. В результате возникли данные заметки.

Эти заметки имеют явно дискуссионный характер, в какой-то степени даже характер провоцирующей дискуссии, и я не стал включать их в сборник трудов конференции по материалам круглого стола (они были представлены только

на Интернет-сайте круглого стола). Но прошло два года, и как мне видится теперь, высказанные в них идеи "не блекнут" с течением времени и заслуживают публикации. Первоначальный текст заметок оставлен неизменным, только уточнены некоторые ссылки, в частности, добавлена ссылка на материалы дискуссии конференции "Нейроинформатика-2002".

О термине "пролегомены"

Когда И. Кант написал свою знаменитую "Критику чистого разума" (1781 г.) [1], то он ожидал, что с ним будут спорить, его будут критиковать, ругать или, наоборот, соглашаться с ним. Но ожидаемого им отклика не было, не было ни возражений, ни одобрений, а все жаловались на трудность понимания этого сочинения. И тогда Кант написал небольшую брошюру "Пролегомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука" (1783 г.) [2], в которой популярно растолковал свою позицию (термин "пролегомены" означает предварительные рассуждения, введение в изучение). Автор этих строк далеко не претендует на труднодоступные для понимания современников теории, тем не менее, данные заметки лучше всего называть пролегомены.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 04-01-00179).

Сверхзадача

Основная проблема, которая меня волнует, - это проблема применимости человеческого мышления в научном познании и связанная с ней проблема эволюционного происхождения мышления. Не хочу особенно акцентировать внимание на термине "мышление". Примерно с равным успехом можно было бы использовать вместо термина "мышление" термины "интеллект", "логика", "логика человеческого мышления", можно было бы пытаться уточнить эти термины. Но пока будем воспринимать эти термины достаточно интуитивно, при этом для определенности остановимся на термине "мышление".

Итак, в чем проблема?

Существует наука. Наука - это познание природы. Но способен ли человек познавать законы природы?

Рассмотрим физику, наиболее фундаментальную из естественнонаучных дисциплин. Мощь физики связана с эффективным применением математики. Но математик строит свои теории совсем независимо от внешнего мира, используя свое мышление (в тиши кабинета, лежа на диване, в изолированной камере...). Почему же результаты, получаемые математиком, применимы к реальной природе?

Можно ли конструктивно подойти к решению этих вопросов? На мой взгляд, да. По крайней мере, можно попытаться это сделать. Почему я отвечаю положительно на этот вопрос? А давайте попробуем рассуждать следующим образом.

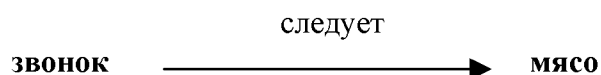
Рассмотрим одно из элементарных правил, которое использует математик в логических заключениях, правило *modus ponens*: "если имеет место А, и из А следует В, то имеет место В", или $\{A, A \rightarrow B\} \Rightarrow B$.

А теперь перейдем от математика к собаке И.П. Павлова. Пусть у собаки вырабатывают условный рефлекс, в результате в памяти собаки формируется связь "за УС должен последовать БС" (УС - условный стимул, БС - безусловный стимул). И когда после выработки рефлекса собаке предъявляют УС, то она, помня о хранящейся в ее памяти "записи": УС \rightarrow БС, делает элементарный "вывод" $\{УС, УС \rightarrow БС\} \Rightarrow БС$.

И у собаки, ожидающей БС (скажем, кусок мяса), начинают течь слюнки.

Конечно, применение правила *modus ponens* (чисто дедуктивное) математиком и индуктивный "вывод", который делает собака, явно различаются. Но можем мы ли думать об эволюционных корнях логических правил, используемых в математике? Да, вполне можем - умозаключение математика и "индуктивный вывод" собаки качественно аналогичны.

Мы можем пойти и дальше - можем представить, что в памяти собаки есть семантическая сеть, сеть связей между понятиями, образами. Например, мы можем представить, что у собаки есть понятия "пища", "опасность", "другая собака". С понятием "пища" могут быть связаны понятия "мясо", "косточка". При выработке пищевого условного рефлекса, например, на звонок (скажем, УС = "звонок", БС = "мясо") у собаки формируется семантическая связь примерно такого вида:



Можно далее представить процессы формирования разнообразных семантических сетей в процессе жизни собаки и накопления жизненного опыта. Такие семантические сети, формируемые в памяти собаки, по-видимому, аналогичны семантическим сетям, исследуемым разработчиками искусственного интеллекта [3].

Итак, мы можем думать над эволюционными корнями логики, мышления, интеллекта. И более того, было бы очень интересно попытаться строить модели эволюционного происхождения мышления.

Но прежде чем перейти к построению моделей, давайте посмотрим, кто еще думал над близкими вопросами. Проследим цепочку: Д. Юм \rightarrow И. Кант \rightarrow К. Лоренц.

Д. Юм \rightarrow И. Кант \rightarrow К. Лоренц

В "Исследовании о человеческом познании" (1748) Давид Юм подверг сомнению понятие причинной связи [4]. Он задался вопросом: почему, когда мы видим, что за одним явлением А

постоянно следует другое В, мы приходим к выводу, что А является причиной В? Например, когда мы многократно наблюдаем, что Солнце освещает камень, и камень нагревается, то мы говорим, что солнечный свет есть причина нагревания камня.

Фактически Юм задался вопросом: что нас заставляет делать выводы о происходящих в природе явлениях? Что лежит в основе этих выводов? Юм попытался понять, откуда мы берем основание заключать, что А есть причина В. Он посмотрел на этот вопрос, как он пишет, со всех сторон и не нашел никакого другого основания, кроме некоторого внутреннего чувства привычки. То есть существует какое-то наше внутреннее свойство, которое заставляет нас утверждать, что если за А постоянно следует В, то А есть причина В. И после того, как мы сделали такое умозаключение, внутреннее чувство заставляет нас при виде события А ожидать, что за А вновь последует и событие В.

Юм взглянул на наш познавательный процесс со стороны, извне. Он как бы вышел на некий мета-уровень рассмотрения наших собственных познавательных процессов и задался вопросом, откуда взялись эти познавательные процессы и почему они работают. Острота сомнений Юма была в том, что он задался вопросом о принципиальной способности человека познавать мир.

Остроту сомнений Юма очень хорошо почувствовал Иммануил Кант. Но Кант также видел мощь и силу современной ему науки. Тогда уже существовала глубокая, серьезная и развитая математика, мощная Ньютоновская физика, дающая картину мира, позволяющая объяснить множество явлений на основе немногих четких предположений, использующая многозвенные и сильные математические дедуктивные выводы. Что было делать Канту? Подвергнуть сомнению все эти познавательные процессы и, развивая сомнения Юма дальше, отвергнуть всю науку? Ведь на самом деле - драма!

Кант не стал отвергать современную ему науку, а постарался разобраться, как же работают процессы познания. В результате появились "Критика чистого разума" и "Пролегомены ко

всякой будущей метафизике, могущей появиться, как наука". Кант провел исследование познавательных процессов в определенном приближении - приближении фиксированного мышления взрослого человека. Он не задавался вопросом, откуда берутся познавательные способности, он просто констатировал факт, что они существуют, и исследовал, как они работают. В результате этого анализа Кант пришел к выводу, что существует система категорий, концепций, логических правил и методов вывода (таких, как заключения относительно причинных связей между событиями), которые используются в познании природы. Эта система "чистого разума" имеет априорный характер - она существует в нашем сознании прежде всякого опыта - и является основой научного познания природы.

Естественно, что приближение фиксированного мышления человека наложило свой отпечаток: Кант утверждает - и вполне логично (!) - что так как "чистый разум" априорен, то наш рассудок в познавательном процессе предписывает свои законы природе: "... хотя в начале это звучит странно, но, тем не менее, верно, если я скажу: рассудок не черпает свои законы (a priori) из природы, а предписывает их ей" [2].

Наверно, во времена Канта было разумно ограничиться приближением фиксированного мышления взрослого человека - все сразу не охватишь. Кроме того, не было еще теории Чарльза Дарвина. Думаю, что если бы Кант знал теорию происхождения видов, то он явно бы задумался об эволюционном происхождении "чистого разума". Тем более, что эволюционные идеи ему были не чужды - я имею в виду его теорию происхождения Солнечной системы. Но приближение фиксированного мышления взрослого человека накладывает свои ограничения - оно не позволяет ответить на вопросы - откуда же взялись познавательные способности, познаем ли мы истинные законы природы или наш рассудок "предписывает их ей". Фактически Кант ушел от наиболее острой части вопроса, поставленного Юмом - он не задавался вопросом, откуда взялся "чистый разум", а только тщательно и детально исследовал свойства "чистого разума" и применение его в научном познании.

Естественно, что после появления теории происхождения видов Дарвина должна была произойти ревизия концепции априорного "чистого разума". И она произошла. Очень четко ее выразил Конрад Лоренц в знаменитой статье "Кантовская доктрина априорного в свете современной биологии" [5]. Согласно Лоренцу, кантовские априорные категории и другие формы "чистого разума" произошли в результате естественного отбора: "Наши категории и формы восприятия, данные до индивидуального опыта, адаптированы к внешнему миру точно по той же причине, по какой копыто лошади адаптировано к почве степи и плавник рыбы адаптирован к воде до того, как рыба вылупится из икринки" [5].

Это значит, что составляющие "чистого разума" возникали постепенно в процессе эволюции, в результате многочисленных взаимодействий с внешним миром. В эволюционном контексте "чистый разум" совсем не априорен, а имеет явные эволюционные эмпирические корни.

Но это - только общая критика позиции Канта, которая только намекает, как подойти к решению проблемы, поставленной Юмом, но далеко не решает эту проблему.

Немного о взглядах современных философов

Есть такое направление в современной философии - эволюционная эпистемология, два основных тезиса которой состоят в следующем (цитирую работу Карла Поппера, которая так и называется "Эволюционная эпистемология") [6]:

"Первый тезис. Специфически человеческая способность познавать, как и способность производить научное знание, являются результатами естественного отбора. Они тесно связаны с эволюцией специфически человеческого языка".

"Второй тезис. Эволюция научного знания представляет собой в основном эволюцию в направлении построения все лучших и лучших теорий. Это - дарвинистский процесс. Теории становятся лучше приспособленными благодаря естественному отбору. Они дают нам все лучшую и лучшую информацию о действительности. (Они все больше и больше приближаются к

истине.) Все организмы - решатели проблем: проблемы рождаются вместе с возникновением жизни".

Причем первый тезис считается почти тривиальным, а второй - разворачивается и всесторонне исследуется, т.е. эволюционная эпистемология занимается изучением того, каковы познавательные процессы и насколько их можно сопоставить с процессами накопления информации в процессе эволюции. Но она практически не занимается изучением эволюционного происхождения познавательных способностей человека.

В какой-то степени этим занимается философское направление, которое можно назвать исследованием когнитивной эволюции. Есть хорошая книга И.П. Меркулова (1999 г.) на эту тему, которая называется "Когнитивная эволюция" [7]. Предмет этой книги частично совпадает с известным "Феноменом науки" В.Ф. Турчина [8]. Особое внимание в книге [7] уделяется анализу процесса формирования логического мышления на этапах перехода от примитивного мышления первобытных племен к формальному логическому (от племен охотников до Аристотеля).

Но в работах философов не ощущается понимания остроты вопроса о принципиальной способности человека познавать мир, о том, почему с помощью нашей человеческой логики, нашего человеческого мышления, нашего интеллекта, нашего "чистого разума" мы способны познавать природу. Я читал множество статей в "Вопросах философии". Но нигде не видел именно такой постановки проблемы, не говоря уже о конструктивных подходах к ее решению. Как правило, много говорится о том, каковы методы познания, формализуются эти методы, отмечается, как трудно формализовать все их особенности, но нигде не ставится задача - разобраться в том, почему они применимы в принципе. Нет прямо такой постановки проблемы ни в "Феномене науки" Турчина, ни в "Когнитивной эволюции" Меркулова. Хотя, конечно, в обеих книгах есть очень хорошие подходы к исследованию эволюционного происхождения познавательных способностей человека.

А на самом деле ведь есть драма! Примерно такая же, какую, возможно, ощутил И. Кант пе-

ред "Критикой чистого разума". Надо либо подвергнуть сомнению все научные знания, полученные с помощью человеческого мышления, в котором можно сомневаться, либо заняться обоснованием самого мышления. На мой взгляд, чтобы подойти к решению проблемы, необходимо исследовать биологические корни наших познавательных способностей и постараться разобраться, почему эти способности возникли, и почему в процессе их эволюционного возникновения появилась возможность познания природы. И наиболее четкий путь такого исследования - построение математических и компьютерных моделей когнитивной эволюции. Хотелось бы с помощью моделей представить общую картину эволюции когнитивных способностей животных и эволюционного происхождения интеллекта человека. Причем здесь, как это ни удивительно, можно поставить "неестественную" науку - эпистемологию - на твердую естественно-научную почву.

Подходы к моделированию эволюционного происхождения мышления

Отметим два важных понятия, которые можно использовать при анализе когнитивной эволюции: модель и предсказание. Здесь (в этом и следующих трех абзацах) я, следуя В.Ф. Турчину [8], под моделями понимаю те модели, которые формируются в "базе знаний" животных и на основе которых делается предсказание, позволяющее животным предвидеть будущие ситуации и адекватно использовать прогноз для принятия решений в постоянно меняющемся внешнем мире. Смысловое содержание моделей может быть охарактеризовано уже отмеченным термином "семантическая сеть", которую можно характеризовать как сеть внутренних понятий, сформированных в "базе знаний" животного, объединенных в структуры посредством смысловых связей между этими понятиями. Семантические сети и модели внешнего мира постоянно совершенствуются в результате обучения.

Здесь обратим внимание на аналогию выработки условного рефлекса с процессом формирования связи между причиной и следствием,

обсуждавшимся Д. Юмом [4]. Как отмечал Юм, у нас есть некоторое внутреннее чувство, заставляющее нас после множества наблюдений последовательной пары событий А и В делать вывод о том, что первое событие А есть причина второго В. Можно полагать, что и при выработке условного рефлекса у животного есть внутреннее чувство, которое заставляет его формировать в его семантической сети долговременную связь между узлами "условный стимул" (событие А) и "безусловный стимул" (событие В). Можно даже попытаться выявить материальный субстрат этого внутреннего чувства - "чувства причинности" - в нервной системе животных. Интуитивно чувствуется, что формирование таких связей между причиной и следствием должно обеспечить способность делать предсказания и строить модели внешнего мира.

Итак, мы можем использовать понятие "модель" для характеристики моделей ситуаций и общей модели внешнего мира, которые существуют в "базе знаний" животного. Эти модели используются животными для прогнозирования ситуаций, результатов действий, для адекватного управления своим поведением.

Человек, естественно, тоже имеет свои модели ситуаций и модели, характеризующие его общие представления о внешнем мире. Более того, общая научная картина мира - создаваемая всем международным научным сообществом - также может рассматриваться как совокупность моделей. Наиболее четкие и общие из этих моделей мы называем законами природы - например, закон всемирного тяготения или законы электродинамики, описываемые уравнениями Максвелла. Используя научные модели, мы можем делать предсказания будущих событий во внешнем мире. Часто эти модели настолько абстрактны, что они трудно воспринимаются нашей интуицией - например, модели квантовой механики. Таким образом, используя понятие "модель" и анализируя способы формирования моделей и методы использования моделей, мы можем попытаться проследить эволюцию познавательных способностей на разных ступенях эволюции: от условного рефлекса до процессов научного познания.

Таким образом, очерчены общие концептуальные подходы к построению теории происхождения мышления. Как же строить конкретные модели? Каковы методы их построения?

Трудно говорить заранее, какие модели были бы наиболее эффективны. По-видимому, далеко не обязательно воспроизводить сам эволюционный процесс, т.е. моделировать генотип и фенотип организма, мутации, кроссинговер, естественный отбор. Скорее, было бы разумно строить отдельные модели "интеллектуальных изобретений" биологической эволюции разного уровня интеллекта (скажем, модель "интеллектуального" поведения бактерии, модель поведения моллюска, модель типичного поведения собаки), которые были бы как отдельные куски мяса нанизаны на единый "эволюционный шампур". Не обязательно также привязываться к конкретной микроскопической элементной базе (конкретным нейронам, конкретным молекулярным механизмам обработки информации). Скорее, более важно получить общую картину, общую схему эволюционного прогресса познавательных способностей биологических организмов.

Приведем образцы моделей и схем моделей, "на которые можно равняться" или от которых можно отталкиваться (список явно неполный, но он иллюстрирует общий подход к моделированию):

- проект модели "Животное", разработанный М.М. Бонгардом с сотрудниками [9];

- модели привыкания и условных рефлексов [10,11], разрабатываемые исследователями адаптивного поведения, анимат-направления [12,13];

- схема модели "мышления", предложенная М.Н. Вайнцвагом и М.П. Поляковой [14];

- проект "Мозг Анимата" [15,16] - попытка разработать архитектуры и модели системы интеллектуального управления поведением анимата (модельного животного) на основе теории функциональных систем П.К. Анохина [17].

В заключение отметим потенциальное прикладное значение разработки моделей когнитивной эволюции.

Есть прикладное направление исследований Искусственный интеллект (ИИ). Судьба при-

кладных разработок зависит от наличия достаточно серьезного научного фундамента, на котором базируются такие разработки. Например, научной базой развития микроэлектроники во второй половине 20-го века была физика твердого тела. При этом для физиков чисто научные исследования твердого тела были интересны практически независимо от применения их исследований, в результате чего научная основа микроэлектроники интенсивно развивалась. И результаты микроэлектроники, как наукоемкой технологии, впечатляющи - микроэлектроника сейчас есть повсюду.

Моделирование когнитивной эволюции чрезвычайно интересно и важно с точки зрения научного миропонимания. Следовательно, можно ожидать, что такие исследования, которые предоставили бы картину возникновения и эволюционного формирования естественного интеллекта, будут очень интересны для ученых. Но эти исследования могли бы служить научной основой разработок систем ИИ, что привело бы к взаимному обогащению фундаментальных и прикладных исследований природы интеллекта.

Автор благодарен Л.Б. Литинскому, И.П. Муравьеву, О.Ю. Орлову, В.Ф. Турчину и А.А. Фролову за дискуссии, стимулировавшие написание настоящих заметок.

Литература

1. Кант И. Критика чистого разума. Соч. в 6-ти томах. Т.3. М.: Мысль, 1964. С. 69-695.
2. Кант И. Прологомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука. Соч. в 6-ти томах. Т.4, часть 1. М.: Мысль, 1965. С. 67-210.
3. Lehmann, Fritz, ed. Semantic Networks in Artificial Intelligence, Pergamon Press, Oxford, 1992.
4. Юм Д. Исследование о человеческом познании. Соч. в 2-х томах. Т.2. М.: Мысль, 1966. С. 5-169.
5. Lorenz K. Kant's doctrine of the a priori in the light of contemporary biology (1941) // In: ed. Plotkin H., Learning, Development and Culture. N.Y. 1982.
6. Поппер К. Эволюционная эпистемология // Сб. "Эволюционная эпистемология и логика социальных наук: Карл Поппер и его критики". Составление Д.Г. Жахути, В.Н. Садовского, В.К. Финна. М.: Эдиториал УРСС, 2000.
7. Меркулов И.П. Когнитивная эволюция. М. Наука, 1999.
8. Турчин В.Ф. Феномен науки. Кибернетический подход к эволюции. М.: Наука, 1993. 295с. (1-е изд.). М.: ЭТС, 2000. 368с (2-е изд.).

9. Бонгард М.М., Лосев И.С., Смирнов М.С. Проект модели организации поведения - "Животное" // Моделирование обучения и поведения. М.: Наука, 1975. С.152-171.
10. Staddon J. E. R. On rate-sensitive habituation // *Adaptive Behavior*. 1993. Vol. 1. N. 4. PP. 421-436.
11. Klopff A. H., Morgan J. S., Weaver S. E. A hierarchical network of control systems that learn: modeling nervous system function during classical and instrumental conditioning // *Adaptive Behavior*. 1993. Vol. 1. N. 3. PP. 263-319.
12. Meyer J.-A., Wilson S. W. (Eds) From animals to animats. Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior. - The MIT Press: Cambridge, Massachusetts, London, England, 1990.
13. Редько В.Г. Модели адаптивного поведения - естественнонаучный подход к развитию информационных технологий // Информационные технологии и вычислительные системы. 2004, N. 1.
14. Вайнцвайг М.Н., Полякова М.П. О моделировании мышления // IV Всероссийская научно-техническая конференция "Нейроинформатика-2002". Материалы дискуссии "Проблемы интеллектуального управления - общесистемные, эволюционные и нейросетевые аспекты". М.: МИФИ, 2003. С. 77-85.
15. Анохин К.В., Бурцев М.С., Зарайская И.Ю., Лукашев А.О., Редько В.Г. Проект "Мозг анимата": разработка модели адаптивного поведения на основе теории функциональных систем // Восьмая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. Труды конференции. М.: Физматлит, 2002. Т.2. С.781-789.
16. Red'ko V.G., Prokhorov D.V., Burtsev M.S. Theory of Functional Systems, Adaptive Critics and Neural Networks // *International Joint Conference on Neural Networks, 2004* (In press).
17. Анохин П.К. Системные механизмы высшей нервной деятельности. М.: Наука, 1979. 453 с.
18. IV Всероссийская научно-техническая конференция "Нейроинформатика-2002". Материалы дискуссии "Проблемы интеллектуального управления - общесистемные, эволюционные и нейросетевые аспекты". М.: МИФИ, 2003. 192 с. <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/RT/Papers.htm>, <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/Letters/Letters.htm>

Редько Владимир Георгиевич. Родился в 1947 году. Окончил Московский физико-технический институт в 1971 году. Доктор физико-математических наук. Автор более 100 научных публикаций, в том числе одной монографии. Область научных интересов: проблема происхождения интеллекта человека, эволюционная кибернетика, модели адаптивного поведения, нейроинформатика. Специалист в области моделирования биологических информационных и кибернетических систем. Заместитель директора по науке Института оптико-нейронных технологий РАН.

НОВЫЕ КНИГИ

СИНЕРГЕТИКА И ИНФОРМАЦИЯ. Динамическая теория информации

Д.С.Чернавский

2-е изд. - М.: Изд-во "Едиторнал УРСС". 2004. - 287с.

В книге рассматриваются математические и методологические аспекты синергетики, или теории самоорганизации в смысле возникновения новых свойств у целого, состоящего из взаимодействующих объектов. Книга является уникальной монографией, отражающей взгляды автора на целый ряд проблем, связанных с теорией информации и динамических систем. Широта рассматриваемых в книге вопросов огромна - от общих понятий информации, ее количества, ценности и моделей генерации до обсуждения информационных процессов в биологии. При этом рассматриваются проблемы развития жизни и ее биологической эволюции, развития организма и свойства процесса мышления.

Очень важным аспектом синергетики является возможность ее применения для прогнозирования развития сложных систем, обеспечивающая переход от системного анализа к системному синтезу и моделированию. Отдельный интерес представляет глава об информационной сущности денег. На первый взгляд она кажется вставной, однако с учетом предыдущих работ автора в этой области, не изменяя строгой научности и доказательности, эта глава показывает, насколько широко возможности синергетики уже на современном, достаточно раннем этапе ее развития. Книга использует серьезный математический аппарат, но это не делает ее сложной для чтения и в то же время доказывает серьезность выводов автора.

В заключение хочу сказать, что хотя книга увлекательна и интересна для широкого круга читателей, было бы прекрасно, если бы эту книгу прочли руководители нашей науки, образования, промышленности и, особенно, экономики, ибо только профессиональное знание и применение законов управления, научное моделирование и прогнозирование могут обеспечить успешное функционирование и жизнедеятельность систем.

Доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники РФ

Н.Л.Прохоров