

*СИНЕРГЕТИКА
И
ПСИХОЛОГИЯ*

ТЕКСТЫ

Выпуск 3
Когнитивные процессы

Под редакцией В.И. Аршинова, И.Н. Трофимовой,
В.М. Шендрина

Москва
«Когито-Центр»
2004

УДК 159.9
ББК 88
С 38

Книга издана при финансовой поддержке
Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ)
грант № 02-03-16107д

С 38 Синергетика и психология: Тексты. Выпуск 3: Когнитивные процессы / Под ред. В. И. Арешкина, И. Н. Трофимовой, В. М. Шенданина. – М., «Когито-Центр», 2004. – 416 с.

УДК 159.9
ББК 88

Выпуск 3 посвящен наиболее интересным работам как зарубежных, так и отечественных исследователей в области когнитивных процессов. Когнитивные процессы представлены с многих точек зрения: от наиболее общих философских до вполне конкретных психологических и физиологических. Примерно половина статей этого сборника впервые переведены, а некоторые даже впервые опубликованы в этой издании. Каждая статья сопровождается фотографией и биографической страничкой об авторе. Книга поможет студентам, ученикам и специалистам соответствующих специальностей освоить применение принципов нелинейной динамики в психологии и практической разработке интеллектуальных автономных роботов новых поколений.

ISBN 5-89553-131-0

© Шенданин В. М., Трофимова И. Н.
(Составители)
© «Когито-Центр», 2004

Содержание

<i>Когнитивные процессы в синергетическом представлении (от редакторов)</i>	<i>5</i>
РАЗДЕЛ 1 СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОЗНАНИЯ.....	11
<i>У. Дэ. Фурман. Динамика мозга и восприятие и сознание: творческая роль хаоса</i>	<i>13</i>
<i>Е.Н. Киселева. Методы нелинейной динамики в когнитивной науке.....</i>	<i>29</i>
<i>Алан Коубс. Сознание: Хаотическое и странно-аттракторное</i>	<i>49</i>
<i>И.Н. Трофимова. Синергия динамики тела и восприятия мира</i>	<i>61</i>
<i>В.И. Аршинов, В.Г. Буданов. Синергетика достижения словного</i>	<i>82</i>
РАЗДЕЛ 2 МОДЕЛИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ..	127
<i>Г. Ханен, Дж. Португаль. Синергетика, мультислойные нейронные сети и когнитивные карты</i>	<i>129</i>
<i>В.Г. Рядко. Эволюция когнитивных способностей животных и проблемы интеллектуального управления</i>	<i>153</i>
<i>А.И. Самарин. Модель аддитивного поведения мобильного робота, реализованная с использованием идей самоорганизации нейронной структуры.....</i>	<i>182</i>
<i>В.А. Никонярац. Как животные решают глобо формулируемые задачи поиска.....</i>	<i>197</i>

<i>Р. Мюллер, Х.-М. Гросс. Обнаружение совпадений и генерация гипотез — алгебраическая функция корм головного мозга</i>	210
<i>Р. Мюллер, Х.-М. Гросс. Восприятие через антагонизацию</i>	218
<i>А. Сит. Возможности выбора действия и избыточного внимания без действий, внимания и выбора</i>	225
<i>В. Сулик. Эффект андурированной глобальной синхронизации ответов (TIGoRS) при распознавании стимулов</i>	244
<i>Ян Стюарт, П.А. Паретой. Применение теории катастроф для моделирования в психологии</i>	261
РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ	299
<i>П.К. Ахшиев. Философский смысл проблемы естественного и искусственного интеллекта</i>	301
<i>Е. Н. Соколов. Принципы векторного кодирования в психофизиологии</i>	320
<i>Е.Н. Соколов. Нейроанкерный потенциал в когнитивных процессах</i>	336
<i>Ю.И. Александров. Теория функциональных систем и системы психофизиологии</i>	351
<i>Е.Н. Кизина, С.П. Курдюков. Антропный принцип в сверхзадаче</i>	391

Когнитивные процессы в синергетическом представлении (от редакторов)

Когнитивные процессы — внимание, восприятие, мышление, память — повали в пик почти одновременно буквально с разделением психологии как науки, однако в последние 40 лет внимание к ним стало парить просто в геометрической прогрессии. Возникло самостоятельное направление — «когнитивная психология», которое даже потеснило «общепсихологию» в зарубежных университетах и занимает там ведущее место наравне с классической и сравнительной психологией.

Такое развитие событий не в последнюю очередь связано с тем, что психологи в разных странах стали приходить к одному и тому же выводу: чем больше мы стараемся познать, как же устроен тот или иной когнитивный процесс (например, внимание) и чем он отличается от других — тем больше мы вынуждены задействовать знания о других процессах (восприятие, память и т.д.). Все они оказались настолько интегрированы друг с другом, что традиционные разрыв в исследовании каждого из этих процессов как объекта психологии просто «разрываются» на глазах, несмотря на то, что немало умных суеверий в них удержаться и изучают классифицируют проблемы внимания или памяти.

Когнитивные процессы не могли не вызвать, конечно же, живой интерес у математиков, которые, всегда занятые думаньем, слушают психологов, не веря, правда, ни одному слову о независимости математической формализации этих процессов.

Большой эффект произвела работа по Искусственному Интеллекту (ИИ), проведенная Саймоном (Simon, 1959) и Холландом (Holland, 1986), которые построили компьютерного «проверителя», с программой обучения, основанной на адаптации к задаче в виде «стационарного сбора». Программа позволяла компьютеру «накапливать опыт» и находить оптимальные решения на его основе. Это выглядело очень интуитивно.

Примечательно, что многие не только математики, но и когнитивные психологи верят, что алгоритмов адаптации и оптимизации вполне достаточно, чтобы отобразить процессы сознания. Например, когда на конференции «Сложные системы» в 1997 году Саймон¹ был задан вопрос,

¹ Г. Саймон, совместно с А. Ньюэллом и Дж. Шору создали ряд известных моделей мышления, в том числе «Универсальной Решатель проблемы», «Логик-теоретик», проложившие путь к современным анализам процесса автором Нобелевскую премию (Simon, Newell, 1975).

ведит ли он к каким-то ограничениям применения таких «физически-реализованных наук, как сверхтеория, нелинейная динамика, теория сложных систем, теория хаоса и т.д. — в психологии. Есть ли в психологии какое-либо более сложное системное качество, которое может помешать этому применению и в принципе моделированию? На этот вопрос был получен однозначный ответ — нет, не существует никаких ограничений. Более приемлемо пояснение Саймона: не существует никаких ограничений, поскольку «они все уже все смоделированы, и оно работает».

Саймон и коллеги предали, безмерно, большую работу. Они были одними из первых, кто рискнул запустить работоспособную модель-определенных когнитивных процессов, и заодно это можно простить 78-летнему американцу его самоуверенность. Еще более важно, что такого рода модели показали слабые места в теориях когнитивных процессов, на которых основываются эти модели. Основным слабым местом этих моделей было то, что, вычислив их не ошибаться, они и не ошибались. Или они ошибались не там, где ошибается реальная психика. Реальные когнитивные процессы, оказываются гораздо эффективнее моделей, поскольку они недостаточно упорядочены, поскольку они систематически переходят в хаотические режимы, и имеют гораздо-больше альтернатив развития, чем это предполагается в старых моделях искусственного интеллекта. Другой особенностью реальной политической активности являлась контекстная зависимость, определяющая форму и ход развития этой активности, что получило отражение в отечественной теории деятельности и в так называемом экологическом подходе к психическим процессам, развитым Либманом и его последователями (Саймон, 1956, 1979).

Сейчас уже окончательно стало ясно, что принципиальной ошибкой когнитивных психологов, которые исследовали ментальные репрезентации входных стимулов сами по себе, и тех первооткрывателей ИИ, которые сводили когнитивные процессы к компьютерным вычислениям, и тех философов, которые их на это благославляли, было то, что все они рассматривали когнитивные процессы и их результаты как пассивную реакцию мозга человека на воздействия внешней среды. Такой подход к созданию ИИ был во многом сходен с попытками в начале XX века построить летательные аппараты только на основе знаний законов статистки, т.е. без учета законов газовой динамики. Как история создания авиации, так и история развития психологии, философии и робототехники показали полную бесплодность такого подхода. К чести всех этих наук они сами вышли вперед из сложившейся ситуации.

В настоящее время целый ряд ученых (в первую очередь сами разработчики ИИ, а также часть психологов и философов) пришел к выводу, что когнитивные способности животных и человека должны соотноситься с

не с мозгом, а с поведением, которое возникает в результате сопряжения организма, выделенного мозгом, с окружающей средой, в которой он живет. Поведение организма при этом возникает как результат динамики его взаимодействия с миром, и с нашей точки зрения (внезапно наблюдателей) лучше всего может быть понято как взаимодействие между двумя динамическими системами (агент и «все остальное», т.е. среда), соединенными друг с другом сенсорными и исполнительными механизмами.

Принципиально важно также учитывать, что агент является активным и с помощью своих исполнительных механизмов сам непрерывно влияет на то, что поступает из среды на его сенсоры. И если это влияние среды происходит быстрее, чем агент успевает выработать свои образы и моторные команды (а они всегда выработываются с задержкой), то уже нельзя считать, что мозг реагирует только на среду. Получается, что он реагирует на суммарный эффект среды и своих собственных действий на среду. Не пассивно отражает среду (тогда время его реакции лимитировалось бы только динамикой среды), а активно отражает среду (в тогда время его реакции лимитируется как динамикой среды, так и динамикой его исполнительных механизмов).

Именно эта способность принимать решения и действовать в реальном времени (т.е. адекватно изменению среды) продолжает отталкивать и в настоящее время естественный интеллект от его попыток не только неформализуемого искусственного собрать. Однако ИИ еще совсем недавно вообще представлялся всего лишь набором правил для получения логических выводов из входной информации. Процессом понимания интеллекта (психологами) и его разработки (математиками) все более тесно переплетается. И движущей силой этого единого процесса является осознание всеми его участниками необходимости динамического подхода к изучению интеллекта.

В связи с этим мы отобрали для настоящего сборника статьи, которые показывают современное представление о динамике, лежащей в основе когнитивных процессов. Не со всеми утверждениями авторов можно согласиться, однако цель данного сборника как раз и заключается в том, чтобы предоставить читателю поле для анализа и обсуждения современных способов формализации гуманитарного и естественно-научного знания.

Статья Фрэнсиса интересна тем, что автор не только анализирует «поведение» нейронов с точки зрения качественной динамики, но, используя собственную аргументацию, приходит к тем же выводам о существовании сенсорной предрасположенности, что и П.К. Азковин, предложивший нейробиологическую концепцию индуктора результатов (Азковин, 1975). Другую аналогию с выводами Фрэнсиса, а именно, что «образы памяти не «связываются и восстанавливаются» нервной системой, как это представляло

в компьютерных системах) можно провести в отношении когнитивной построения двойства, введенной Н.А. Бернштейном. Бернштейн в свое время подчеркивал, что ни одно действие не повторяется дважды, оно строится каждый раз заново, подобно стихийной поддержке уровня этого построения (Бернштейн, 1966).

Однако мы должны понимать, чем «двойно» и что знает американская и европейская психология. Поскольку работы Анюхина и Бернштейна не рецензировались на Западе, несмотря на некоторые их переводы, мы не можем обвинять западных ученых ни в игнорировании российской науки, ни в плагиате. Тем не менее, поддерживая международный научный диалог, нам необходимо апеллировать к важным современным идеям, развиваемым на Западе, не только используя российские термины, но и «говорить на языке западных ученых» также.

Одним из наиболее популярных направлений в моделировании восприятия, распознавания образов и даже обучения стали нейронные сети, которые появились в начале работы МакКуллока и Питса (McCulloch, Pitts, 1943). Одной из разновидностью нейронных сетей стали персептроны, содержащие несколько разных типов клеток, организованных в слое. Началом персептронам дали работы Розенблатта (Rosenblatt, 1962), а также Миньского и Паперта (Minsky, Papert, 1969).

В настоящее время подход, использующий моделирование с помощью нейронных сетей, либо с помощью других закономерностей работы нервных клеток стал настолько популярен (Ackley et al., 1983; Amari, 1988; Aitah, 1995; Clanchard et al., 1990; Garzavita, 1996; Grossberg, 1990), что получил статус науки — *neuroscience*, которая читается как самостоятельная курс в ведущих университетах мира или даже формирует отдельные кафедры на факультетах психологии, либо факультетах компьютерных наук. Внимательно мы включили работы, которые посвящены применению нейронных сетей для моделирования восприятия.

В сборнике также включена классическая работа Стюарта и Парсона, рисунок которой волею из одной публикации по теории катастроф в другой, и нам показались полезными для читателей, интересующихся применением стержневых теорий в психологии, иметь под рукой перевод и публикацию оригинала.

С каждым годом растет число публикаций, в которых измерение электрической активности мозга и поведенческих проявлений, связанных с познавательными процессами, проводится по критериям сложности, запутанности и многомерности. Объем сборника не позволяет включить в данный выпуск другие интересные работы, но мы надеемся продолжать эту серию и в недалеком будущем сделать еще один выпуск по компьютерным процессам.

Литература

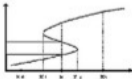
- Алексеев П.К. (1975) *Обзор по теории функциональных систем*. М.
- Бернштейн Н.А. (1966) *Обзор по физиологии движения и физиологической активности*. М.
- Ackley D.H., Hilton G.E., Sejnowski T.J. (1985) A learning algorithm for Boltzman machines. *Cognitive Science* 9: 147-169.
- Amari S. (1988) Statistical neurodynamics of associative memory. *Neural Networks* 1(1): 63-74.
- Arbib M.A. (Ed) (1995) *The handbook of brain theory and neural networks*. The MIT Press.
- Churchland P.S., Koch C., Sejnowski T.J. (1990) What is Computational Neuroscience? In: *Computational Neuroscience*. Edited by Eric J. Schwartz. The MIT Press. P.46-53.
- Gazzaniga M.S. (Ed) (1996) *The Cognitive Neurosciences*. MIT Press.
- Grossberg S. (1990) Content-Addressable Memory Storage by Neural Networks: A General Model and Global Lagrange Method. In: *Computational Neuroscience*. Edited by Eric J. Schwartz. The MIT Press. P.56-68.
- Gibson J.J. (1930) *The perception of visual world*. Boston.
- Gibson J.J. (1977) *An ecological approach to visual perception*. Boston. P.225.
- Holland J.H. (1986) Escaping Brittleness: The Possibilities of General Purpose Learning Algorithms Applied to Parallel Rule-Based Systems. *Machine Learning II*, Eds. R.S. Michalski, J.C. Garzonell and T.M. Mitchell. New York: Kaufman. P.593-623.
- McMulloh W.S., Pitts W. (1943). A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 3, 115-133.
- Minsky M., Papert S. (1969). *Perceptron: An Introduction in Computational Geometry*. Camidge, MA. The MIT Press.
- Rosenblatt F. (1962) *Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*. Washington, D.C.: Spartan Books.
- Samuel A.L. (1959) Some Studies in Machine Learning using the Game of Checkers. *IBM J. Res. Dev.* 3, 210-229.
- Simon H.A., Hayes J.R. (1976) *The Understanding Process*. *Cognitive Psychology*, V.8.



Синергетика и психология

Тексты

**Выпуск 3.
Когнитивные процессы**



Раздел 1

Синергетический анализ сознания



Уолтер Дж. Фриман — профессор Калифорнийского университета, Беркли, Калифорния, США. Научная физика и математика в Массачусетском технологическом институте, философия — в Университете Чикаго и медицина — в Йельском университете, получила докторскую степень по медицине в 1934. Закончила постдокторскую медицинскую стажировку в Университете Дюка Гилманса и стажировку по нейрофизиологии — в Университете Калифорния Лос-Анджелеса. Награждена премией Беннета от Общества биологической психиатрии (1964), премией Гуттопольда (1966), премией - Titulaire de la Chaire Sobay - Университета Брюсселя (1974), премией Mettl от Национального института психического здоровья (1989) и премией за универсальную работу (1992) от Института инженеров по электротехнике.

Он был президентом Международного общества нейронных сетей (1994). Его подход к математическому моделированию нелинейной и хаотической нейродинамики, базируется на измерениях активности мозга активно действующих животных. Разрабатывает способы применения этих моделей и био логики, нейронной структуры, философии и промышленности.

У. Дж. Фриман

ДИНАМИКА МОЗГА В ВОСПРИЯТИИ И СОЗНАНИИ: ТВОРЧЕСКАЯ РОЛЬ ХАОСА¹

Введение

Биология человеческого мозга должна быть охарактеризована в терминах того, как он конструирует преднамеренное поведение, как получается то, что человек знает, что он делает и почему он это делает. Теория нелинейной динамики значительно расширила наше понимание нейронных механизмов, при помощи которых кодируются сложнейшие и крупномасштабные паттерны мозговой активности. Новые концепции дают нам свежий взгляд на нейродинамику преднамеренного поведения, на то, как внутри мозга формируется сознание и как мозг регулирует свой собственный поток информации, поступающей в кору (Фриман, 1995).

¹ Статья любезно предоставлена автором специально для данного сборника.

Классическая парадигма «стимул-реакция» в психологии явно не сумела показать наиболее фундаментальные свойства биологического интеллекта и контроля, а именно — автономность и творческий характер. Хаотические динамические системы не только разрушают информацию (в смысле Шеннона-Винера), они также и создают ее. Изучение локальных полевых потенциалов от суммарных дендритно-симпатических потенциалов (электроэнцефалограмм, «EEG») и потенциалов действия аксонов (нервных импульсов) показывает, что мозг — это хаотическая система, которая не только «фальсифицирует» и «перерабатывает» интуитивные, приводящие от органов чувств. Он активно ищет чувственные стимулы как исходный материал (сырье), из которого создается воспринимаемое паттерны с помощью сознания, которое вновь формирует индивидуализованную стимулами активность (Furman, 1991a). В этом обзоре делается набросок нейродинамичной прототипической чувственной доли мозга, с помощью которой передний мозг контролирует траекторию своего пути посредством механизма внимания; обсуждается развитие словесной системы через бифуркации в процессе обучения и через формирование классов путем обобщений, а также ее способность и переходы между состояниями и роль хаоса в конструировании новых аттракторов в коре больших полушарий головного мозга как базиса сознания.

Нервная активность и обонятельной системе

Свойства хаоса не проявляются в явном виде в нелинейных регуляторных механизмах обратной связи рефлексов мозга, которые обеспечивают стабильность экологических функций путем удержания внутреннего состояния мозга на оптимальном уровне. Более очевидно хаос проявляется при моделировании восприятия, которое является творческим взаимодействием с внешней средой. Приведем пример, полученный при изучении нейронной активности в обонятельном бутре. Это полувентромозная структура, которая взаимодействует с другими частями переднего мозга, как при помощи передачи информации, так и путем получения регуляторной поддержки. Ее нейронная активность сохраняется даже после того, как она хирургически отделается от остального мозга, что показывает, что ее основные функции самоорганизуются.

Однако после хирургического разделения частей этой структуры исчезает ее хаотическая активность (Furman, 1991b), что указывает на то, что хаос является ее глобальным свойством, и что он не вызван стимулами от отдельных нейронов, действующих как хаотические

генераторы. Это важно, так как различия при восприятии паттернов характеризуются связями между отдельными частями этих паттернов, каждая из которых специфична по стимуляции.

Наиболее ясной демонстрацией сложной организации словесного пространственно-временного паттерна активности нейронов в настоящее время является запись активности EEG от 16-64 электродных зондов, помещенных в обонятельную кору кролика. В каждом эксперименте прибор записывает совместные колебания потенциала коры по всему массиву зондов (Freeman, 1991a). Осцилляции характеризуют волну, переносимую информацией, содержащуюся в пространственном паттерне модуляции амплитуды. Форма волны аperiodична и непредсказуема, что отражает хаотическую динамику сенсорной коры. Пространственные паттерны амплитуд не абсолютно точно представляют стимулы, которые передаются к коре через сенсорные проводящие пути. Вместо информации об «объекте», то есть о стимулах, в течение периода обучения опытам на эти стимулы появляются эти нерегулярные паттерны, которые представляют собой «языковые» стимулы для субъекта.

Когда наблюдения ведутся в течение минут или часов, механизм динамики обоняния является достаточно стабильным в широком диапазоне амплитуд. Он может быть дестабилизирован прерывным возбуждением при переходе в альтернативное стабильное состояние, как это бывает характерно для одной из форм эпилепсии. Это включает поведенческое состояние «отсутствия», которое связано с падением внимания, восприятия и обучения (Freeman, 1986). Динамика обоняния также дестабилизируется нейромодуляцией медуллярным вводом от других частей мозга, которые могут «замкнуть» ее как при помощи перехода к стабильному состоянию сна, так и при обучении определению нового класса языков. Эти и связанные с ними явления подтверждают роль нейродинамики регуляторного воздействия других частей мозга на самообусловленные популяции нейронов, контролирующей нервной системой.

Наиболее важно, что обучение происходит быстро повторяемыми языками «шагами», которые, по мере накопления, обеспечивают появившиеся траектории в старинном пространстве, никогда в целом уже не повторяющейся. Это явление названо «хаотическим блужданием» (Touge, 1991), и оно может объяснить феномен познавательного дрейфа, при котором в поле зрения индивидов, адаптирующихся к новым условиям, оказываются в первую очередь незнакомые комбинации ситуаций.

Роль «предвидения» во внимании

Наша ключевая концепция в моделях восприятия и контроля движения основана на концепте «предвидения»¹ (Kau, Fogman, Laksater, 1993). Когда паттерн сенсорной активности, генерируемый кинематической динамикой, обрабатывается мозгом, он содержит две части. Одна из них — моторная команда, которая активирует соответствующую моторную систему. Другая — множество посланий по все центральные сенсорные системы, что готовит их к предстоящим изменениям в сенсорном входе, который будет сопровождать моторные действия. Экспериментальное хирургическое рассечение различных областей показало, что эти паттерны корковой активности появляются в латеральной системе, в сети задних и передних клеток переднего мозга. Сенсорное поведение (такое, например, как изменение-образов на сетчатке при поисковых движениях глаза, когда производится словесное за движущимся объектом) совместно с вводом текущей сенсорной информации формирует механизм обратной связи в латеральной системе.

Мультикодальная конвергенция восприятия имеет место в предметной коре и в структурах гипоталамы, которые, как считают многие, являются ответственными за пространственную ориентацию и кратковременную память (временную ориентацию).

Теория мозга предполагает, что динамический процесс стремления к действительно цели, предвидения и сенсорной подпитки формирует основу процессов, которые мы субъективно воспринимаем как «внимательность», характерную для явной сознание.

Эта идея подтверждается феноменом состояния «отсутствия», когда нормальная кинематическая динамика прерывается бифуркацией паттернов кинематического, ненормального асимметричного состояния. Несмотря на то, что еще мало известно об этих центральных рекуррентных механизмах, их действие ясно видно в ЭЭГ, полученных на подопытных животных.

Исходя из этого, мы приходим к выводу, что в операциях ассоциативных систем памяти резорин на стимул возникает каждый раз заново при каждом представлении. Конструирование каждого паттерна происходит как кинематическим аттрактором, который формируется в процессе обучения. Восприятие переключается по мере изменения стимулов, но оно

¹ Читатели могут сравнить понятие «предвидения» (foresight), используемое автором, с понятием структуры результатов действий, развитого в рамках теории функциональных систем П.К. Анохиным в середине XX в. См., например: Анохин П.К. Обзор по теории функциональных систем. М. 1975. Прим. перес.

формирует связность паттернов, закоженных в процессе предыдущего обучения и выходящих от текущих нервных покладной анатомической системы, которая модулирует аттракторные ландшафты сенсорной коры.

Образы памяти не «записываются» в сенсорной системе, как это представляло в компьютерных системах. Построение паттерна след за вызванной стимулом бифуркацией в сенсорной коре не является представлением стимула. Паттерн строится с помощью, как восстановления обстоятельств прошлого опыта, так и осознания текущей значимости стимула для субъекта, его получающего.

Эта динамика может помочь нам понять механизмы нарушения восприятия — такие, как дефицит внимания, галлюцинации или — пример другого плана — потери связи между людьми, когда модель поведения строится на основе информации, получаемой мимикрией.

Обучение как пример бифуркации

Главный вопрос в изучении нейронных сетей состоит в следующем: где имеют место симметричные изменения, когда сеть «отучает» новый ввод? Чтобы найти местоположение обобщительного центра симметричных преобразований у животных, мы подымали базальную ганглию на аксоны в базовом обонятельном тракте, идущие от буры обонятельной коры, и тренировали животное распознавать определенный стимул. Мы измерили импульсный ответ темновой коры и обонятельного бура до того и после того, как животное обучалось узнавать и реагировать на стимул как на значимое событие. Форма ответного импульса имела вид затухающей синусоидальной волны (Bassal, 1980) и менялась характерным образом, когда животное научилось различать базальные стимулы (Fitzhugh, 1975). Первоначальная амплитуда не менялась; это показывало, что место модификации не лежит в смыслех между входящими аксонами и возбуждающими нейронами, как это представляло в моделях нейронных сетей с обратной связью.

Вместо этого продолжительность начального возмущения возрастала, показывая, что сканнинг-то-связки и меняются, так что те, что лежат между возбуждающими нейронами. Частота немного уменьшалась, но продолжительность осцилляций существенно увеличивалась. Это замедление угасания ответного импульса показывает, что модифицированное подмножество возбуждающих нейронов само возбуждено и с большей вероятностью становится неустойчивым в колебательном режиме. Такое симметричное изменение по мере ассоциативного обучения необратимо.

Обучение животных обычно происходит при условии, когда новой стимулу сопровождают награда или наказание. Если это не так, тогда вместо места привывки, при которой нервная система уменьшает свою чувствительность к стимулу в случае его повторного появления. Степень угасания ответственности индивидуума увеличивается, показывая рост стабильности. Этот процесс полностью обратим. Обучение всегда есть комбинация ассоциации и привывания. Ввод, который желателен, уславляется нервной системой, а к вводу, который нежелателен, привывают. Оба процесса необходимы для обучения.

Используя эти данные для моделирования изменений в процессе обучения, мы изменили силу моделируемого сигнала в соответствующих местах нашей модели обобщаемой динамики (Freeman, 1987) до тех пор, пока внутренним ответы не приняли форму своих воли в соответствии с экспериментальными наблюдениями. Пары нейронов, которые не-активны, имеют взаимосвязанные сигналы, уславные в процессе, названном «обучением по Хоббу» (Hebbian learning). Мы построили двумерный слой из 64 соединенных синапсов для моделирования обобщаемого буфера с синаптической регуляцией ввода, подаваемого от других частей мозга, и показали, что, по мере обучения системы с помощью примеров, пространственный паттерн амплитудной модуляции общего носителя выводится по сравнению с предыдущим паттерном и стабилизируется около нового паттерна каждый раз, когда на ввод подается пример данного класса. С каждым новым классом стимулов, на который модель натренирована реагировать, появляется новый паттерн выводов. Каждый пространственный паттерн состоит из 64 скалярных величин, относящихся к амплитуде носитель воли, так что каждый вывод есть вектор, сопровождающий точку 64-мерного пространства. Степень подобия между паттернами дается евклидовым расстоянием в 64-мерном пространстве. Классификация основана на кластеризации точек, полученных путем измерения отдаленных реакций. Это свойство воспроизводит поведение обобщаемой системы в процессе обучения (Freeman, 1988, 1992).

Реактивные синапсы формируют обобщенные классы

Местонахождение реактивных синапсов между возбуждающими нейронами обобщаемого буфера, показывает, что в этом отношении обобщаемая система близка к классу ассоциативных систем памяти, представленных сетями Хопфилда (Hopfield, 1982) и модели Амары (Amari, 1977), Андерсона (Anderson et al., 1977), Ахараи

et al., 1990). Аналитично им эта система устанавливает и хранит полусвязную информацию в симметричной матрице взаимных связей. Простейшее описание каждой планки части обонятельной системы представляет собой двойной слой, сформированный пересечением возбуждающей сети, по Хопфилду, с сетью взаимного торможения. Сила связей меняется только в возбуждающей сети в соответствии с модифицированной версией правила Хебба. Система не обучается отдельным событиям, однако разделяет события на классы (Яко, Гринман, 1990), при этом каждый класс имеет свой аттрактор и свой собственный бассейн притяжения аттрактора, соответствующий своему обонятельному градиенту.

Это свойство отражает природу операций, выполняемых обонятельной системой, которые можно обобщить, несмотря на их специфические для каждой операции «входы». В носу существует очень большое количество рецепторных нейронов, порядка 10^6 штук, 10^3 типов, так что порядка 10^9 нейронов могут реагировать на какой-то один запах. При одном вдыхании не все из подходящих рецепторов реально получают источник запаха, но благодаря турбулентности носового прохода обычно 10^2 – 10^3 из 10^6 рецепторов способны в восприятии реагировать в разном порядке при каждом испытании. В процессе тренировки путем усиления связей между возбуждающими клетками буфра может сформироваться объединение нервных клеток, которые совместно возбуждаются на входе и стереотипно реагируют, когда некоторые из их представителей возбуждены. Это — *хеббовское объединение нервных клеток*, которое может служить основой для обобщения подаваемых в систему пробных стимулов в значительные классы возможных «входов». Эта операция определяет первый шаг в процессах восприятия (Skarda, Freeman, 1987).

Такие нейроны возбуждают друг друга при помощи асимметричной сигма-функции (Фреeman, 1975, 1992), определяющей порядок, по которому предыдущий опыт заставляет буфр воспринимать наиболее значимые классы стимулов. Сигма-кривая является свойством популяции и может быть наблюдаема и измерена путем расчета вероятности ответа единичной нервной клетки на соответствующую амплитуду ЭЭГ потенциала, показывающего аналоговую интенсивность поля популяции, в которой расположен нейрон.

Выходной сигнал из буфра представляет собой пространственный паттерн модуляции амплитуды общей осцилляции, которая порождает кооперативные взаимодействия всех нейронов буфра. Этот «выход» передается параллельно по суммационным аксонам от митральных клеток в кору обонятельного буфра. Этот путь является дивергентным в том смысле,

что из каждой отдельной области буффа сигнала распространяется широко по воспринимающим нейронам. Соответственно, каждая область в коре суммирует информацию из многих источников активности. Но при этой пространственной интеграции выделяется лишь та активность, которая имеет частоту, свойственную всем частям буффа. Эта кооперативная активность является «сигналом» буффа. Локальная активность в буффе, которая является результатом сенсорного ввода и которая характеризует «грубые чувственные данные», суммируется и удаляется как «шум» при суммировании, действующем как слабый пространственный фильтр. Таким образом, буффа передает свой собственный созданный им паттерн, а не отпечаток сенсорного ввода на его активность.

Смысл этого процесса состоит в том, что среда обитания бесконечно сложна, а обязательный механизм записи ограничен. Те же модели действия были найдены в зрительном, речевом и соматосенсорном отделении коры (Battie, Freeman, Levhari, 1996). Можно сделать вывод о том, что мозг может записать только то, что было сконструировано в его сенсорных буффах под его контролем и руководством.

Переходы системы от одного состояния к другому во время восприятия

Формирование ансамбля нервных клеток во время тренировки подразумевает модификацию связей, которая создается путем усиления соответствующих возбуждающих, ингибирующих нейронов и т.д. Обучение имеет место при структурном изменении в системе, так что поведение системы в будущем зависит от прошлого опыта. В этом отношении процесс обучения подобен изменению и переходу от состояния сна к бодрствованию, которые определяются параметрическими модификациями, формирующими бифуркации.

Переход от спокойного к возмущенному состоянию не требует изменения параметра. Он зависит от входящей стимуляции. Следовательно, это изменение не является бифуркацией. Однако из возможных вариантов объективно реального «входа» является построение того, что обязательная система имеет глобальный аттрактор, который похож на аттрактор Лоренца и имеет такие же «крылья», но в отличие от него он имеет не два, а много «крыльев», каждое из которых соответствует определенному классу стимулов, которые система может различать. Все они притягиваются к общему стационарному пространству, которое представляется как расширенный геворт (Kaneko, 1986). Система выводится из стационарного состояния при

стимулируем релактора с каждым вздохом воздуха, и, если прошедший воздух содержит известный носитель запаха, система начинает осциллировать на одном из краевых глобальных аттракторов (илим динамического релактора (отталкивающего множества)). Соответственно при одном вздохе может быть визуализировано лишь одно крайнее аттрактора, которое затем быстро сменяется с другими краевыми в реальной системе. Эта точка зрения открывает новые перспективы при изучении хаотически связанного процесса (Toida, 1992). Она может также указать механизм контроля хаотического «буржандия» (Kaneko, 1990; Toida, 1991), при котором хаотические колебания состояния бутона управляются стимулирующими сигналами в бутон, идущими как от сенсорных релакторов, так и от сенсорных релакторов, отражающих состояние окружающей среды, так и от лимбической системы переднего мозга, которые управляют состоянием животного.

Роль запаха в обучении по Хелбю

Если вдыхаемый воздух не содержит известного носителя запаха, но содержит новое химическое вещество, тогда существующая форма активности уже не соответствует новому паттерну, и тем самым пространственно-временные паттерны разрушаются. В этом состоит важная роль запаха при обучении по Хелбю. Усиление хелбювского сигнала требует сопутствующей активности как в пресинаптическом, так и в постсинаптическом нейронах. Если эта активность организуется при помощи уже существующего крайнего аттрактора, тогда синхроническое изменение только усиливает существующий входящий паттерн. Если создается новый паттерн, тогда активность, которая заставляет сигнал измениться, не должна иметь предшествовавшего пространственного паттерна. Хаотический генератор кажется оптимальным механизмом, которым бутон может обеспечивать появление новых пространственных паттернов нервной активности, которые могут затем консолидироваться в процессе обучения.

Многое еще остается неизвестным в нейродинамике восприятия и распознавания информации, а также в сопровождении их предпринятых действий, заданных лимбической системой. Однако выполняемые уже исследования показывают, что путь к пониманию сложных систем лежит в открытии законов, на основе которых они самоорганизуются, используя свою собственную внутреннюю хаотическую активность для создания новых паттернов.

Я₁, осознание Я и волевая kontrola

Рассматривая проблему «Я» в биологической перспективе, необходимо различать две грани «Я». Одна — это обобщающее «Я», которое определяется универсальной динамической мозгом; другая — частная грань, которая базируется на сознании и индивидуальных особенностях осознания себя. Эти две грани переплетены в процессе восприятия, при котором глобальные паттерны мозговой активности быстро образуют фокус на некоторой точке траектории, собирая все остатки прошлого опыта и памяти — путем реактивных передач — на все, что происходит в жизни индивидуума.

Существует три основных класса теорий, которые рассматривают проблему разум-мозга и различаются по подходам к проектированию экспериментов и по приложениям.

	Философия	Наука	Проектирование
A	Эмпирическое	Биологическое, медицинское	Нервные цепи
B	Идеалистическое	Познавательное, психологическое	Нейрокомпьютеры
C	Экзистенциальное	Популярные нейродинамики	Роботы

И эмпирики (интерактивисты), и идеалисты (когнитивные исследователи) рассматривают сознание как позднюю стадию процесса, которая начинается с передачи информации от органов чувств и формирует представления о стимулах в возбуждающих нейронах, определяющих отличительные особенности этой информации. Они утверждают, что это проявляется через переплетение параллельной активности различных свойств представляемого объекта, а затем продолжается путем серии процессов фильтрации, нормализации, подбора представлений, возвращаемых из транзита памяти для завершения картины и классификации. Восприятие завершается путем формирования представлений о объекте на основе информации, полученной от многочисленных сенсорных систем и после того, как выработано соответствующее ментальное относително образ.

Нейрокогнитивизм

Изучение мозговой активности в процессе восприятия у животных приводит к необходимости различать общие, визуальные, звуковые или тактильные стимулы. Ряд авторов (Fuster, 1973, 1992, 1993; Baric, Free-

man, Lenhart, 1996) пришла к альтернативной точке зрения, состоящей в том, что восприятие есть целенаправленное действие, которое организуется крупномасштабными нервными взаимодействиями в периферийной системе. Подобная идея является предамперной, так как она формируется в пространственно-временных рамках, которые были сконструированы на недавнего и далекого опыта действий и их последствий, и это определяет «натянутые нити», «запрос» в мир, для того, чтобы провести себя в соответствие с тем, что там имеется (Fitzman, 1995).

Двигательные «команды», которые выходят через *сеттунг*¹ и *авиндала*² сопровождаются «предидидрами» их «натянутыми раарадами», послемасками лимбической системы всей сенсорной коре, которая формирует внимание с помощью своей динамической чувствительности на ожидаемых изменениях потока стимулов, сопровождающего планируемое действие. Таким образом, сенсорные системы уже функционально отключены по выбранному каналу на стимулы, которые должны быть обнаружены путем использования слуха, зрения, обоняния и т.д.

Замыкаяется цикл действие-восприятие является последующая дестабилизация сенсорных окончаний, создание ими при помощи нелинейных динамических взаимодействий пространственных паттернов активности, конвергенция этих паттернов в лимбическую систему, откуда выходит запрос на новый вход стимулов и, в конце концов, на дальнейшее обновление лимбической активности.

Этот подход к функционированию мозга был выдвинут американскими прагматиками и наиболее четко был сформулирован Дьюи (Dewey, 1914) в его кратеческой статье об условных рефлексах. Он был в дальнейшем развит гештальт-психологами, которые изучали влияние на восприятие объектов в определенном контексте среды и воздействию сил этого поля.

«Наше современное знание о человеческом восприятии не оставляет сомнений в том, что общая форма любой теории о знании — теории восприятия — должна быть полемической теорией. При этом мы считаем, что нервные функции и процессы, с которыми связаны факты восприятия, во всех случаях распространены в непрерывной среде» (Kahn, 1940, p.33).

Корфка развила эту идею, включив сюда взаимодействие между сложным полем среды и процессами, происходящими в мозге:

«Подумайте о психологических процессах не как о молекулярных, а как о молярных явлениях. ... Их молярные свойства будут теми же, что свойства

¹ *Зертунг* — перетрадка, деление средней рога обонятельного мозга. Прим. ред.

² *Авиндала* — мидллендское ядро. Прим. ред.

процессов сознания, в основе которых они предположительно лежат (Коллинс, 1993, р.57)... Задача психоанализа состоит в изучении поведения с точки зрения его причинных связей с психофизиологическим полем (р.67) ... Когда в нашем окружении говорят нам о том, что с нами делать. ... Их активность, таким образом, указывает силовое поле между этими объектами и нашим Эго, которое приводит к действию. Ручка может быть повернутой, ...повалод может быть съеденным ...» (р.333).

Гибсон представлял роль поведения таким образом, что оно формируется внутри мозга в процессе определения объекта при помощи аффордансов¹.

«... «возможности» среды всегда воспринимаются; они не нацелены над объектом по требованию наблюдателя и не обязательно требуют особого внимания наблюдателя. Объект предлагает то, что он имеет в данном контексте, потому что он то, что он есть, а не то, что думает о нем наблюдатель. Но это не означает окончательного разделения сфер сознания и материи, психофизиологического дуализма. Это говорит только о том, что информация по спецификации полезных объектов окружающей среды сопровождается информацией, выделяющей сам объект ... Внешнее восприятие сопровождается самоосознанием, ... осознавать — это, значит, воспринимать себя» (Сибсон, 1979, р.139).

Концепция «информации» Гибсона рассматривает «внутреннее формирование» мозга, что аналогично преднамеренному действию «направленного продвижения» Аккинаса и установлению соответствия с окружающей средой путем обучения, с тем различием, что «возможность» направлена непосредственно на объект, тогда как намерение направлено на внутреннее состояние мозга при появлении цели в ее единстве с внутренним состоянием. Совсем недавно ситуационными когнитивистами (Slezak, 1994; Слансу, 1993) было придано особое значение основной роли сознания в деятельности при помощи введения различия между «внутренними» и «внешними» представлениями. Независимо от них аналогичная концепция также была развита Мерло-Понти (Merleau-Ponty, 1942, Merleau-Ponty, 1945), который описал ее как «экзистенциальный взгляд», противопоставила его взглядам «эмпирицистов», «индуктивистов» и «идеалистов». В исторической перспективе первым провозгласил динамический взгляд на функцию мозга Аккинас, который описал целенаправленные действия как процесс «направленного продвижения» мозга с помощью его тела через окружающую среду и узнавание окружающей мира через реформирование себя на основе пластичности мозга (Freeman, 1995).

¹ *Affordances* — возможности, ман, тон сигнала, возможности.

Критическим связующим звеном между абстрактно-динамической и частной графикой «Я» является момент изменения паттерна лимбической активности, который является непосредственным результатом в качестве нового маленького шага вдом траектории, направленной в будущее. Формирование следующего за ним шага происходит на основе всего объема прошлого опыта, накопленного до этого шага, и включает процедуру из прошлого на существующее в настоящем перспективам, направленные в будущее.

При всех своих ограничениях с точки зрения направленности только на локальные эффекты это поле активности является основой для решения главного вопроса о том, что же является перспективным для понимания сознания. Единственным ключевым ограничением в этом процессе является время, которое требуется нейродинамике для конструирования и организации динамической картины, следящей за каждым стимулом. Либет (Libet, 1994) показал, что существует промежуток времени в 0,5 секунды между появлением стимула и началом осознания стимула, хотя это осознание субъективно датируется реальным временем появления.

Питер и Эвкс (Parrot, Eccles, 1977) описывают это как факт, не имеющий психологического объяснения. Однако этот процесс аналогичен двухпороговой технике, используемой физиологическими психологами, когда для определения факта, что событие произошло, используется верхний порог восприятия, а для определения времени, когда оно произошло, используется нижний порог. Либет (Libet, 1994) в своих исследованиях процесса решения проблем указывает на подобные задержки в осознании действий.

Заключение

В рассмотренных термах планирующее, динамическое, общественное, лимбическое «Я» непрерывно строит паттерны нервной активности, которые направляют сенсорную информацию. Глобальное изменение этого внутреннего множества на каждом следующем шаге занимает полсекунды, индивидуальное действие и получение данных от возбужденной коры, а также индивидуальное построение паттерна. С этой точки зрения частное самосознание «Я» осуществляется на полсекунды ранее, всегда подкрепляя, объясняя, рационализируя и требуя возможности возвращения к прежним данным, что было заложено энкодерной корой головного мозга мезентитаноду для обеспечения механизма удержания базового чувства «Я» в максимальной синхронности с меняющимся внешним миром.

Это воспроизводит нас в точке зрения Декарта, что взаимодействие «Я» представляло эти механизмы в обратном порядке. Экзистенциализм скажет: «Я высшая, — следовательно, в сущности». Буддисты Малашива и психоаналитики писали нечто подобное об иллюзии «Я». С точки зрения взаимодействия поведения иллюзией является не сущностное «Я», а взгляд на «Я» как способное контролировать поведение человека.

Планирующие «Я» может также быть названо социальным «Я», так как оно является центральной частью действия и ответственно за выполненное действие. Эти две функции не могут быть разделены, за исключением случая распределенного мозга (Spratt, 1982), и противоположность обычно распределенным и спорным между собой фрагментам интимных граней самосознания. С этой «биологической» точки зрения не удивительно, что «Я», будучи встроено в ткань слов, отделяется от реальности и может путем обманчивой фальсификации в погоне за кратковременным самудовольствием, ослабить влияние системы ценностей, отводя их в область бессловесного динамического «Я».

Таким образом, сознание не порождается поведением, но и не является источником поведения, а также не является некоторым аспектом опыта человека, как это предполагали Уайтхед (Whitehead, 1938) и Пенроуз (Penrose, 1994). Оно является субъективным аспектом окружающей среды, в которой личностные механизмы предвзятости действий строят паттерны нервной активности, наблюдаемые, в конечном счете, в поведении и суждениях в ситуациях социального взаимодействия. Это память о прошлом, ощущение настоящего и предвидение будущего, в котором «Я» принимает решения, содержащие ответ на вопрос, что делать дальше, до того, как следующий момент будет осознан и оценен, в каждый момент развертывающегося личностного мышления.

Эта работа была поддержана грантом Уильяма Морсета исследований и грантом Национального Института Психического Здоровья США

Перевод И.Н. Трофимовой

Литература

- Aihara K., Takabe T., Toyoda M. (1990) Chaotic neural network // *Physics Letters, A*, 144: 333–340.
- Amari S. (1977) Neural theory of association and concept formation // *Biological Cybernetics*, 26: 173–183.

- Anderson J.A., Silverstein J.W., Ritz S.R., Jones R.S. (1977) Distinctive features, categorical perception, and probability learning: Some applications of a neural model // *Psychological Review* 84: 413–451.
- Barrie J.M., Freeman W.J., Lenhart M. (1996) Modulation by discriminative training of spatial patterns of gamma EEG amplitude and phase in recortex of rabbits // *Journal of Neurophysiology*, 76: 520–539.
- Basar E. (1980) EEG - Brain Dynamics. – Amsterdam: Elsevier.
- Clancy W.J. (1993) Situated action: A neuropsychological interpretation response to Vera and Simon // *Cognitive Science*, 17: 87–116.
- Dewey J. (1914) Psychological doctrine in philosophical teaching // *Journal of Philosophy*, 11: 505–512.
- Freeman W.J. (1975) *Mass Action in the Nervous System*. – New York: Academic Press.
- Freeman W.J. (1986) Petit mal seizure spikes in olfactory bulbs and cortex caused by runaway inhibition after exhaustion of excitation // *Brain Research Reviews*, 11: 259–284.
- Freeman W.J. (1987) Simulation of chaotic EEG patterns with a dynamic model of the olfactory system // *Biological Cybernetics*, 56: 139–150.
- Freeman W.J. (1988) Strange attractors that govern mammalian brain dynamics shown by trajectories of electroencephalographic (EEG) potential // *IEEE Trans. Circuits & Systems* 35: 781–783.
- Freeman W.J. (1991a) *The physiology of perception* // *Scientific American* 264: 78–83.
- Freeman W.J. (1991b) Nonlinear dynamics in olfactory information processing // Davis J.L., Eichenbaum H.B. (Eds.) *Olfaction: A Model System for Computational Neuroscience*, Chapter 9. – Cambridge MA, MIT Press. P. 225–250.
- Freeman W.J. (1992) Tutorial in Neurobiology: From Single Neurons to Brain Chaos // *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 2: 451–482.
- Freeman W.J. (1995) *Societies of Brains. A Study in the Neuroscience of Love and Hate*. – Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gibson J.J. (1977) *The Ecological Approach to Visual Perception*. – Boston: Houghton Mifflin.
- Hopfield J.J. (1982) Neuronal networks and physical systems with emergent collective computational abilities // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 81: 3058–3092.
- Kawako K. (1986) *Collapse of tori and genesis of chaos in dissipative systems*. – Singapore: World Scientific.

- Kameko K. (1990) Clustering, coding, switching, hierarchical ordering and control in network of chaotic elements // *Physica D*, 41: 137–142.
- Kay L.M., Freeman W.J., Lancaster L. (1995) Limbic markers during olfactory perception // Gath I., Inbar G. (Eds.) *Advances in Processing and Pattern Analysis of Biological Signals*. – New York: Plenum.
- Koffka K. (1935) *Principles of Gestalt Psychology*. – New York: Harcourt Brace.
- Kubler W. (1940) *Dynamics in Psychology*. – New York: Grove Press.
- Liber R. (1994) *Neurophysiology of Consciousness: Selected Papers and New Essays*. – Boston MA: Birkhauser.
- Merleau-Ponty M. (1942/1963) *The Structure of Behavior* (Fischer A.L. Trans.) – Boston: Beacon Press.
- Merleau-Ponty M. (1945/1962) *Phenomenology of Perception* (Smith C. Trans.) – New York: Humanities Press.
- Penrose R. (1994) *Shadows of the Mind*. – Oxford UK: Oxford University Press.
- Popper K.R., Eccles J.C. (1977) *The Self and Its Brain*. – Berlin: Springer.
- Skarda C.A., Freeman W.J. (1987) How brains make chaos in order to make sense of the world // *Behavioral and Brain Sciences*, 10: 161–195.
- Sprey R.W. (1982) Some effects of disconnecting the cerebral hemispheres [Nobel Lecture] // *Science*, 217: 1223–1226.
- Tsuda I. (1991) Chaotic itinerancy as a dynamical basis of hermeneutics in brain and mind // *World Futures*, 32: 167–184.
- Tsuda I. (1992) Dynamic link of memory – Chaotic memory map in nonequilibrium neural networks // *Neural Networks*, 5: 313–326.
- Whitehead A.N. (1938) *Modes of Thought*. – New York: Macmillan.
- Yao Y., Freeman W.J. (1990) Model of biological pattern recognition with spatially chaotic dynamics // *Neural Networks*, 3: 153–170.



Елена Николаевна Казина (родилась в 1959 г.) — доктор философских наук, ведущий научный сотрудник Института философии РАН. Окончила философский факультет МГУ (1982) и специализацию Института философии АН СССР (1985). В 1996–1998 годах работала при финансовой поддержке фонда А. фон Гумбольдта в Центре сверхтектики Г. Хакена в Штутгарте. Автор более чем 180 публикаций, в том числе трех монографий. В последние годы ее исследовательские интересы сфокусированы на развитии динамического

подхода в когнитивной науке, базируются на применении моделей нелинейной динамики, теории сложных адаптивных систем, теории хаоса и сверхтектики для повышения универсальности моделирования и функционализации человеческого сознания.

Е.Н. Казина

МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ В КОГНИТИВНОЙ НАУКЕ¹

«Ум должен быть новым типом динамической системы, не столько базирующейся на нейроматричном субстрате, сколько свободно плавающей над ним, независимой от него».

Р.Л. Фейнман

1. Человеческий ум: сверхкомпьютер или сложная адаптивная система?

Когнитивная наука (*cognitive science*) — междисциплинарное направление научных исследований, охватывающее все те научные дисциплины, которые изучают человеческое сознание (*human mind*) и его нейрофизиологическую основу — мозг — во всех их проявлениях. Она использует последовательные результаты и данные и эволюционной биологии, и нейрофизиологии, и психологии, в первую очередь когнитивной психологии и генетической психологии (психологии развития и поведения Ж. Пиаже), и психоанализа и психотерапии, и философии, прежде всего эпистемологии

¹ Статья любезно предоставлена автором специально для данного сборника.

лингвистологии, и лингвистиком, и психолингвистиком, и информатиком (*computer science*). В последние десятилетия в когнитивной науке происходит концептуальный поворот, смена основного подхода к исследованию: от вычислительного подхода к динамическому. Чем обусловлена необходимость этого поворота? И в чем суть динамического подхода в когнитивной науке?

Непосредственным стимулом возникновения в 60-е годы² и быстрого развития в последующие десятилетия динамического подхода стала глубокая неудовлетворенность специалистов в области когнитивной науки доминировавшим в то время вычислительным подходом к объяснению когнитивных функций человека и животных. Этим объясняется тот факт, с одной стороны нового подхода старались отмежеваться от прежних взглядов и обосновать собственные тезисы. Это обусловило также и то, что тезисы нового подхода строились через прямое противопоставление прежним взглядам, как из своего рода проскрипции, только с противоположным знаком.

Любимым детерминантом представителей вычислительного подхода была проблема искусственного интеллекта. Идеалом подражания была возможность построения системы, полностью имитирующей человеческий интеллект. Моделью для имитации являлся компьютер. Предполагалось, что мозг человека работает по принципам компьютера, прибора, имеющего вход и выход и манипулирующего дискретными символическими структурами. Наглядным образцом такого рода машины стал автомат для игры в шахматы, основанный на просчитывании всех возможных ходов максимально далеко вперед. Создателей радовало и обижало то, что возможности этого автомата в чем-то даже превосходят возможности человеческого интеллекта. Разработки в области искусственного интеллекта (*Artificial Intelligence*) дополнялись разработками по моделированию эволюции жизни (*Artificial Life*), главным образом с применением моделей клеточных автоматов. И тематически, и концептуально обе модели были тесно связаны, поскольку строились на принципе полагательности операций. В модели эволюции жизни, исходя из элементарных начальных сочетаний клеток (макродомини захарактеризовывались черными и белыми, но способных менять свою окраску клеткой соседней тетрады) согласно достаточно простым правилам ближайшего перевода

² Одним из первых работ была книга известного американского специалиста по кибернетике и искусственному интеллекту Уоррена МакКаллопа: McCulloch W. *Fundamentals of Mind*. Cambridge (MA): The MIT Press, 1965, который одним из первых стал говорить о кибернетике как теории познания.

и другие одновременные сдвиги по всему частотному полю на один ход вперед удавалось получать очень сложными и самоподдерживающимися узорами или конструкциями-орнаментами, напоминающие простейшие организмы.

Возражения сторонников старого, динамического подхода против применения вычислительного подхода к пониманию когнитивных функций в обобщенной форме можно сформулировать следующим образом:

а) Вы сводите функции познания к функциям чистого, абстрактного интеллекта; голова у вас существует как бы вне тела, вне физического организма, воплотив в его естественном функционировании и движении и в окружении других материальных тел; фактор телесной ограниченности субъекта восприятия и мышления в вашей модели не только падает, но и предельно, поскольку только зануляет и искажает деятельность чистого интеллекта; тем самым ваша модель лишается связи с реальностью и объективной силой.

б) Вы рассматриваете когнитивные функции (следствие лишь в интеллектуальном функциях), в их готовой данности, в полностью развитом виде, игнорируя как объект исследования происхождение этих функций (процесс филогенеза), так и возможность их формирования в процессе индивидуального развития особи (процесс онтогенеза).

в) Мыслительная операция человека, согласно вашему подходу, строится по принципу символического представления (репрезентации — потому вычислительный подход называют также репрезентативным), который лежит в основе работы компьютера; входные данные переводятся на особый символический язык, посредством которого они обрабатываются. Это означает, что если процесс «вне» головы, вызванный когнитивный акт, можно объяснить как физический динамический процесс, то процесс «внутри» следует объяснять по законам семантики, т. е. смыслового соотношения одной системы символов с другой системой символов. Тем самым процесс познания, а с ним и мир в целом оказываются удвоенными, разрывными на, по меньшей мере, две несводимые реальности — физическую и семантическую.

Впрочем, некоторые ведущие представители динамического подхода признают привлекательную совместимость его с вычислительным подходом и даже методологическую продуктивность такого соединения. «Может даже случиться так, что появится вычислительный подход более высокого уровня и динамический подход более низкого уровня, который также является теоретически гибким и разъясняющим ... Альтернативная возможность заключается в том, что вычислительный подход окажется приближенным, осуществляемым в дискретных, последовательных,

маневрирующих символами представлениях, к процессу, наиболее действенное и актуальное описание которого производится в рамках динамического подхода» (van Gelder, Pat, 1995, p. 31–32).

г) Работа компьютера лишена свойств самоорганизации и самодвижения. Моделируя естественные когнитивные функции по образцу функций компьютера, мы лишаем этих черт и естественное функционирование мозга, а потому нуждаемся во введении в его модель внешней движущей силы. Ведь, во-первых, если подходить к пониманию деятельности мозга по семантической схеме, то вряд ли можно утверждать, что семантические системы, в отличие от физических динамических систем, способны к спонтанному движению, в том числе «переведению» себя в другую систему символов. Во-вторых, с технической точки зрения компьютерные операции осуществляются в тактовом режиме, а не непрерывно: с каждым новым тактом, открываемым процессором, изменяется распределение электромагнитных импульсов, что в среднем временном масштабе выглядит как непрерывная работа компьютера. Но такого рода движение есть не подлинное динамическое движение, а последовательность спонтанных друг друга статических состояний. Тем более не есть оно самодвижение, поскольку осуществляется только путем «подталкивания» со стороны процессора, в одно статическое состояние, никаким образом не способно самопроизвольно перейти в другое состояние.

В противоположность этому уже существовавшему вычислительному подходу была выдвинута новая теоретическая концепция, одним из основных разработчиков которой был Франклин Варелл (1946 – 2001) — замечательный ученый, последние годы своей жизни работавший в Париже. Эта концепция динамического подхода базируется на шести основных тезисах (они не находятся в прямом соответствии с каждым из приведенных выше обобщенных пунктов критики, а перекрываются частично).

а) *Познание инкорпорировано (содrion is embodied)*: познание телесно, или «оттелеснено», воплощено, детерминировано телесной obligatedностью человека, мезокосмические обуславливающие способности человеческого тела видеть, слышать, ощущать. Если раньше гипотезили говорить, что познание теоретически нагружено (т.е. то, что мы видим, во многом определяется имеющимися у нас теоретическими представлениями), то теперь можно сказать и тому же, что познание телесно нагружено.

б) *Когнитивная система встроена, внутренне укоренена (содrion is embedded)* — в обеспечивающем ее деятельность интервальном нейронном субстрате и вклетки включена во внешне ситуативное физическое и социокультурное окружение (Fischer, Dierwaller, 1999).

в) *Познание имплицитировано (coignition is enacted)*: познание осуществляется в действии и через действие, через действия, двигательную активность формируются и когнитивные способности, познавательная активность в мире создает и саму окружающую по отношению к когнитивному агенту среду — в смысле отбора, «вырезания» когнитивным агентом из мира именно и только того, что соответствует его когнитивным способностям и установкам.

г) *Когнитивные структуры являются эмбодированными (coignition is embodied)*: они появляются спонтанно, непредсказуемо и относительно недетерминировано в ходе процессов самоорганизации, которые охватывают и усиливают всеядно мозг человека, его тело и его окружение, которые связаны с познанием через диалогическую причинность (вперед: от нейронного и соматического субстрата к высшим проявлениям ментальности и духовности человека и назад: от самостоятельного и сознательного когнитивного агента и духовного интелакта к его укорененности в природе — нейрофизиологическому и телесному базисному уровню). Понятие эмбодированности Ф. Варела рассматривал как абсолютно фундаментальное для познания когнитивными процессами.

д) *Процесс познания индивиду протекает по взаимной связи, ко-детерминации Я — Другой, из обиводки и сформированного становления. Представление об intersubjectивности является ключевым в новой концепции. Границы между Я и Другим, даже в процессах построения, не очерчены точно, с полной определенностью быть Собой, проявлять свое Я и создавать Другого — это события, соответствующие друг другу (Varela, 1999, p.15). Я не локализовано, оно находится в процессе становления, ко-детерминации, ко-эволюции с Другим/Другими.*

е) *Когнитивные системы являются динамическими и самоорганизующимися системами. Именно поэтому в рамках динамического подхода находит плодотворное использование новейшие достижения в области нелинейной динамики, теории сложных адаптивных систем, синергетики.*

В числе основателей нового подхода можно упомянуть, в частности, таких ученых, как Франсиско Варела, Роберт Брунс, Эстер Телес, Томас ван Гелдер, Риналд А. Вир, Мелани Митчелл, Энди Кларк, Дэвид Лакорф, Новад Патта, Эрик Прем, П. Маес. В ряду работ, где наиболее полно раскрываются общие теоретические основы концепции имплицитированного, или эмбодированного, познания, следует отметить книгу Франсиско Варела с соавт. «Воплощенный разум» (Кембридж, 1991) (Varela F. J. et al. *The Embodied Mind...*, 1991).

Образ теоретических установок нашел свое развитие и в ряде экспериментальных исследований в конкретных дисциплинах. Так, одним из ведущих представителей динамического подхода Эстер Толер исследовала формирование когнитивных способностей детей возраста от нескольких месяцев до 3-х лет (Thelen, 1993). Исследования Толер базировались на операциональной концепции интеллекта Пиаже и показали, что когнитивные способности детей формируются через движение органов тела и активное телесное взаимодействие с окружающей материальной средой. В той мере, в какой на ранней стадии развития ребенка затрудняется движение и взаимодействие, приостанавливается и развитие когнитивных способностей.

Потребность в смене парадигм, выраженная в развитии динамического подхода, диктовалась в значительной степени и практическими нуждами роботостроения. Прогрессивно мыслящие ученые, работавшие в области искусственного интеллекта, оказывались все менее удовлетворенными традиционным подходом к проблеме и работали над новыми конструктивными принципами, взяв за основу теоретическую концепцию динамического подхода. Среди них такие ученые, как Роберт Брукс (Brooks, 1991), Рэндалл Д. Вир (Beer, 1993).

Исходной точкой для конструирования они приняли автономное движение искусственного познающего агента в окружающей материальной среде, взаимодействие с ней путем пробных, как бы проводящихся ее отливки, контактов, накопление информации о среде и выработку адекватных способов поведения в ней. Проведен был компромисс: не чисто логическое «мышление» недвижимой, раздробленной на столь малые элементы (искусственного интеллекта) и не проявление в двигательных операциях заранее закоженных в виде алгоритма реализованных «структуральных способностей» устройства (традиционной робот), а самоусовершенствование когнитивных способностей устройства через его материальное движение — познание через движение.

Образует на себе внимание тот факт, что представители динамического подхода используют термин «когнитивный агент» вместо привычного термина «субъект познания». Термин «субъект познания» характерен в первую очередь для языка философии как области философии при рассмотрении не традиционной проблемы соотношения субъекта и объекта познания. В термине «когнитивный агент» (*cognitive agent*) подчеркивается деятельностный характер познающего субъекта, осуществление им познания через собственную двигательную активность в окружающей среде¹.

¹ Слово английская форма «агент» свидетельствует в пользу такого понимания: «агент» (*agent*, *agent*) восходит к лат. *agens*, что означает «приводить в движение», «двигать».

2. Телесные адромозисы духа: диалектика «автономное» / «телесное познание»

Как отмечал Франсиско Варела в своем историко-журнале «La Recherche» в 1998 г., «разным автономное/телесное познание проходит красной нитью через все когнитивные науки, а не просто через когнитивные нейронауки» (Varela, 1998, p. 110).

С одной стороны, в отличие от вычислительного подхода, в рамках которого человеческий ум и мозг рассматриваются посредством некой метафоры компьютера, в рамках динамического подхода ум понимается как иерархическая и автономная сеть элементов, не сводимая к балансу для нее уровню функционирования нейронов головного мозга. Чтобы динамизировать оркестр ума, нет нужды ни в какой-либо форме (нейродинамическом уровне), ни в выходящем иерархическом уровне, существование которого допускается некоторыми учеными, которые тем самым допускают существование неких голоуниверсов, «следящих за» работой человеческого ума, сама динамика системы выключает эту роль, имеет место самоорганизация образов восприятия, представлений и мыслей.

А с другой стороны, нельзя познать работу человеческого ума, когнитивные функции человеческого интеллекта, если ум человека абстрагирован от организма, его телесности, определенным образом обусловленных способностей восприятия посредством органов чувств (глаз, уха, носа, языка, рук), организма, включенного в особую ситуацию, экологическое окружение, выходящее определенную конфигурацию. Ум существует в теле, а тело существует в мире, а телесное существо действует, охотится за чем-либо, воспроизводит себя, мечтает, воображает. «Тело живет в мире как сердце в организме», «тело — это наш способ обладания миром» (Merleau-Ponty, 1945, p. 235); тело и мир образует единую систему.

Глаз человека приспособлен к определенному «оптическому миру», отличающемуся от «овна» некоторой высокочастотной, питающейся спектром (ультрафиолет, инфракрасный), способных видеть в ультрафиолете. Ухо устроено так, что слышит в определенном «акустическом овне», оно не способно воспринимать ультразвуковые сигналы, которыми пользуются для коммуникации некоторые животные, такие, как дельфины и летучие мыши. Известно, что мир голуба окрашен в пять цветов, перед бабочками открывается немыслимое мира в ультрафиолетовом свете, недоступное человеческому глазу, ночные животные (волки и другие хищные звери), как правило, не различают цветов, т.е. видит мир черно-белым, а палитра красок мира, представляемая перед человеческим глазом, строится и включает

в себя множество цветов и оттенков цвета, поэтому не имеет смысла вопрошать, каков подлинный цвет мира. Мир, как отмечал Варела, может быть охарактеризован не посредством атрибутов, а посредством потенциалов.

Та часть окружающего мира, в которой адаптировался человек в ходе эволюции и которая обусловлена особенностями его телесной организации, характеризуется эволюционными эписпециологами как мезокосм, «Когнитивную нишу человека мы называем «мезокосмос», — пишет Г. Фолдвар. Мезокосмос — это мир средних размерностей: мир средних расстояний, времени, весов, температур, мир малых скоростей, ускорений, сил, а также мир умеренной сложности. Наши познавательные структуры созданы этим космосом, подогнаны к нему, для него и посредством него сформированы, на нем испытаны и оправданы свою надежность» (Фолдвар, 1993, с. 8).

Весь опыт религиозного аскетизма, позиция умеренности и удивленности в познании, телесная воля представляют собой, по существу, разные виды попыток максимального освобождения от телесной обусловленности, абстрагирования материальных потребностей с целью стимулирования духовной деятельности, автономного движения и возвышения духа. Нужно освободиться от обывательного Я, чтобы достигнуть состояния духа, живящего Я (*ad vitam spiritus*), о чем писал Франсиско Варела с советом Эммануэля Ротт, спекулятивистом в области космологии буддизма (Varela et al., 1991, p. 105–110). Но все же и здесь достижение автономии духа связано с целенаправленным и специфически организованным воздействием на плоть. Тело и дух находятся в неразрывной психосоматической связи, как это наиболее ярко обнаруживается в телесных приемах йогов. Малые, но правильно распределенные воздействия на тело (фигуры тела) стимулируют духовные измерения (фигуры духа). Поскольку имеют место, судя по всему, телесные взаимодействия духа, возникающие структуры познания.

3. Инвентаризованное познание: дорога прокладывается в процессе движения по ней

Итак, позиция Варела такова, что мир не может быть охарактеризован посредством атрибутов, но только посредством потенциалов, которые актуализируются в когнитивном действии и благодаря ему. Мир органично возникает вместе с его действием. Это — «инвентаризованный» мир. Не только познающей познает мир, но и процесс познания формирует познающего, придает конфигурацию его когнитивной активности. Не только идущий прокладывает дорогу, но и дорога делает идущего; пройдя этот путь, он превращается в другого человека.

Этот неолитический «инактивированное сознание» (*slightly cognition*) Варела шел около 15 лет тому назад. Он несет в себе глубокий конструктивистский смысл и близок к употребляемым другим учеными понятиям «встроенное сознание» (*embedded cognition*) и «ситуационное сознание» (*situated cognition*), хотя сам Варела предпочитал использовать именно термин «инактивированное сознание».

Варела развивает в этой связи идеи Э. Гуссерля о «протенциях» — как бы устремлениях в будущее динамических траекторий, которые задают характер когнитивной активности в настоящем. Он называет это «протендом интуиции» (*Intuition protende*): если потянуть его за один конец, то через невидимое смещение множества петель другому концу придется приложить усилие. Выразившись метафорически, идущий и путь неразрывно и существенно связаны друг с другом. Протенции выражаются, в частности, в эмоциональной настроенности, аффективной тональности когнитивного субъекта, которая определяет векторную направленность и общую конфигурацию когнитивного акта — «протенциальный ландшафт» (См. об этом: Киселев и Турбов, 2002).

Здесь обнаруживает себя и корень понятия авто-поэзия, в буквальном смысле самопроизводства¹, как фундаментального свойства организации живого живого существа. Ф. Варела и У. Матурани создали в начале 1970-х годов концепцию автопоэзии, или самопроизводства жизни. Они исходили из разработанной ими экспериментальной компьютерной модели искусственной жизни, некоего варианта клеточного автомата, имитирующего зарождение замкнутых на себя структур из неупорядоченного субстрата — набора клеток, с добавлением к ним катализаторных элементов. Образовавшиеся структуры проявляли способность к самосохранению и восстанавливали нарушенные связи между клетками в случае разрушающих воздействий извне. Модель показывала, что структуры обладают способностью каким-то образом «узнавать» о нарушении связей, с тем, чтобы восстановить их. Это «узнавание» и лежит в основу определения сущности феномена познания.

Чтобы определить сущность познания, Варела сначала выделяет характерное свойство живого существа. «Я придерживаюсь здесь того взгляда, что репродукция не является сущностной для минимальной живой формы... Идентичность имеет логический и онтологический приоритет над репродукцией, хотя и не предшествует репродукции в историческом плане»

¹ Автопоэзия (по греч. *auto*) — само + *poiesis* — производство, создание, творчество).

(Vatns, 1997a, p. 76). Таким образом, определяющей свойством нового существа является поддержание им своей идентичности (тождественности) и интуитивная направленность на сохранение своей идентичности.

Он суммирует свою мысль следующим образом: «Познание есть действие, направленное на нахождение того, что утверждено, и восстановление недостающего с точки зрения когнитивного агента» (Vatns, 1997a, p. 85). Развивая эти формулировки, можно было бы добавить, что познание автокогнитивно, ибо оно направлено на поиск того, что утверждено, чего еще не достаёт, и на самодостраивание целостности. Познание в его отношении к жизни представляет собой «узнавание» нарушения, а жизнь даёт ответ на это нарушение, устраняя обнаруженные несогласия.

4. Мы человека как динамическая структура-процесс: взгляд синергетики

Попытка применить синергетику в когнитивной науке в целом и в эпистемологии в частности и предложить нетрадиционное понимание когнитивных и креативных процессов и структур осуществлена в наших предыдущих работах (Князева, Курдюмов, 1994b; Князева, 1998; Князева, Никит, 1999). Если же речь идет о сложившихся личностных процессах, различных уровнях функционирования человеческого сознания и подсознания, саморефлексии, углублении, развитии и кристаллизации, преобразении «Я», то здесь возможность применения синергетических моделей становится еще более спорной. Что может дать синергетика в рассмотрении и переосмыслении пороговых переживаний, озарений, духовного перерождения личности, опыт которых описан в «Исповеди» Августина, в жизнеописании Якова Бёме, или же любви мировоззрения или глубокой перекристаллизации личности, которые может испытать человек в процессе движения по своему жизненному пути? Здесь поднимаются известностная сложность, парадокс самоанализа и самонаблюдения, бесконечность и неисчерпаемость лестниц самоулучшения и открывающихся миров, которые превращают поставленную задачу в задачу немисленно сложную и едва разрешимую. Но именно здесь синергетический подход особенно интересен (Князева, Турбов, 2000). Именно здесь в случае удачного применения он может быть развит в виде новой «методики» действия или философии жизни.

В соответствии с подходом, развитым С.П. Курдюковым и мною и изложенным в наших книгах 1994 и 2002 годов (Князева, Курдюмов,

1994а, 2002), структуры самоорганизации словесных систем — это не жесткие блоки, из которых строится наблюдаемая упорядоченность универсума, а метастабильно устойчивые локализованные процессы в открытых и нелинейных средах, способные постоянно перестраиваться, вступать в кооперативное взаимодействие с другими процессами и образовывать тем самым более крупные реальности или же, напротив, распадаться на более мелкие структуры-процессы, а порой и исчезать во всеобщей хаотической основе универсума. Мир, выходящий процессами самоорганизации, — это мир живущих своей собственной жизнью структур-процессов.

Если речь идет о человеке, о его познавательных и практических возможностях и структурах, о строении его личности, об иерархических слоях его сознания-подсознания, об исторических пластах его памяти, то все эти образования могут быть поняты как структуры-процессы самоорганизации. Многие синергетические понятия, такие, как самоорганизация и балансирование на краю хаоса, операциональная закрытость и самопроизводство, автоколеблкс, множество возможных дискретных состояний и исключительный выбор в моменты бифуркации, медленный, итерационный выход на автономность и автокатампитический, лавинообразный рост нового качества служат тому, чтобы постигнуть внутреннюю сложность человеческого сознания.

В свете этих новых представлений ум человека предстает как динамическая и самоорганизующаяся структура-процесс. Ум инкарирован в определенное тело, обременен некой телесной оболочкой, можно говорить даже о «мыслецене тела». Сознание и самосознание человека всегда ситуационно, т.е. окультурено, самими наличными историческими условиями поставлено в контекст определенной культурной, политической, социально-психологической, научной ситуации. Оно инактивировано, одновременно внутренне автономно и встроено в узкий и широкий контекст своей деятельности, обусловлено этим контекстом. Оно вовлечено в динамический поток производства себя и своего окружения, в цепи самотрансформации под влиянием тех ситуаций, в которых оно оказывается. «Я» человека представляет высходы кристаллизации своих знаний, своего таланта, своего мироощущения, своих сублимных чувств интуитива и отчаяния, любви и ненависти, дерзости и смирения. «Я» постоянно саморазрушается и самоструктурируется, погружается в темную бездну хаоса и вырывается из нее обновленным и просветленным.

3. Пространственные конфигурации сознания человека

Во всякой личности автономна и самодостаточна. Признания термин из теории аутопоэзиса Франсиско Варела, можно сказать, что она операционально замкнута, то есть из самой себя черпает интенции своей деятельности, строит свои планы, воплощает себя, отдает себя миру. П.А. Катига как-то заметил, что «главней признак таланта — это когда человек знает, что он хочет». И вместе с тем «Я» — это многослойное и многомерное образование, которое растворено в ситуациях, воплощено в различных семейных и социальных ролях, распределено топологически. «Я» имеет свое личное пространство, границы которого кружки и подковыны. Индивидуальный ландшафт личности встроен в ландшафт семьи, социальной группы, нации, космоферного разума.

Эта предвещания перальтально близки к идеям Курта Левина (1890—1947), который, будучи учеником Берлинской школы генетической психологии, развил впоследствии свое оригинальное направление, которому давал различные имена: «динамическая теория», «топологическая психология», «векторная психология», а также «теория поля». Согласно К. Левину, поведение человека должно пониматься исходя из всей совокупности наличных в данный момент фактов и событий его психической жизни. Одновременно данные факты представляют собой некое динамическое поле, т.е. такое состояние, в котором каждая часть этого поля зависит от каждой другой его части. Пространственные отношения психологических событий не могут быть адекватно поняты с помощью представляемой об обычном физическом пространстве. Для этого необходимо развить понятие о психологическом пространстве. Левин вводит понятие «личное пространство» (*Lebensraum*). Это — мнество и ее психологические ощущения в том виде, как они существуют для этой личности. Обычно мы учитываем это поле, если мы говорим о потребностях, мотивах, настроениях, целях, страхах или идеалах (Levin, 1982, S.147). Интересно понятие структуры личностного пространства и его границы, характер его истраивания и сеть более широких социально-психологических оснований.

Понятие поля как утверждения силы в динамическом поле личности является одним из центральных у К. Левина. Чем определяется поведение: прошлым (уже произошедшие условия или неудачи) или будущим (целими, намерениями, потребностями, планами)? Теория поля даст неожиданный ответ на этот вопрос: ни тем, ни другим. «Поведение не зависит ни от прошлого, ни от будущего. Оно зависит от сегодняшнего состояния поля». Однако «это поле в настоящий момент имеет известную временную «глубину».

Оно включает в себе «психологическое прошлое», «психологическое настоящее» и «психологическое будущее», поскольку оно составляет одну из измерений датума на определенной момент времени жизненного пространства» (Levin, 1982, S. 68). К. Левин вводит понятие одновременности (сикронии) и одновременного действия прошлого и будущего: всякое поведение и всякое прочие изменения психологического поля зависят исключительно от состояния психологического поля в данный момент времени. Психологическое прошлое, настоящее и будущее являются частями психологического поля в том виде, как оно существует в определенный момент времени. Как прошлое (прошлый опыт), так и будущее (ожидания, желания, опасения и мечты) влияют на силы, регулирующие поведение индивида сегодня.

Жизненное пространство личности является полем силы, на котором становится различие: силы, детерминирующие тенденции, устремления. Цель повышается при этом как определенным образом структурированное силовое поле психологической активности, как определенная дистанция сил в пространстве. Присутствие цели, это некая распределенная цель. Понятие вектора не имеет плодотворно применяется в топологической психологии. Во-первых, силы, возникающие в психологическом поле, могут различаться по величине. Во-вторых, можно усмотреть различные направления сил (устремлений) в рамках психологического поля. Само понятие о направлении имеет смысл лишь тогда, когда можно выделить различные направления, различие — с евклидовой точки зрения — структур-аттракторы психической активности.

Индивидуальные ландшафты сознания — это конфигурации внутреннего (собственного) пространства и внешнего окружения действующего и познающего субъекта. Эти конфигурации определяются распределенной целью, спектром структур-аттракторов когнитивной и креативной деятельности.

Когнитивная деятельность отчасти предопределена скрытыми в жизни установками и планами. Познающий находится в шумливейшем состоянии, содержит случайные буржанды по полноте возможностей. Имеет место запутаннейший путь, актуализирующий только раз одну из множества возможностей. Индивидуальный ландшафт включает в себя ряд целей и путей, ведущих к ним. Его можно представить себе как некое пространство, в котором в скрытой форме уже имеются все возможные формы движения мысли. При рождении нового знания происходит складывание ветви возможностей и выбор одного из возможных дискретных состояний.

Другая особенность индивидуального ландшафта личности — сикронизм. Он включает в себя возможные пути будущего развития и следы

прошлой деятельности. Если употребить термин Курта Левина, этот ландшафт имеет определенную временную структуру. О схожих же конфигурациях человеческой души говорит также Карл Юнг: «Душа — это все то, что человек уже сделал и еще делает в будущем» (Юнг, 1943, S. 33). Память о прошлом присутствует всегда, но она может оказывать влияние на ход жизни только перед точками «бифуркации», т.е. моментами решающего выбора одного из возможных жизненных путей. Если точка «бифуркации» пройдена, выбор пути совершен, то деятельность человека определяется скорее будущим, чем прошлым. Она строится из будущего в соответствии с одной из структур-аттракторов развития.

Структура ландшафта индивидуальности сознания не жесткая, а довольно подвижная. Изменение внутренних качества личности приводит к перестройке поля путей ее движения в будущее. Ступени детского обучения, а также дальнейшее самообразование обуславливают периодические качественные трансформации спектра внешних целей (планов, ожиданий и надежд) и спектра возможностей человека. Длительный процесс самообразования и непрерывная творческая работа тесно связаны с деловой стороной собственной качественной перестройки аттракторов, фазовых переходов. Индивидуальный ландшафт качественно перестраивается. Человек становится иным. Творец творит. Как замечает в своих дневниках Поль Валери, «достигнутое, оно обратно еще раз подействует на человека. Работа надолго меняет автора» (L. Valéry, 1943, p.148).

6. Периодическое погружение в хаос как способ поддержания здоровья и самообновления

Наличие хаотических элементов, отнесенных к нерегулярности часто является признаком здоровья человека, как телесного, так и духовного, признаком устойчивости структуры его личности. Например, лишь сильная акцентированность сердечбиений означает болезненное состояние — аритмию, тогда как малые хаотические флуктуации в биении сердца человека вполне нормальны и являются результатом тесной внутренней, а не внешней, факторов. Некоторые типы сердечных приступов и инфарктовых состояний объясняются тем, что они представляют патологически периодические биения сердца. Разграничительная линия между здоровьем и болезнью человека, между животворным и смертоносным законом весьма подвижна и подвижна. Вопрос состоит в том, какую долю хаоса должен иметь человек, чтобы оставаться здоровым.

Хаос — это естественный рандомизатор природы, т.е. генератор случайностей в природе. Хаос делает наши органы более пластичными, более

приспособляемому к сложному внешнему окружению. Словная организация возникает и самоподдерживается на краю хаоса. «Край хаоса — это динамичная, подвижная переходная зона между двумя неустойчивыми состояниями: предкаузальным порядком и непредкаузальным хаосом... Все живое балансирует на краю хаоса, где оно остается гибко балансирующим в критическом состоянии готовности... Только между неустойчивыми, на краю хаоса может быть достигнут психологический баланс. На краю хаоса мы наилучшим образом психологически вооружены, чтобы иметь дело со странными, беспорядочными и непредсказуемыми событиями в жизни» (Marks-Tarlow, 1999, p. 322–323). Край хаоса — одно из ключевых представлений в теории самоорганизующейся критичности, развитой П. Баксом и С. Кауфманом.

Чем более стереотипно поведение, тем больше поларизован о патологии. Если психологически здоровый человек следует различным паттернам поведения в зависимости от осуществляемых им в данный момент социальных ролей, то в случае психической патологии поведение человека в большой или средней степени определяется одной-единственной целью («одней фикс»), в высокой степени повторяемо, итеративно, т.е. подчеркнуто дискретными аттракторами, оно не обладает должной гибкостью и не чувствительно к неожиданным внешним условиям.

Периодически погружаясь в темные бездны хаоса, личность претерпевает каскады кристаллизации своих чувств и знаний, своего таланта и мировоззрения, постоянно самообновляется.

7. Быть хаотичным, значит быть творческим. Хаотическое познание

Творческая активность человека нуждается в особых стадиях или постоянно присутствующих слоях подсознательного случайностного, стохастического, хаотического движения ума. Чтобы быть продуктивным, познание должно иметь периоды выпадения или погружения в хаос. Наше развиваются методы хаотического познания (Fink, Bethe, 1996), которое позволяет исследователям испытывать новые возможности и максимально использовать моменты интеллектуальной адекватной работы, когда происходит прорыв нового: содержательных и гармонично словесных частей художественного произведения, элементов нового научного знания и т.д. Креативное мышление является мышлением дивергентным. Путь творчества состоит в том, чтобы отдать себя во власть хаосу для овладения им, подчиниться хаосу, получив возможность создать из него упорядоченную структуру.

Всякий человек имеет и теневую сторону, которая состоит не только в его психической слабости и недостатках, но и таит в себе дилемматическую динамику. Чуждолюдная, корыстная, неорганизованная энергия, происходящая из слоев бессознательного, подобна лавинообразным природным процессам, так называемым речивым с обострением, порываемым и свергнутым, в которых могут возникать новые, доселе невиданные структуры самоорганизации.

Блуждающий «глаз» ума — образ, достаточно точно передающий основу креативности человека. Он должен быть децентрализованным, расфокусированным, должен совершать свободные движения между векторами направленной активности. «Блуждания по всем возможным путям развития», хаотическим движениям креативного разума приводит время от времени к «овладению» на ту или иную структуру — аттрактор. Тем самым определяется вектор креативной активности, ведущий к прыжку к новому. Поле возможностей испытывается, «продуктуется». В результате одна из скрытых структур актуализируется, провоцирует кристаллизацию нового знания.

Методы активизации креативного мышления сопоставимы с теневой расширенной сознание и бытие и с психоделегическим опытом. Исследователи изменений (под действием АСД) сознаний отмечают, что существует средний, называемый «драк в главной сетчатке». При этом понятие человека превращается абсолютной гибкостью и ничем не ограниченной свободой, имеет место спонтанная смена настроений и чувств. «Все возможно. Все чувства доступны. Человек может «примерять» разные настроения, менять их как одежду. Субъекты и объекты кружатся, трансформируются, переходят друг в друга, сливаются, сплавляются, вновь разъединяются. Внешние объекты таинуют и поют. Ты играешь на них, как на музыкальных инструментах» (Лар, Метцер и Олмерт, 1998, с. 106). Проще чем структура личности вновь затвердеет, кристаллизуется, она должна быть полностью размыта, растворена в потоке энергии, превращена в бытие, попростому говоря всё и вся.

Согласно синергетической модели Гарлана Хагена (параметры порядка, принцип подчинения, дилемматическая противность), в результате креативной деятельности или творческого обучения возникают новые параметры порядка поведения человека как сложной нелинейной системы. В результате «раскачки» системы по всем доступным степеням свободы возникают новые иерархически упорядоченные структуры знания. Креативность является фактором успеха, ибо она подстудно сворачивается на внос как способ самообновления. Что-то предпринимать — значит постоянно изменяться и находить векторы дальнейшего развития.

Сопреваемые исследования показали творчество свидетельствуют о том, что креативность связана с широким расширенным фокусом ассоциаций.

Поэтому, как это ни странно, психофизики иногда решают проблемы легче, чем здоровые люди. Это отмечает М. Шинтур, сославшись на экспериментальные исследования русского психолога Полыкова, проведенные в 60-х годах: «Если фокус ассоциативной деятельности узок, то каждое понятие как бы активировано само для себя, и им вынуждены целенаправленно и утомительно прощупывать путь отдельные ассоциации, чтобы прийти к решению поставленной задачи. Если же, напротив, фокус активирован широк, то при определенных обстоятельствах может произойти спонтанное перекрытие областей активирования двух различных понятий. При этом автоматически возникает ассоциация, связанная с обоими понятиями, и без малейшего мыслительного усилия решение «ударить в галюбу» (Spaten, 1996, S. 288).

8. Фрактальная геометрия поведения человека

Фрактальные рисунки поведения человека определяются, во-первых, устойчивыми, постоянно повторяющимися, воспроизводимыми поведенческими структурами (паттернами), а во-вторых, самоподобием этих структур на разных уровнях и в разных масштабах деятельности. Фрактальная динамика означает для структуру странного, топологического аттрактора, лежащего в основе поведения человека, или самоорганизованно сложившейся структуры вблизи критической точки, «на краю хаоса».

Индивидуальный ландшафт «Я» имеет определенно-фрактальную структуру. Иными словами, конфигурации жизненных ситуаций демонстрируют свойство масштабной инвариантности. Словом, креативный человек креативен во всем, в малом и большом. Он креативен на всех уровнях научной и практической деятельности вплоть до обыденной жизни. Он, например, может развить свое оптимальное искусство приготовления домашних котлет. Парадоксально, но креативное, величайшее письмо связано с креативной, величайшей кувшей. На всех уровнях и во всех фрагментах цепи его действий можно увидеть его «лицо», его оптимальный стиль творческой деятельности.

9. Паттерны самоорганизации в познавательной деятельности

Синергетика прибавляется к тому, чтобы познать на самом общем, универсальном уровне механизмы самоорганизации сложных нелинейных систем и их балансирование на краю хаоса. Получив в свои руки такого рода знание, для человека было бы весьма заманчиво использовать его в своей конкретной исследовательской и практической деятельности, сформулировать его в виде свода правил успешной жизни, как у Дэйва

Карьера. Но сверхтехника отсюда не является универсальным ключом к решению познавательных, психологических, жизненных проблем. Она не является панацеей от всех наших телесных страданий, психических расстройств и жизненных vicissitudes. Она действительно строит новое миропонимание, но не может быть возведена в каноническую, не в состоянии заполнить сущностнодуховную мировоззренческую вакуум.

Переходом сверхтехнологическое знание в «методы» жизни и деятельности — это, разумность, избыточная мечта. Это знание может действовать лишь косвенно, через структуру личности владеющего им человека. Что может означать в таком случае «сверхтехнологическое методичное» эффективное действие? Знать, как устроено сознание в мире и по какому образу взаимосвязно функционирует, выявлять свои действия и универсальные черты самоорганизации, оставаясь себе тем самым болящую надежду на успех. Знать, соотносить свои действия с объективным, с объективными правилами игры, установленными природой. Делать структуру своей личности конструктивной по отношению структурам самоорганизации, построенным самой природой.

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ
(грант № 04-03-00130а).

Литература

- Кишова Е., Туробов А. (2000) Единая наука о единой природе // *Новый мир*. № 3. С. 161–178.
- Кишова Е., Туробов А. (2002) Познающее тело. Новые подходы в эпистемологии // *Новый мир*. № 11. С. 136–154.
- Кишова Е.Н., Курдюмов С.П. (1994а) Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. — М.: Наука.
- Кишова Е.Н., Курдюмов С.П. (1994б) Иллюзии как самодеградация. // *Вопросы философии*. № 2. С.110–122.
- Кишова Е.Н., Курдюмов С.П. (2002) Основания сверхтехники. Режимы с обострением, самоорганизация, темпоралы. — СПб.: Алетейя.
- Аур Т., Метцгер Р., Олпорт Р. (1998) Психоделический опыт. Руководство на основе «Тибетской книги мертвых». — Львов: Индивидуальность; Киев: Ника-центр. С.106.
- Матурама У., Варела Ф. (2001) Древо познания. — М.: Прогресс-Традиция.
- Фолльмер Г. (1993) По разным сторонам мезокосмоса. Перевод Е.Н. Кишовой // *Человек*. № 2. С. 3–11.

- Beer R.D. (1995) Computational and Dynamical Languages for Autonomous Agents // *Mind as Motion. Explorations in the Dynamics of Cognition* / Ed. R.F. Port and T. van Gelder. – Cambridge: MIT Press. P. 122–147.
- Brooks R.A. (1991) Intelligence without Representation // *Artificial Intelligence*. Vol. 47. P. 139–159.
- Clark A. (1997) The Dynamical Challenge // *Cognitive Science*. Vol. 21 (4). P. 461–481.
- Clark A., Chalmers D.J. (1998) The Extended Mind // *Analysis*. Vol. 58. P. 7–19.
- Finkbeiner R., Berle J. (Eds.) (1996) *Chaotic Cognition: Principles and Applications*. – Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Foerster von H., Pöppkes B. (1998) *Wahrheit ist die Erfüllung eines Lügners: Gespräche für Skeptiker. 2. Aufl.* – Heidelberg: Carl-Auer-Systeme Verlag.
- Gelder van T., Port R.P. (1995) It's About Time: An Overview of the Dynamical Approach to Cognition // *Mind as Motion. Explorations in the Dynamics of Cognition* / Ed. R.F. Port and T. van Gelder. Cambridge: The MIT Press. P. 1–43.
- Haken H. (1996) *Principles of Brain Functioning. A Synergetic Approach to Brain Activity, Behavior and Cognition*. – Berlin: Springer.
- Jung C. G. (1943) *Über die Psychologie des Unbewussten. 7. Auflage*. – Zürich und Stuttgart: Rascher-Verlag. S. 53.
- Kelso J.A.S. (1995) *Dynamic Patterns. The Self-organization of Brain and Behavior*. – Cambridge (MA): The MIT Press.
- Kapazova H. (1998) The Synergetic View of Human Creativity // *Evolution and Cognition*. – Vienna. Vol. 4, No 2. P. 145–155.
- Kapazova H., Haken H. (1999) *Synergetics of Human Creativity // Dynamics, Synergetics, Autonomous Agents. Nonlinear Systems Approaches to Cognitive Psychology and Cognitive Science*. – Singapore: World Scientific. P. 64-79.
- Lakoff G. (1987) *Women, Fire, and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Levin K. (1982) *Werkausgabe. Band 4. Feldtheorie*. Bern: Huber; Stuttgart: Klett-Cotta.
- Maes P. (1994) Modeling Adaptive Autonomous Agents // *Artificial Life*. Vol. 1. P. 135–162.
- Marko-Tarlov T. (1999) The Self as a Dynamical System // *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*. Vol. 3, No 4. P. 322–323.
- McCulloch W. (1965) *Embodiments of Mind*. Cambridge (MA): The MIT Press.

- Merleau-Ponty M. (1963) *The Structure of Behavior*. – Boston: Beacon Press.
- Merleau-Ponty M. (1945) *Phénoménologie de la perception*. – Paris: Gallimard. P. 235.
- Pattee H.H. (1995) *Artificial Life Needs a Real Epistemology // Advances in Artificial Life*. Berlin: Springer. P. 23–38.
- Patten E. (1997) *Epistemic Autonomy in Models of Living Systems // The Fourth European Conference on Artificial Life / Ed. by P. Husbands, I.Harvey*. Cambridge (MA): The MIT Press. P. 2–9.
- Spitzer M. (1996) *Geist im Netz. Modelle für Lernen, Denken und Handeln*. – Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. S.288
- Thelen E. (1995) *Time-Scale Dynamics and the Development of an Embodied Cognition // Mind as Motion. Explorations in the Dynamics of Cognition*. / Ed. by R. F. Port and T. van Gelder. – Cambridge: The MIT Press. P. 70–98.
- Tschacher W., Duenzlauer J.-P. (1999) *Situated Cognition, Ecological Perception, and Synergetics: A Novel Perspective for Cognitive Psychology // Dynamics, Synergetics, Autonomous Agents, Nonlinear Systems Approaches to Cognitive Psychology and Cognitive Science*. – Singapore: World Scientific. P. 90.
- Valéry P. (1943) *Tel Quel*. II. – Paris: Gallimard.
- Varela F.J. (1997a) *Patterns of Life: Interweaving Identity and Cognition // Brain and Cognition*. Vol. 34. P.72–87.
- Varela F.J. (1997b) *The Specious Present: A Neurophenomenology of Time Consciousness // Naturalizing Phenomenology: Issues in Contemporary Phenomenology and Cognitive Science / Ed. by J. Petitot, F.J. Varela, B. Pachoud*. – Stanford: Stanford University Press.
- Varela F.J. (1998) *Le cerveau n'est pas un ordinateur. Entretien avec Francisco Varela par Hervé Kuzaj // La Recherche*. Avril. N° 308. P. 110.
- Varela F.J. (1999) *Quatre phases pour l'avenir des sciences cognitives // Théorie — Littérature — Enseignement*. N° 17. P.7–21.
- Varela F.J., Thompson E., Rosch E. (1991) *The Embodied Mind*. – Cambridge: The MIT Press.



Алан Козлов — профессор психофизиологии и теории системного подхода, работавший в Университете Святой Клары в Эшвилле и Сейфурдом (Seaford) Институте в Сан-Франциско. Автор и редактор более пятидесяти статей, глав и книг по проблемам сознания и мозга. Соредактор «Общества теории мозга и психологии», глав «Исследовательской группы по общей эволюции» и «Клуба Буддистов». Автор опубликованных книг: «Синхроничность: миф, миф и обман» (совместно с Марком Холландом), «Теория мозга и психологии и науки о жизни» (совместная редакция с Робинном Робертсоном) и готовящихся к печати книг

«Нантековидные перспективы Человеческое когнитивные карты прошлого, настоящего и будущего» (с Эриком Асла, Виллемом Кланн и Робертон Артошанен), «Слова жизни: Словоность, хаос и развитие сознания». Имеет психологическое образование в Университете штата Огайо, Университете штата Флорида и руководит докторантурой по биологическим в Университете штата Джорджия.

A. Kozlov

СОЗНАНИЕ: ХАОТИЧЕСКОЕ И СТРАННО-АТТРАКТОРНОЕ

Продесс

«Не отделимые сети и взаимосвязанные события, а скорее, нить, переходящая на нить, и волны, переходящие на волны, существуют во Вселенной, распространившись в мире, где нет места правдам и лжи»
(Эрик Асла)

У человека имеется отчаянная острая тенденция осмысливать действительность в терминах объектов. Причиной этого отчаяния может быть наличие языка. Например, когда маленькие дети узнают названия людей, они немедленно начинают формировать прональные и нитяные, строго определенные категории, на основе которых осуществляются точные предсказания относительно реальных физических объектов (Селман, Маклин, 1986). Кажется, что члены каждой такой категории приобретают сходную за ними «сущность». Ранние формируемые жесткие, лингвистически организованные

классификацией заставляет предполагать, что тенденции строить их коренятся непосредственно в биологии мозга. Очевидно, числом выделенных объектов преимущественно рассмотрены зерна в терминах жестко определенных объектов. Такое преимущественно затрудно представить, если задуматься о равной истории нашего вида. Никогда очевидные выгоды жизни в мире, который поддается разным различениям, например, между злыми и добрыми, или между разными красками облаками и жесткими металлами. Обстояния, разумеется, тоже могут делать это. Однако обстояния не могут различать полевые, но разные виды кремневых орудий как варианты внешнего вида зерна (среди них встречаются зерна, укрепляющие иммунитет) и, конечно, не могут превратить зерна в плоды.

Таким образом, мир презентует себя в терминах и категориях объектов. С другой стороны, процессы и паттерны деятельности, рассматриваемые нами как бы через некоторое стекло, выглядят темны и неясны. Это особенно верно по отношению к процессуальным аспектам нашей собственной внутренней жизни. Эмоция, память и мышление — именно такие процессы, и они могут быть только весьма грубо представлены так, будто они имеют постоянные фиксированные формы. Сознание — тоже такой процесс нам, по крайней мере, те его аспекты или отражения, которые могут быть потривостными и осмыслены.

Если размышлять о сознании в терминах метафор света или чистой воды, то оно не имеет никакой другой сущности, которая бы им раскрывалась, такой, как камни на дне ручья, используя аналогично Сартра. Более процессуально ориентированным образом был бы столб света, падающий через воду наладываясь в воздухе пламя. Свет сам является и пустотой, и освещением, но воздух пламя, который делает его определенным, — это быстрое вертикальное движение. В следующих параграфах я попытаюсь показать, что сознание сходно с вертикальным движением и на уровне опыта, и на уровне первых процессов, лежащих в основе опыта.

Состояния сознания

В середине 1970-х годов психолог Чарльз Тарт (Tart, 1973, 1972) показал, что сознание может быть эффективно осмыслено с составной точки зрения. В частности, он утверждал, что обычное бодрствующее сознание, или «обычная реальность», может быть рассмотрено как отдельное состояние сознания, обусловленное огромным количеством возможных альтернативных или «вспомогательных» состояний, как предполагалось Вильямом Джемсом: «Наше нормальное бодрствующее сознание ... — это один особый тип сознания, в то время как всюду вокруг него, отделенные от него

плывшим вместе, находится в непрерывных формах полностью отрываясь от сознания. Мы можем прожить всю жизнь, не подозревая об их существовании; но при этом неизбежной стимул, и они представят во всей своей полноте» (Джейс, 1962/1929, р. 378).

Основная идея Тарта — то, что сознание включает в себе гармоничный набор психологических функций. Они включают память, познание, чувство ковра, чувство «Я», внешнее восприятие (exteroception), восприятие внутренних состояний тела (interoception) и т.д. Вместе они образуют гестальтоподобное целое, или, другими словами, рабочую систему.

Обычное бодрствующее сознание — это одна такая система. Состояние сна — еще, хотя фактически в нем могут быть доступными несколько состояний (Кларк, 1994; Тарт, 1969; LaVigne, 1988). Другое сознание включает неизвестное количество восторженных состояний, которые могут спонтанно прорываться в обычное сознание, или состояния, которые достигаются через медитацию, психический транс, гипноз, мистические восторженные состояния, а также обычный сон без сновидений.

Тарт определяет состояния сознания как дискретные. На первый взгляд, эта идея может показаться сомнительной, но она полезна при противопоставлении различных состояний и имеет некоторые эмпирические подтверждения. Например, засыпание сопровождается медленным засыпанием глаз, которое отмечает резкий переход сознания от восторженной стимуляции и внешнего мира во внутреннее состояние тела. Резко теряется ощущение внешней стимуляции, например, света или звука (Депонт, 1972). Засыпание подобно обрыву. Наркотическое опьянение, вызванное, например, алкоголем или марихуаной, является постепенным, но часть ему предшествует момент, когда человек чувствует себя пьяным.

Тарт описал несколько типов процессов, которые стабилизируют состояния сознания. Одним из наиболее важных среди них является стабилизация наружной, или, проще говоря, зрительной деятельности, которая поддерживает внешнее сознание. При определенных восторженных состояниях она может включать пение псалмов, повторное чтение или мантры, но в обделенной действительности она обычно означает поддержание продуктивной занятости чем-нибудь: от приготовления блюд до страсти к пазлам, оплать счетов, строительства зданий или написания книг. Такие продуктивные занятия — страсть к мистической деятельности, и у нас есть тенденция не очень хорошо относиться к тому, что этому ей не соответствует.

Переходы между состояниями сознания могут быть вызваны прерыванием стабилизирующих процессов в адекватной позитивных

паттернов усилий в направлении нового желаемого состояния. Например, собираясь спать, мы должны перестать готовить, стричь газон, завязывать счета и должны переместиться в темное и относительно тихое место, где будет играть роль естественные биологические тенденции к отдыху и сна. Технологией работы с сознанием, найденные, например, в йоге или плаванье, включают много методов, разработанных и для того, чтобы прийти обычное сознание и чтобы ввести практикующего эти техники в экстраординарные состояния (Сонбл, 1993, 1995).

Я считаю идеи Тарта весьма значительными, но они могут выиграть от современных достижений в науках о сложности, которые дают более двумерные и подлинные концепции сущности систем. Например, состояние сознания может быть переосмыслено как аттрактор. Аттрактор — это состояние, к которому система стремится по своей собственной природе. Если чашку поставить на стол, сытая ее выложив, то она покажется по спирали, пока не остановится. Это последнее состояние называется статическим аттрактором, потому что оно представляет статическое положение, к которому чашка стремится. Более интересны динамические аттракторы или аттракторы с фиксированным циклом. Человеческое сердце, например, выполняет свой цикл много раз каждую минуту. Луна проходит свои различные фазы каждый месяц. Это, а также многое другое является примером систем, поведение которых естественным образом укладывается в предсказуемые повторяющиеся циклы. Однако наиболее интересен класс аттракторов, которые и не фиксированы, и не могут быть предсказаны точно. Они называются странными или хаотическими аттракторами.

При ближайшем рассмотрении циклической ритмы человеческого сердца оказываются не такими точными, как движение часов, а только приближаются к нему. Его общая форма хорошо известна и легко распознается, но среднее-близкое конкретного индивида варьирует от удара к удару, не поддаваясь точному предсказанию. Кроме того, маловероятно, что сердце когда-либо в самом строгом возможном смысле повторяет один и тот же путь дважды. Эта ситуация общей сложности, но не предсказуемости, наряду с идеей, что система никогда точно себя не повторяет, определяет хаотическую систему, чье поведение описывается странным аттрактором.

Хотя в конкретном случае часто трудно полностью удовлетворить эти критерии (Варр, 1993), системы данного общего типа найдены и в природе, включая биологические системы, такие, как человеческий мозг (Ванг, 1990; Рейман, 1994). Я буду называть их хаотическими или хаотическоподобными.

Состояние сознания как хаотический аттрактор

Я предполагаю, что состояние сознания описывается хаотическим аттрактором, который объединяет множество формулировок его элементов в единый паттерн деятельности. Тенденция аттрактора включать свои различные компоненты-смысловую конфигурацию может быть рассмотрена как тенденция «падать» все глубже в состояние типа трояки или сна без совпадений, раз уж мы попали в данный бассейн (используя термины теории систем). Эта тенденция аттрактора удерживать сознание в том или ином конкретном состоянии выводит за пределы идеи Тарта о начальных структурных-ослах и представляет внутреннюю динамику самой системы. Когда сон начинает наступать сознание, мы быстро дрейфуем, уносимся в бассейн аттрактора. Стремительность перехода зависит от крутизны склона бассейна. Если мы долго не спали, переход может быть быстрым, но если мы привыкли или ныряли снышком много раз, он может быть медленным и трудным.

Почему сознание рассматривается как хаотический аттрактор? Ответ состоит в следующем. Как подчеркнул Вильям Девис столетие назад (Davis, 1890/1981), сознание как объект знания — это постоянно изменяющийся процесс, а не статический и даже не следящий по фиксированному курсу, а определяемый глобально, по крайней мере для каждого индивидуума. Воспоминание приходит и уходит, мысль проходит через сознание, только чтобы исчезнуть и появиться позже, настроения непрерывно изменяются, бодрость и энергичность изменяются от часа к часу. Они являются элементами некоторого политического времени или, точнее, политической погоды, с соответствующими ей постоянно колеблющимися температурой, влажностью, ветром, давлением и т.д.

Не удивительно, что погода хаотична. Действительно, составляющие ее элементы, такие, как температура, колеблется в определенном диапазоне день ото дня, но не могут быть предсказаны точно. Было так, вероятно, чтобы колебания температуры в какие-либо дни происходили одинаково. То же самое по своему отношению и к политической погоде. Она формируется из взаимодействия таких элементов, как настроения, мысли, воспоминания и т.д. Они представляют собой первоначальные психоаналитические функции Тарта. Для некоторых из них, таких, как настроения, уже имеется эмпирическое доказательство их хаотичности (Combs, Winkler, Daley, 1994; Sacks, 1973/1990; Winkler, Combs, 1993), у них фактически все соответствует выстраиваемому образу-символу хаотического процесса. Подобно взаимодействию элементов погоды, их совокупное группное взаимодействие дает чрезвычайно сложную процессуальную ткань, которую мы знаем как сознание. Эта ткань словесно-символическая, чтобы описать ее подробно,

не были предприняты усилия, чтобы математически осмыслить ее как главный качественный аттрактор. Бен Гертцель — математик, работавший в области теории хаоса, недавно разработал общую концепцию, связывающую математическое представление, которое он назвал когнитивным уравнением — уравнением, представляющим целостную структуру процессов психической жизни индивидуума (Coetzel, 1994).

Гертцель представляет эту структуру как оперирование на двух уровнях, т.е. на психическом уровне и уровне мозга. Он считает, что «мозг, подобно другим чрезвычайно сложным системам, является непредсказуемым на уровне деталей, но грубо предсказуем на уровне структуры. Это означает, что динамика его физических переменных может быть описана как странной аттрактор со сложной структурой «арамельно» или «отделенной» (р. 157). Эти крайние или отделенные служат малыми аттракторами, которые находятся в большом аттракторе общей нервной активности мозга. Они могли бы, например, быть связаны с индивидуальными составляющими сознания. Ради ясности я буду продолжать говорить о них как о отдельных, понимая, что они всегда являются частью более крупного вклада — частью общей структуры мозговых процессов.

Гертцель рассматривает историческую деятельность как работу на первом уровне мозговых процессов, создающей второй уровень системы. Психический уровень менее детализирован, однако и более обобщен, чем уровень нервной деятельности. «Если аттракторы физического уровня являются парковой думкой, то процессуальный (когнитивный) уровень аттракторов — математический флюктуатор» (р. 158). Однако одна и та же обобщенная структура процесса охватывает на обоих уровнях.

Конфигурация состояний сознания как качественных аттракторов позволяет нам увидеть проявление из внутреннего динамики. С одной стороны, много сложных качественных систем являются самоорганизующимися. Например, живая клетка находится на богатой и сложной матрице химических связей, которые самоорганизуются таким образом, чтобы регулировать общую деятельность клетки. В 1974 г. биологи Матурано, Варела и Урбе (Maturana, Varela, Uribe, 1974) развили это представление дальше, выдвинув предложение, что обобщенный продукт этой матрицы активности не меньше, чем сама клетка. Другими словами, если сравнить все сложные метаболические процессы живой клетки, то придет ее деятельности — это постоянное создание самой себя. Авторы назвали данный процесс *автопоэзис*, или *самоискождением*. Живые клетки — это самоискождающие системы. То же относится и к экологическим системам, и к множеству других сложных систем, таких, как международная экономика и даже человеческие общества (Lalco, Smeyi, Corbis, Artigiani, в печати).

Я полагаю, что сознание и, в частности, его состояние также являются самосоорганизующимися системами (Conly, 1993, 1994, 1995). Подобно живой клетке, сознание формируется сложными процессами, которые взаимодополняют так, чтобы в результате создать само это состояние. Нетрудно понять, как это происходит. Например, когда мы находимся в депрессии, то стремимся избирательно вызывать в памяти печальные события, которые в свою очередь способствуют депрессии. С другой стороны, хорошее настроение вызывает счастливые воспоминания, которые поддерживают хорошее расположение.

Похоже этого, континент, сам порождаемый специфическим состоянием сознания, словно создан для поддержания каждого из своих элементов. Рассмотрим, например, опьянение марихуаной (Tiet, 1971). Снижение уровня кратковременной памяти приводит к неспособности долго концентрироваться, поддерживая одновременно стиль поведения, который больше основан на интуиции и воображении, чем на последовательном логическом мышлении. Этот стиль очереди способствует стилю бессмысленного, но тем не менее яркого образного юмора, так характерного для этого состояния.

Представляется, что этот вид саморегуляции — по существу, самосоорганизующая деятельность — имеется на всех уровнях системы. Например, убежденно стремится поддерживать друг друга, даже если они должны быть созданы тут же, на месте, и даже если им не удается сформировать логически последовательную ткань. В социальной психологии хорошо известно, что опровержение особо ценного убеждения, например, что Второе Пришествие произойдет вот-вот, не ослабляет это убеждение. Более того, это убеждение модифицируется, расширяется, и возрождается с новой силой (Festinger, Rieckin, Schacter, 1956).

Интересно, что психологические стадии развития, подобно состоянию сознания, также являются самосоорганизующимися. Каждая из них создается и поддерживается процессуальной тканью. В психотической эпистемологии Пиаже эта ткань соткана из последческих и умственных схем (Piaget, 1963; Gebet, Vonèche, 1977). Она развертывается, поддерживая друг друга. Рассмотрим, например, схему или понятие сохранения — вера не меняется ни куда и не исчезает никуда. Она поддерживается схемой обратности — способности выполнять умственные операции обратным ходом. Иными словами, если ребенку показать овальную узкую стakan и наполнить ее водой, перелившаяся из узкого стакана, не заполнит широкой стакан до последнего уровня, то он может представить переливание воды обратно в высокий стакан и заметить, что ее уровень находится на первоначальном высоте.

Суть здесь в том, что психическим процессом, составляющим сознание, будь оно состоянием сознания или стадиями развития, реализуется один общий режим, одна система управления, основанную на матрице самосоздающего процесса.

Граница хаоса

Основная идея состоит в том, что сознание существует в состоянии, т.е. в определенных единицы, каждая из которых состоит из психологических процессов или функций, таких, как память, эмоции, мышление, чувство юмора, чувство «Я» и т.д. Здесь мне хотелось бы кратко остановиться и рассмотреть эти элементы более формально — просто как самоорганизующийся ансамбль компонентов, которые взаимодействуют друг с другом множеством разнотипных способов. Дороти Канвик подробно проанализировала такие системы (Kamvik, 1991). Он называет их компонент-системами и утверждает, что они производят новые и творческие комбинации, которые даже в принципе не могут быть предсказаны вычислительными процедурами типа компьютерных. Причиной этого фундаментального творческого потенциала является то, что взаимодействия компонентов этих систем (процессов, чтобы быть более точным) имеют тенденцию в ходе своей обычной деятельности строить новые неизвестные структуры (процессы), раздутая в то же время некоторые из уже существующих. Эти новые элементы в свою очередь взаимодействуют друг с другом и с существующими делами, производя новые компоненты, не поддающиеся предвидению на основе анализа первоначальных составляющих. Результатом является разветвление самосоздающего события, в котором старые структуры раздутаются и постоянно возникают оригинальные новые.

Нетрудно представить, как это происходит в повседневной действительности. Мысли, воспоминания и чувства одного момента комбинируются, чтобы создать мысли, воспоминания и чувства следующего момента и т.д. в течение каждого момента нашей жизни. Таким образом, подобно реке Гераклита, наша внутренняя жизнь находится в постоянном движении, никогда не бывая одной и той же дважды. Но — стоп — это в точности то, что описывается от динамической системы. В этом отношении оказывается, что понятие динамического уравнения Пуанкаре (Guentzel, 1994), математического аттрактора, имеет много общего с идеей Канвикса о компонент-системах. Действительно, Пуанкаре в процессе его работ стимулировал идеи Канвикса.

Пуанкаре рассматривает проблему в особом аспекте: как такая сеть взаимодействующих процессов могла бы приводить к статистическому и органи-

человку, но реальному существованию, характеризующему нашу внутреннюю жизнь. В итоге он предлагает «гипотезу продуктивности», согласно которой «с высокой степенью приближения каждый умственный процесс X , который не является паттерном в другом умственном процессе, может быть продуктивен применением некоторого умственного процесса Y к некоторому умственному процессу Z , где Y и Z — паттерны в некотором другом умственном процессе» (р. 137). Иными словами, любой самостоятельный умственный процесс может быть продуктивен взаимодействием других умственных процессов, которые сами являются продуктами третьих умственных процессов. Так, например, определенные представления и убеждения являются продуктами взаимодействия других представлений и убеждений, которые сами зависят от третьих взаимодействий. Другой пример: конкретная эмоция может быть результатом взаимодействия определенных постановлений с определенными мыслями. И наоборот, взаимодействие эмоций с постановлениями может создавать мысли. Возможно, более спорным является вопрос: может ли комбинация эмоций и мыслей вызывать постановления? Но являются серьезные доказательства того, что память является результатом конструирования в наиболее большой степени, чем предполагалось несколько десятилетий назад (Loftus, Neffman, 1989; Winograd, Neisser, 1992).

Гертцел — сторонник не вычислительного модели, и он не согласен с Каммингом в том, что творческая деятельность такой системы, как человеческая психика, в принципе не может быть смоделирована компьютерной программой. Вопрос о том, могут ли свойства сознания быть представлены через вычислительные модели, является сегодня истинником серьезным спором (Churchland, 1984; Dennett, 1991; Penrose, 1994), но здесь мы не будем на этом останавливаться. Я хочу вернуться к идее Гертцела о том, что когнитивное уравнение, представляющее сложную процессуальную ткань сознания, является хаотическим.

Идея о том, что процессы, конфигурирующие сознание, являются хаотическими, порока и не означает, что они проявляют типичные хаотические свойства в каждый момент. Действительно, они и не проявляют. Даже относительно простая хаотическая функция типа аттрактора Лоренца не обязательно проявляет себя хаотической при первом наблюдении. Более того, психоэволюционные процессы (Condit, Winkler, Daley, 1994; Condit, 1995), как и нейробиологические события, на которых первые основываются (Bass, 1993; Ruitman, 1994), представляются взаимодействием между относительно хаотическими паттернами деятельности и более регулярными или даже статическими. Например, настроение могло бы колебаться в регулярном и предсказуемом ритме в течение дня. Такой паттерн, однако, не мог

бы давать непредсказуемо долго-без-помощной, хаотичный вклад в деятельность в более хаотических периоды. Настроение — очевидный пример, но нет никаких причин подозревать, что функции памяти, мышления, сна и общей активности не демонстрируют периоды как постоянного или ритмической активности, так и другие периоды более хаотического изменения.

Если это верно, то образ такой процесс сознания тоже должна демонстрировать споловые периоды, периоды более или менее регулярного колебания и отклоняемые периоды хаотической активности. Тщательное представление такого режима было бы тем-то вроде очень сложного математического аттрактора типа предельного в колебательном уравнении. Однако межклеточное исследование раскрыло бы движение системы в час и обратно.

Такие системы на границе хаоса не являются белым пятном в науках о сложных системах. Фактически, они могут быть общими, если не универсальными, среди таких саморегулирующихся систем, как живые клетки, экологические системы и мозг. Обсуждая эволюцию биологических систем, Стюарт Каррфран (Каллман, 1993) отмечает, что «отбор приводит к появлению и поддерживает сложные системы, сбалансированные на границе, между порядком и хаосом». Эти системы лучше всего способны координировать решение сложных задач и развиваться в сложной среде.

Способность системы двигаться в час и выводить из него продукт ей преимущественно творчества. Она способна и смелее из устоявшегося или предельного функционирования к такому, которое генерирует новые неожиданные неожиданные качества, будь то оригинальные идеи или представления, новые паттерны поведения или новые эмоциональные реакции. Кроме того, у хаотического режима есть стойкая упругость, которая отсутствует в сбалансированном поведении. Это видно и в возбужденном танце, и в действиях спортсменов, борющихся за приз, и в поведении нейронов. Мы встречаем такой эффектнее, не правя-фиксированного положения, а, переключаясь динамично, плавно одним шагом, который последует силу ударов, уравновешивает смелыми отклонительно земли и позволяет давать новые неожиданные ответы.

С теоретической точки зрения, как задерживает систему от застревания в хаотических ямах или аттракторах и тем самым от неудачи при попытках найти более дружные, более эффективные результаты. Например, поиск в памяти можно рассматривать как путешествие через нейронное «пространство состояний» в поиске нужного аттрактора памяти (Алтайан, 1997; Фетман, 1991, 1993; Шарда, Фетман, 1987). Если система застревает в аттракторе ошибочного решения, то ответ будет неадекватным. Необходим процесс, который предохраняет ее от слишком быстрого успокоения в первом попавшемся аттракторе бассейна. Этот процесс — час.

Можно легко распространить эти рассуждения на решение проблем в математике или лингвистике, или на основе правильного художественного выразения. Хаос — это противоречие от застоя.

Перевод Н.Н. Трофимовой

Литература

- Abraham F.D.* (1995). Dynamics, bifurcations, self-organization, chaos, and mind // R. Robertson and A. Combs (Eds.). *Proceedings of The Society for Chaos Theory and the Life Sciences*. — Lawrence Erlbaum.
- Basar E.* (Ed.). (1990). *Chaos in Brain Function*. — Berlin: Springer-Verlag.
- Bower G.H.* (1981). Mood and memory // *American Psychologist*. 36. 129–148.
- Churchland P.S.* (1984). *Matter and consciousness*. Cambridge, MA: Bradford Books, MIT Press.
- Combs A.* (1993). The evolution of consciousness: A theory of historical and personal transformation // *World Futures: The Journal of General Evolution*. 38. 43–62.
- Combs A.* (1994). Psychology, chaos, and the process nature of consciousness // F. Abraham, A. Gilgen (Eds.). *Chaos Theory in Psychology*. — Westport, CT: Greenwood Pub.
- Combs A.* (1995). *The radiance of Being*. Edinburgh, Scotland: Floris. — New York: Paragon House, 1996.
- Combs A., Winkler M., Daley C.* (1994). A chaotic systems analysis of circadian rhythms in feeling states // *The Psychological Record*. 44. 359–368.
- Dement W.C.* (1972). *Some must watch while some must sleep: Exploring the world of sleep*. — New York: W.W. Norton.
- Dennett D.C.* (1991). *Consciousness explained*. — Boston: Little, Brown.
- Festinger L., Riecken H.W., Jr., Schacter S.* (1956). *When prophecy fails*. — Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Flavel J. H.* (1963). *The developmental psychology of Jean Piaget*. — New York: Van Nostrand.
- Freeman W.J.* (1991). The physiology of perception // *Scientific American*. February. 78–85.
- Freeman W.J.* (1995). *Societies of brains: A study in the neuroscience of love and hate*. — Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gelman S.A., Markman, E.M.* (1986). Categories and induction in young children // *Cognition*. 23. 183–209.
- Göertzel B.* (1994). *Chaotic logic*. — New York: Plenum.

- Gesler, Vincze (Eds.). (1977). *The essential Piaget*. — New York: Basic Books.
- James W. (1890/1981). *The principles of psychology*. — Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- James W. (1902/1929). *The varieties of religious experience*. — New York: Modern Library.
- Kanizs G. (1991). *Self-modifying systems in biology and cognitive science*. — New York: Pergamon.
- Kauffman S.A. (1993). *The origins of order*. — New York: Oxford University Press.
- Krippner S. (1994). Waking life, dream life, and the construction of reality // *Anthropology of Consciousness*. 3(3). 17 – 23.
- LaBerge S. (1988). Lucid dreaming in western literature // J. Gackenbach, S. LaBerge (Eds.). *Conscious mind, sleeping brain*. P.11–26. — New York: Plenum.
- Lucidi E., Csanyi V., Combs A.L., Actigiani R. (in press). The evolution of cognitive maps: New paradigms for the 21st century. Hampton Press.
- Lofus E.F., Hoffman H.G. (1989). Misinformation and memory: The creation of new memories // *Journal of Experimental Psychology: General*. 118. 100–104.
- Mattana H.R., Varela F.J., Uribe R. (1994). Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and model // *Biosystems*. 5. 187–196.
- Penrose R. (1994). *Shadows of the mind*. — Oxford: Oxford University Press.
- Pollman K.H. (Ed.). (1994). *Origins: Brain and self organization*. — Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Rapp P. (1993). Chaos in the neurosciences: Cautionary tales from the frontier // *Biologist*. 40(2). 89–94.
- Sacks O. (1973/1990). *Awakenings*. — New York: Harper.
- Sharda C.A., Foreman W.J. (1987). How brains make chaos in order to make sense of the world // *Behavioral and Brain Sciences*. 10(2). 161–195.
- Tart C.T. (1969). The high dream // C. Tart (Ed.). *Altered States of Consciousness*. P. 171–176. — New York: Doubleday.
- Tart C.T. (1971). *On being stoned*. — Palo Alto, CA: Science and Behavioral Books.
- Tart C.T. (1972). States of consciousness and state-specific sciences // *Science*. 176. 1203–1210.
- Tart C.T. (1973). *States of consciousness*. — New York: E.P. Dutton.
- Winograd E., Neisser U. (1992). Affect and accuracy in recall. — Cambridge: Cambridge University Press.
- Winkler M., Combs A. (1993). A chaotic systems analysis of individual differences in affect // Paper presented at the 24th Interamerican Congress of Psychology, Santiago, Chile. July



Трофимов Никита Николаевич (родился в 1941 г.) — кандидат психологических наук, сотрудник лаборатории коллективного интеллекта Мак Мастерского университета (Канада), президент «Russian Synergetic Society» (русского филиала Международного Общества Теории Хаоса и Психологии и Наук о Живом). Руководил секцией «Синергетика и психология» на Московском Синергетическом Форуме и аналогичной секцией на Международном психологическом конгрессе в Монреале, 1994г., и 2000г.; провел круглый стол «Modeling

in Life Science» на Международной конференции по сложным системам в Нанте, организатор NATO Advanced Study Institute «Nonlinear Dynamics in Life and Social Science» в 2000г. и NATO Advanced Research Workshop «Formal description of developing systems» в 2002г. Разрабатывает совместно с коллегами из ИПТМ им. Келдыша модели кластерной сети с перемещаемой структурой связей для исследования поведенческих стратегий в индивидуальных различиях экологических сред, которые могут найти приложения в психологии. В области психологии индивидуальных различий проводит исследования взаимосвязи семантического пространства и биологически обусловленных свойств индивида — пола, возраста и температуры. Редактор и автор семи книг и более сотни статей.

И. Н. Трофимов

СИНЕРГИЯ ДИНАМИКИ ТЕЛА И ВОСПРИЯТИЯ МИРА

Введение

Связь между людьми и том, как они воспринимают и организуют мир, мы обычно адресуем культурным факторам, а нашу индивидуальность в смысле мира, несмотря на общую культуру и язык, мы объясняем онтогенетическими факторами нашего развития (исключительность личного жизненного пути и социальной ситуации развития). Личное смысловое пространство, понимаемое в психоанализе как семантическое пространство, имеет определенную размерность в отношении каждого блока информации, который мы осуживаем. Размерности, шкалы семантического пространства образуют наши личные, специфические критерии оценки мира (Петренко, 1988), то, что Дж. Келли называл «личностными конструктами» (Келли, 1955).

Классическим результатом изучения семантического пространства стало открытие зависимости его размерности, универсальными среди разных культур, языков и людей с разным уровнем образования. В своем методе Семантического Дифференциала (СД) Чарльз Остуд просил оценить различные объекты, используя биполярные шкалы, в которых полюсами служат противоположные прилагательные. Несмотря на широкий спектр смыслов и категорий, которыми человек использует для оценки объектов, применение факторного анализа дало Остуду три повторяющихся в различных семантических пространствах факторы (группы взаимосвязанных шкал), названные условно «Оценка» (такие шкалы, например, как «приятное-неприятное», «чистое-грязное», «доброе-злое»), «Активность» («энергичное-спокойное», «спокойное-резкое», «быстрое-медленное») и «Сила» («сильное-слабое», «прочное-непрочное», «массивное-минималистское») (Osgood, 1962). Вентлер и ЛаВоле добавили в этому списку универсальных факторов фактор «обычности» (Ventler, La Voie, 1972), Росс — факторы «развития», «реальности» и «плотности» (Ross, 1978). Виктор Петренко получил похожие результаты, используя пары прилагательных русского словаря (Петренко, 1988).

Используя СД метод, мы провели исследование взаимосвязи между этими наиболее стабильными факторами семантического пространства и такими биологически обусловленными характеристиками, как пол, возраст и темперамент. (Трофимова, 1997; Тройнова, 1996, 1999). Темперамент мы рассматривали не столько как личностную черту в широком смысле, сколько как биологически обусловленную систему динамической и импринциальной регуляции поведения. Многочисленные исследования указывают на биологическую основу темперамента (Неймарк, 1976; Eysenck, 1990; Rinaldi, 1989; Stefan, 1994; Stefan, Anglim, 1991).

Сравнение указанных традиционных факторов в семантическом пространстве людей контрастных темпераментальных и возрастных групп показало, что экстраверсия, энергичность и гибкость активности связаны с тенденцией приписывать более активные и энергетические оценки конкретным и абстрактным объектам; высокой нейротизмом связан с приписыванием объектам негативности, пассивности, слабости и неорганизованности. Люди с высоким темпом общеподвижной активности оценивали объекты как более позитивные и активные, а люди с высоким темпом вербальной и социальной активности оценивали объекты как более определяемые, известные и упорядоченные, чем другие темпераментальные группы (Трофимова, 1997; Тройнова, 1999). Другой анализ показал, что люди с высоким темпом активности оценивают объекты как более

быстрые, зрительные и резкие, высокоинвертивные субъекты оценивают объекты как более неволокнистые, чем субъекты контрастной температурно-темповой группы, а люди с высокой социальной зрелостью оценивают объекты как более быстрые, резкие и большие. Высокоинверсионные люди оценивают объекты как более упорядоченные, большие, позитивные и возможные, чем низкоинверсионные люди (Тройнова, 1999).

Сравнение семантического пространства трех возрастных групп (13–18, 19–33, 34–54 года) показало, что наиболее молодая группа приписывала абстрактным объектам большую «энергичность», а наиболее старшая группа придавала больше, чем другие группы, значение практическим свойствам объектов — чистоте и прочности, поскольку эти свойства более важны в фазе Оценки («скорение-падение») в семантическом пространстве этой группы.

Эти результаты позволяют нам предположить существование феномена, который мы называем «проедом способностей». Этот феномен проявляется тогда, когда человек воспринимает, регистрирует и ценит преимущественно те аспекты объектов или ситуаций, в отношении которых он может адекватно реагировать и действовать, соответственно своим способностям. Организм выделяет в восприятии те особенности стимулов, которые он может использовать в активности и которые определяют, какую из имеющихся стратегий, каких из имеющихся ресурсов использовать.

Тем самым категориальная стимулов зависит от состояния организма, как носителя этих ресурсов и способностей. Относительный индекс недавний эксперимент был направлен на дальнейшее сравнение семантических пространств людей различного пола и темперамента. В отличие от предыдущей работы, однако, в этом исследовании мы использовали большее число шкал и объектов, в том числе шкалы, которые постулированы в энергичности и величине движения. — шкалы, описывающие вероятность, сложность, стабильность, организованность и размерность событий. Если эти шкалы являются нетривиальными в нашей оценке событий, они бы не вошли в состав основных факторов. Если же они входят в состав основных факторов, т.е. критериев, по которым мы даем первую оценку объектам и событиям, то это значит, что наша психика использует математику, схожую с современной энергетикой.

Метод

Выборка: 90 человек, 39 мужчин и 51 женщина, добровольцы и студенты Московского государственного социального университета и Московского физико-технического института в возрасте 18–26 лет.

Экспериментальной материал. Предлагалось оценить 31 абстрактное слово по 67 семантическим биполярным шкалам (список дан в Приложении). Каждый участник заполнял также Опросник Структуры Темперамента (ОСТ), разработанный В.М. Русаловым. Этот опросник имеет две пары следующих 4-х шкал: энергичность человека (работоспособность и способность выдерживать длительную нагрузку), гибкость, темп и эмоциональность, взятые отдельно в обще-моторной активности и в социально-вербальной активности. (Русалов, 1990).

Обработки данных. На первом этапе для обработки сырых оценок объектов применялся факторный анализ с паремикс-ротацией по данным всей выборки, отдельно по данным мужчин и женщин и отдельно по каждой контрастной темпераментальной группе. Группы с разными значениями формировались из испытуемых, значения которых по соответствующему показателю попадали в область выше ($M + 2/3 SD$), группы с иными значениями — из невытутемых, чьи значения попадали в область ниже ($M - 2/3 SD$), где M — среднее по соответствующему темпераментальному показателю, SD — стандартное отклонение. Состав сформированных таким образом групп колебался от 22 до 43 человека.

Далее был применен метод MANOVA/Алс-схема 2 (пол) \times 8 (темперамент) группы, с фиксированными эффектами, по 67 зависимым переменным, соответствующим шкалам. С помощью этого метода анализировалось влияние действия пола и темперамента на даваемые испытуемыми оценки, а также действие в отдельности этих двух факторов на оценки.

Результаты

Факторный анализ по данным всей выборки выявил семь основных семантических факторов, которые условно были названы: Активность-Стимуляция, Сила-Стабильность, Организация, Вероятность-Реальность, Ограничение, Оценки и Сложность (таблица 1). Размерности семантического пространства для разного пола и темперамента были близки, но отличалась по оси. Мужчины имели более мощной, чем женщины, фактор Организации, и дополнительный фактор Ограничение, а женщины имели

¹ Опросник Русалова сравнивался с EPI соросоника (Eysenck & Eysenck, 1968) и последующим исследованием (Русалов, 1990). Выявлен корреляция обнаружены между шкалами соросоника энергичности, социальной общности и шкалой экстраверсии EPI, и между шкалой эмоциональности соросоника и шкалой нейротизма EPI (N-90) (Русалов, 1990).

Таблица 1. Варимакс-факторы в семантическом пространстве слов выбора, а также по отдельности в семантическом пространстве мужчин и женщин

Всё выбора		Мужчины		Женщины	
Шкала	Нагрузка, %	Шкала	Нагрузка, %	Шкала	Нагрузка, %
ФАКТОР СТАБИЛИЗМ					
Вес 10,1%		Вес 9,5%		Вес 10,0%	
возмущает - безразличное	68	возмущает - безразличное	74	дурно - хорошо	67
быстро - медленно	62	быстро - медленно	70	возмущает - безразличное	66
возбуждает - успокаивает	63	возбуждает - успокаивает	64	интересно - скучно	61
плохо - хорошо	67			возбуждает - успокаивает	61
просто - сложно	67				
ФАКТОР СТАБИЛЬНОСТЬ					
Вес 6,7%		Вес 6,5%		Вес 6,0%	
ровное - неровное	63	ровное - неровное	68	устойчивое - неустойчивое	68
устойчивое - неустойчивое	67	устойчивое - неустойчивое	66	нечёткое - чёткое	66
регулярное - нерегулярное	55	регулярное - нерегулярное	62	ровное - неровное	60
прямое - изогнутое	61	чёткое - размытое	58	регулярное - нерегулярное	56
		прямое - изогнутое	57	постоянное - непостоянное	51
		нечёткое - чёткое	57	менее - более	51
ФАКТОР ОРГАНИЗАЦИЯ					
Вес 4,7%		Вес 6,0%		Вес 4,9%	
организованное - неорганизованное	60	ясное - разбросанное	67	полезное - бесполезное	63
полноценное - неполноценное	56	организованное - неорганизованное	63	полноценное - неполноценное	57
полноценное - неполноценное	53	полноценное - неполноценное	63	известное - неизвестное	56
		ясное - разбросанное	63	известное - неизвестное	54
		полноценное - неполноценное	57	оригинальное - неоригинальное	52

Описание таблицы 1

Вся выборка		Мужчины		Женщины	
Шкала	Нагрузка, %	Шкала	Нагрузка, %	Шкала	Нагрузка, %
ФАКТОР ВЕРЯТНОСТЬ					
Вес 4,6%		Вес 4,2%		Вес 4,3%	
возможное - невозможное	52	возможное - невозможное	53	возможное - невозможное	65
много чаще встречается - редко встречается	52	часто встречается - редко встречается	53	часто встречается - редко встречается	54
редко встречается - много встречается	58	возможное - невозможное	52	закономерно - случайно	53
возвратное - невозвратное	51	существование - изображение	51	возможное - невозможное	50
судно плывущее - изображение	62				
ФАКТОР ОЦЕНКА					
Вес 4,8%		Вес 3,8%		Вес 3,4 %	
светлое - темное	60	хитрое - простое		осязание - ощущение	62
хитрое - простое	53	хитрое - простое	61	хитрое - простое	57
доброе - дикое	54	доброе - дикое	49	доброе - дикое	53
				реальное - возможное	50
ФАКТОР ОГРАНИЧЕНИЕ			ФАКТОР РЕАЛЬНОСТЬ		
Вес 3,7%		Вес 4,4%		Вес 4,1%	
конечное - бесконечное	64	ограниченное - неограниченное	67	высшее - низшее	56
ограниченное - неограниченное	61	конечное - бесконечное	65	существование - изображение	67
однородное - многообразное	54	однородное - разнообразное	61	реальное - предположимое	63
		однородное - многообразное	60		
ФАКТОР СЛОЖНОСТЬ					
Вес 3,5%		Вес 4,0%		Вес 3,0%	
трудное - легкое	62	трудное - простое	65	сложное - простое	69
сложное - простое	66	сложное - простое	57	трудное - легкое	65

Таблица 2. Факторные веса (процент от общей дисперсии) конструкторов в семантическом пространстве температурными контрастными групп

Конструктор		Стимуляция	Стабильность	Оценка	Реальность	Организация	Вероятность	Отрицательное
Активность-продуктивная	низкая	11,2	7,1	6,0	5,2	5,1+4,0	-	4
	высокая	7,1	5,2	4,1	3,3	4,3	4,0	4
Активность-социальная	низкая	11,0	7,3	7,2	5,1	5,2	-	3
	высокая	9,2	6,1	4,1	3,0	3,4	4,0	3
Гибкость-продуктивная	низкая	11,6	6,0	6,3	4,1	5,7	5,7	3,3
	высокая	8,6	5,2	4,3	5,3	5,0	5,0	4,9
Гибкость-социальная	низкая	13,1	7,2	6,1	3,2	4,2	3,1	4
	высокая	9,8	4,1	4,3	3,3	3,1	4,2	3
Темп-продуктивный	низкая	6,7	6,3	8,1	3,8	5,6	3,8	5,1
	высокая	8,3	5,3	3+4,1	4,2	3,3	-	4,9
Темп-социальный	низкая	13,2	7,3	5,0	4,2	3,3	3,9	3,4
	высокая	11,1	5,4	3,6	4,6	4,5	4,2	4,0
Экзотрициальность-продуктивная	низкая	7,0	6,1	3,4	4,3	4,3	Полное 5,4 3,9	4,3
	высокая	11,4	6,0	5,0	4,2	3,2		3,9
Экзотрициальность-социальная	низкая	10,1	5,3	3,4	6,2	3,1	5,3	4,2
	высокая	9,2	6,1	4,4	3,3	4,4	4,0	4,1

более мощный фактор Оценка и дополнительный фактор Реальность. Люди с низкой гибкостью, активностью и темпом имели более мощный фактор Активность-Стимуляция, чем их контрастные группы, а люди с низким темпом и гибкостью в социальной сфере и люди с низкой активностью в обеих сферах имели наиболее мощный конструкт Стабильность. В то время как фактор Оценка не имел большого веса в среднем по выборке, в группе с низким темпом продуктивной деятельности он оказался достаточно мощным (таблица 2). Было любопытно найти дополнительный фактор Полное (вес 5,4%, шкалы оправданное - бессмысленное, полезное - вредное, прогресс - упадок) в семантическом пространстве людей с низкой общей экзотрициальностью.

Использование MANOVA показало существование различий в оценках мужчин и женщин: женщины предпочитали привлекать абстрактным и нейтральным объектам более позитивные оценки по шкалам, включенным в факторы Стимуляция, Организация, Реальность, Судьба и Вероятность, и то время как мужчинам давали объектам более позитивные оценки по шкалам Стабильность и Ограничение. Для обобщения картинок мы вычислили средние оценки по факторам, сгруппировав в них шкалы согласно результатам факторного анализа, и привели MANOVA к этим восьми компонентам². Все восемь факторов показали значимость только что указанных различий между исследуемыми группами ($p < 0,001$), (рисунком 1, таблица 3).

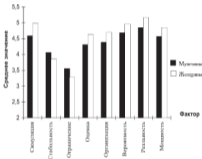


Рис.1. Средние оценки мужчин и женщин, сгруппированные по факторам. MANOVA показала значимость различий по всем факторам (табл.3)

² Поскольку шкалы «ограничение», «стабильность» и «милость» показали значимость различий между исследуемыми группами, мы объединили их в один, восьмой, фактор «Милость».

Таблица 3. Разница в оценках мужчин и женщин

Мужчинами оценивали объекты как более...	F (1,2890)	Женщинами оценивали объекты как более...
однородное, постоянное	23,7	разнообразное, меняющееся
утопающее, безразличное	76,5	возмущающее, оригинальное
ограниченное, фиксированное	66,8	неограниченное, текучее
темное, предельное, раздробленное	66,6	светлое, полуживое, приятное
бесформенное, неорганизованное	33,9	организованное, определенное, собранное
невозможное, невозвратное	32,7	возможное, известное, отведенное
мелкое, незначительное, необразованное	63,6	существующее, постоянное, важное
слабое, поверхностное, докучливое	48,9	могучее, глубокое, массовое

В контрастных температурных условиях группы были получены следующие эффекты (таблица 4):

1) Общая эрзичность показала наибольший эффект в факторе Реальность и средний эффект в факторе Вероятность, в то время как социальная эрзичность имела наибольший эффект в факторе Стимуляция и средние эффекты в факторах Реальность и Организованность. Более энергичные в предметной деятельности люди, по сравнению с их контрастной группой, оценивали объекты как менее реальные, менее вероятные (таблица 5), а также как более мягкие ($F=7,91, p<.0001$), слабые ($F=40,28, p<.0001$), легкие ($F=19,98, p<.0001$) и незначительные ($F=16,52, p<.0001$). Энергичные в социальной сфере люди оценивали объекты как более интересные и организованные, и также как менее реальные по сравнению с контрастной группой.

2) Таблица в предметной сфере имела наибольший эффект на факторы Стабильность и Ограничение и средний эффект на фактор Реальность: более гибкие люди оценивали объекты по сравнению с rigidными людьми как менее стабильные, менее законченные и менее реальные (таблица 5), а также как более быстрые ($F=9,20, p<.0001$), разнообразные ($F=16,31, p<.0001$), неограниченные ($F=33,85, p<.0001$) и необычные ($F=35,50, p<.0001$), чем фронтальные люди. Люди с высокой гибкостью в социальной сфере оценивали объекты также как менее стабильные, вероятные, реальные и могучие.

Таблица 4. Значения F -критериев эффектов при анализе влияния разных температурных групп и взаимосвязи пола и температуры в ходе взаимодействия на эти признаки. Таблица иллюстрирует следующие обозначения для тест температуры и предельной деятельности: *ERG* — Зрелость, *FLG* — Гибкость, *TMG* — Тонус и *EMG* — Энергичность; соответственно в социальной деятельности: *ERS* — Зрелость, *FLS* — Гибкость, *TMS* — Тонус, *EMS* — Энергичность

	ERG	ERS	FLG	FLS	TMG	TMS	EMG	EMS
<i>F</i> (0,1,2)	1,1942	1,1918	1,2001	1,1883	1,1965	1,1884	1,1782	1,1884
Степень активности	0,38 7,47**	0,03*** 1,99	5,32* 2,18	0,08 8,79***	3,33 0,03	1,38 3,82	40,68*** 0,72	34,27*** 6,08**
Стабильность активности	1,38 1,93	0,03 0,80	11,28*** 0,00	11,42*** 0,76	2,27 8,17***	24,61*** 0,12	11,66*** 0,03	0,31 6,64**
Средняя активность	3,47 3,63*	0,36 0,04	9,12*** 1,46	0,71 3,30	13,53*** 0,00	4,94* 1,93	16,79*** 0,03	26,33*** 6,30**
Средняя активность	2,29 8,99***	4,39* 0,00	1,36 1,09	0,48 20,62***	0,39 1,26	0,29 3,96*	18,82*** 3,31	14,50*** 2,44
Средняя активность	0,00 18,10***	7,20** 0,03	2,41 2,33	1,45 12,49***	3,84* 0,00	2,17 11,32***	12,83*** 6,36**	11,26*** 12,07***
Вероятность активности	6,10** 9,12***	2,76 0,28	3,23* 28,60***	14,67*** 61,31***	9,29*** 3,29*	11,47*** 2,15	24,66*** 11,32***	13,04*** 47,39***
Реальность активности	14,80*** 0,63	3,93** 2,27	7,82** 28,73***	18,34*** 41,80***	12,39*** 7,39**	28,30*** 4,21*	10,73*** 3,11*	3,00 26,47***
Сила активности	3,18 23,34***	1,61 0,19	1,68 1,25	27,92*** 0,41	1,50 2,24	7,86** 18,69***	11,79*** 9,37***	2,63 22,79***

* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$

Таблица 3. Средние значения оценок температуральными контрастными групп.

Показатель		Степ- лен	Стабиль- ность	Орны	Реаль- ность	Органи- зация	Веро- ятность	Органи- зм	Мощ- ность
Активность предметной	низ	4,82	3,88	4,43	5,28	4,34	4,98	3,43	4,74
	выс	4,79	3,94	4,31	4,90	4,34	4,38	3,34	4,65
Активность социальная	низ	4,65	3,94	4,43	5,25	4,45	4,80	3,35	4,68
	выс	4,87	3,95	4,36	5,03	4,60	4,89	3,38	4,74
Быстрота предметной	низ	4,72	4,05	4,44	5,00	4,47	4,64	3,30	4,70
	выс	4,84	3,87	4,49	4,87	4,35	4,74	3,37	4,65
Быстрота социальная	низ	4,76	4,09	4,50	5,08	4,48	4,67	3,47	4,75
	выс	4,75	3,87	4,47	4,78	4,34	4,68	3,43	4,46
Темп предметный	низ	4,73	4,39	4,50	5,23	4,41	5,02	3,49	4,74
	выс	4,79	3,94	4,48	4,90	4,33	4,75	3,39	4,60
Темп социальный	низ	4,85	3,97	4,31	5,28	4,70	4,98	3,33	4,79
	выс	4,72	4,07	4,48	4,95	4,33	4,80	3,35	4,72
Экстра- внутренность предметная	низ	4,56	4,11	4,34	4,80	4,45	4,64	3,35	4,60
	выс	4,92	3,93	4,34	5,08	4,63	4,88	3,38	4,77
Экстра- внутренность социальная	низ	4,52	4,00	4,31	4,83	4,34	4,58	3,35	4,52
	выс	4,94	3,97	4,33	4,94	4,36	4,79	3,26	4,62

3) Люди с высоким темпом предметной деятельности оценивали объекты, по сравнению с их контрастной группой, как менее ограниченные, менее вероятные, менее реальные и менее организованные (таблицы 4, 5), а также как быстрые ($F=17,83$, $p<.0001$), и нестабильные ($F=12,81$, $p<.0001$). Люди с высоким темпом в социальной сфере также оценивали объекты как значительно менее реальные, вероятные, менее стабильные и менее быстрые, чем это делали люди с медленным социальным темпом.

4) Мы получили известный феномен привыкания более выстремленных оценок высокосоциальными людьми: значимые отличия между контрастными группами были получены по всем факторам (критериям). Высокосоциальные и предметной активности люди привыкли к объектам большую, чем в контрастной группе Активность и Стимуляция, Организованность, Реальность, Позитивность, Вероятность, Мощности,

Нестабильность и Исчерпаемость (таблица 3). Похожие эффекты показала социальная эмоциональность, за исключением эффектов в факторах Стабильность, Реальность и Сила.

Можно было ожидать, что температурный эффект окажется зависимым от пола и тем самым определит оценки испытуемых, однако MANOVA не показала такого взаимодействия характеристик в ключевых критериях (факторах) Стимуляция и Стабильность, а социальная эргичность не показала взаимодействия этих характеристик ни по одному фактору (таблица 4). Большинство взаимодействующих эффектов оказалось в маленьких факторах: высоко эмоциональные женщины оценивали объекты как более организованные и структурированные, чем эмоциональные мужчины.

Оба типа гибкости взаимодействовали с полом в эффектах по факторам Реальность и Вероятность: более гибкие мужчины оценивали объекты как более реальные и вероятные, чем это делали все женщины и rigidные мужчины. Взаимодействие социальной эмоциональности с полом показало, что невозможными в социальном плане женщинами

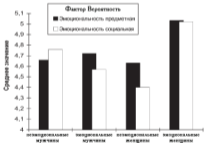


Рис. 2. Взаимодействие пола, общей (EMG) и социальной (EMS) эмоциональности в эффектах, полученных по шкалам фактора Вероятность

обладает гиперсенсибилизированными мужчине в восприятии более вероятных объектов, а интровертные женщины обладают интровертными мужчине в восприятии малой вероятности объектов (рисунков 2).

Обсуждение

Различия в социальном интелекте равного темперамента. Результаты этого исследования совпадают с нашими предыдущими результатами и подтверждают гипотезу о «присоедин по схожести». Чем больше динамика в личности человека может себе позволить — т.е. чем выше его инертность, пластичность и темпементальность, тем легче ему реагировать на меняющиеся условия активности и тем более нестабильными, интуитивными и быстрыми он готов воспринять объекты. Напротив, ригидные люди и люди с низким темпом активности приходится воспринимать мир стабильным, обычным, однообразным и медленным, их динамика поведения не может справиться с нестабильностью, поэтому эта динамика делает попытку неконтролируемой к нестабильности.

Интровертированные люди, т.е. люди, мало чувствительные к условиям и условиям, в нашем исследовании были сильнее воспринимают объекты более стабильными и интересными, и то время как интровертированные — более нестабильными, а также позитивными, стимулирующими, организованными и инертными. Мы предполагаем, что чем больше чувствительности человека, тем больше он готов проанализировать и воспринять объекты, правдиво интуитивно оценив их, чем рациональное рассуждение. С другой стороны, интровертированные люди могут меньше «ресурсов» воспринимать нечто возбуждающее как возбуждающее, нечто интересное как нечто интересное, и нечто нестабильное как регулярно нестабильное. Низкая чувствительность, в том числе в смысле ситуации, дает им преимущество в упорядочивании мира вокруг себя и установку на восприятие стабильности и закономерностей в мире больше, чем нестабильности. Они имеют больше возможностей критически «анализировать» детали из взаимодействия со средой, что делает их поведение более сбалансированным и контролируемым. С этой точки зрения мир для них неизбежно должен быть привлекательным, они могут организовать его сами, задавая его возможность и реальность. Наличие фактора Поляка в социальном пространстве этой группы лишь подтверждает распространяемое мнение о равноватом интровертированных людей.

Чем больше инертности и работоспособности у человека, тем легче ему кажется взаимодействие со средой. Это позволяет ему оценивать объекты как более легкие, легкие, возбуждающие и интересные, чем их оценивают другие люди, имеющие меньше ресурсов для интенсивной работы и соответственно более склонные оценивать объекты как трудные, тяжелые и реальные.

Энергичнее в общении и в другой вербальной активности люди оценивали объекты как более стимулирующие, что похоже на наши предыдущие результаты: эта температурная группа оценивала объекты как более активные (Трофимова, 1997), как более быстрые, бодрее и резкие (Трофимова, 1999). Это может быть связано с тем, что социальная деятельность требует высокого энергетического потенциала, и приписывание активности объектам является проявлением этого потенциала. Эта же группа оценивала объекты как более организованные (в противоположность энергичным в предметной области и высокоэнергетическим людям), что может быть проявлением способности вербально развивать и социально энергичных людей легче организовывать свою среду.

Тем самым это не просто проецирует любые свои свойства на среду, как принято рассматривать проецию в психологии личности (например, приписывание своим мотивов и настроений другим людям), а проециция, основанная на собственных возможностях оперирования средой. Наш организм избегает от объектов преимущественно тех свойства, с которыми он лучше всего может справиться.

Различия в социальном аду равного пола. Поскольку в составе высокоэнергетических субъектов доля женщин была подавляющей, природа различий в социальном аду равного пола (таблица 3) может быть адресована, во-первых, энергозависимости женщин, приписываемой объектам стимуляции, организованности, нестабильности, неограниченности и положительным качествам так же, как это делали и средние высокоэнергетические люди. Подобные результаты мы получали в предыдущем исследовании (Трофимова, 1999).

Подчеркнем, что, несмотря на то, что «оксидативная» энергозависимость является тем и, соответственно, биологический фактор, женщины не интуитивно оценивают генетически на повышенную энергозависимость (Вин, 1991, с. 46, 50, 55). Скорее социальные установки позволяют девочкам проявлять свою энергозависимость и социальную гибкость больше, чем мальчикам, тем самым тренируя их тело на разные стратегии регуляции поведения. Поскольку женщины, будучи более энергозависимыми и социально адаптированными, видят мир достаточно интересным, организованным, положительным, но менее энергичным, это поддерживает консервативность и осторожность их поведения. С другой стороны, склонность мужчин к более рисковому, агрессивному поведению и поиску острого ощущения соотносится с их оценкой мира как более острого, неустойчивого и не организованного. В этом смысле мы можем глубинный конфликт между внутренним одином и тем же объектом или ситуацией мужчинами и женщинами, который надо иметь в виду в психологической практике.

Категоризация объектов: природное мышление? Уильям Дюбуа и Николай Ашутево показали, что предположительно существование связи между состоянием тела и мышлением, воздействующим на наше восприятие мира. Несколько десятилетий назад П.К. Анохин было показано, что любой акт поведенческий и умственный акт строится как функциональная система, как действие ансамбля клеток из разных областей нервной системы — сенсорных, моторных, ассоциативных, мышечных (Анохин, 1975). Те же функциональные системы формируются в процессе восприятия мира: мы не воспринимаем только сенсорной системой — мы воспринимаем этой системой, в сотрудничестве с другими системами нашего тела.

Анализ инволюции гениев, проведенный А.Н. Анохиным и Дм. Ашутево показал, что инволюционный уровень категоризации является самым ранним этапом познания (стадия рыб и земноводных) и тем самым старее человеческого тела (Анохин, 1972; Ашута, 1978). Этот уровень категоризации сохраняется на всех более поздних стадиях обработки информации, оказывая воздействие даже на самые высшие когнитивные операции. Это также подтверждается и исследованиями Вадима Гельера, проанализировавшего функциональную организацию нейронной структуры, которая формирует универсальные категории на основе старого сенсорного материала (Geyer, 1995).

Можно сказать, что динамика тела участвует в процессе восприятия по мере того, как активизируются на более функциональные системы. Высокий темп деятельности позволяет реагировать на высокочастотные события, соответственно формирует готовность организма воспринять их, способность и высокой пластичности деятельности позволяет адекватно реагировать на изменчивость и нестабильность событий и соответственно сочетается с готовностью к этой нестабильности. Высокая работоспособность дает возможность уверенно взаимодействовать со средой, тем самым сотрудничать с восприятием среды как более доступной и легкой, а мера чувствительности и результатам своей деятельности определяет настройку на экстремальную реакцию. Подобная синергия динамики тела и нашего восприятия мира подтверждается нейробиологией мозга. В рамках своей теории функциональных систем П.К. Анохин описал действие осколка, модели будущего результата действия («идентификация результата действия») специально формируемой функциональной системой одновременно с формированием цели, программы, результата действия (Анохин, 1975).

Добавление к списку традиционных осколка слова еще и «синергетический» шло показало, что они являются более глубокими и базовыми критериями оценки объектов для нашей позиции, чем обычные прилагательные, используемые Осгудом. Осгудовский фактор Активность описался

последующем спадании, которые вместе можно назвать фактором Стимуляции, фактор Силы превращается скорее как фактор Стабильности, а фактор Оуэнка уступает по весу место факторам Организации и Вероятности. Похоже, природа использует те же алгоритмы обработки информации, что и современные математики, и, скорее всего даже более сложные. Это неудивительно, так как первичные ощущения, из которых мы строим наш опыт и знания, получают информацию исключительно в фазовой и вероятностной форме: световые волны, звуковые волны, механические, тепловые... Сенсорная обработка информации тем самым близка голографическому Фурье-анализу волн, используемому в физике и математике, с отбором и полнотой тех гармоник, которые ожидаются (Pfeiffer et al., 1974). Дальнейшая обработка информации, на уровне восприятия воспроизводит часть сенсорных паттернов как аттрактора, соответствующего фазовому пространству объекта и привнесает архаичные получившиеся кодовые продукты (образы, гештальты, категории) на базе транзакций в памяти информации.

Николас и Тауда показали, что очень малейший процент внешней стимуляции начинает работать как начальные условия для построения подобного аттрактора в процессе восприятия и определяет его конечный паттерн («решения») в динамике воспринимаемого образа (Nicola, Taada, 1999). Тем самым эти кодовые решения, наш аттрактор, начинают сводиться к некой мнри набору стабильных, позитивно называемых и позитивно кодируемых собственными функцией, или «категорий». Характеристики этого когнитивного набора зависят от используемого математического оператора и от уровня абстракции категорий. В зависимости от контекста происходит переходы от одного состояния к другому, демонстрируя динамику хаотических аттракторов. Карл Прайбрам также представил восприятие как построение аттракторов на основе начальных условий средовой стимуляции, но подчеркнул в своей голографической теории, что сравнение выстраиваемого аттрактора (образа) с выходящими собственными функциями и категориями происходит на вероятностной основе (Pfeiffer, Saiton, 1986). Динамика восприятия представляется тем самым в когнитивном пространстве неопределенности, меняющейся в процессе категоризации.

Образы и другие информации, транзакция в памяти и участившая в нашем восприятии и категоризации мира, также имеют вероятностную природу и внутреннюю динамику. Память накапливает вероятностное распределение событий и свойства объектов, даже самых незначительных и редких. Интеллект использует эти распределения, выбирая наиболее частые и вероятные признаки, интуиция использует эти распределения, выбирая наиболее редкие и экстремальные для наиболее сознательного уровня контроля и наиболее частые и обычные — для автоматического

контроля. Тем самым когнитивные процессы категоризации — ощущение, восприятие, память, мышление — в отличие от компьютерного вычисления работают не последовательно, а одновременно, как различные алгоритмы обработки одной и той же стимуляции.

Индивидуальные различия по телу и темпераменту могут тем самым определять различия в построении и осмыслении мира разными людьми. Природе достаточно легко было бы заложить в геномную полосу сходство по темпераменту, однако она этого не сделала на протяжении всей эволюции, ни с нами, ни с другими животными, несмотря на синхронизацию нашей активности в ходе коллективного образа жизни. Почему? В виде коллективной активности мы обмениваемся информацией, поддерживаем циркуляцию знаний, оцениваем и различаем их, выступая тем самым мощным распределенным процессором с параллельной обработкой данных. Разнообразие агентов, разнообразие точек зрения, уместно для этого процессора, дает более богатую полиграфическую картину и обработку, чем процессор с одинаковыми элементами (Sain, Troshova, 2000). Это значит, что:

- 1) по определению наши «полюса обзора» отличаются от позиций других, и мы всегда будем недопонимать друг друга без дополнительного разъяснения этой позиции;
- 2) по определению знание одного человека, не зависимо от его компетентности и количества полученных Нобелевских премий, субъективно и в своей «позиции наблюдателя» — он будет делать ошибки, которые могут быть исправлены только в сотрудничестве с другими точками зрения.

Зависимость нашего восприятия мира от динамики тела не ограничена, конечно же, темпераментальными способностями и полом. Можно создать подобную же зависимость от состояния здоровья, от спонтанности человека, от приобретенных навыков. Важно помнить, что биологические факторы нашего поведения и восприятия не равны генетическим факторам: они представлены составным нашим телом, развиваются под воздействием социального и физического образования и тренинга. Социальные и физические навыки и стратегии поведения «конут» в нашем теле как функциональные системы, готовые к активации в определенном своем составе, в зависимости от ситуации, опыта и мотивации, в том числе от социальных отношений. В любом случае наше тело — это то, чем мы воспринимаем мир и то, с помощью чего мы оказываем на него воздействие. Эволюция человеческого общества дала человеку язык и структуру, с помощью которой его восприятие и воздействие на мир являло далеко за пределами его тела, однако это не меняет алгоритма, по которому наше тело работает. И, поскольку, мы подходим все ближе к их пониманию.

Литература

- Алексеев П.К. (1975). *Обзоры по физиологии функциональных систем*. — М.: Медицина.
- Асатиани А.И. (1972). *Проблемы развития личности*. 3-е изд. — М.: Изд-во МГУ.
- Нейландович В.Д. (1976). *Психофизиологические исследования индивидуальной разности*. — М.: Наука.
- Петрушко В.Ф. (1988). *Психосемантика сознания*. — М.: МГУ.
- Русалов В.М. (1990). *Особенности структуры темперамента. Методическое пособие*. — М.: РАН.
- Трофимова И.Н. (1997). Взаимосвязь характеристик темперамента с некоторыми особенностями познавательной деятельности человека // *Вопросы психологии*. № 1. С. 74–82.
- Altman J. (1978). Three levels of Mentation and the Hierarchic Organization of the Human Brain // Miller G.A., Lennberg E. (Eds.) *Psychology and Biology of Language and Thought*. — N.Y.: Academic Press.
- Beverly P.M., La Vie A.L. (1972). An extension of semantic space // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. V. 11. 491–496.
- Buss A.H. (1991). The EAS theory of temperament // J. Strelau, A. Angleitner (Eds.) *Explorations in temperament: International perspectives on theory and measurement*. — N.Y.: Plenum Press. P. 43–60.
- Eysenck H.J. (1990). Genetic and environmental contributions to individual differences: the three major dimensions of personality // *Journal of Personality*. 58:1. 245–261.
- Glezer V.D. (1995). *Vision and Mind*. LEA Inc.
- Kelly G. (1955). *Psychology of personal constructs*. — New York: Norton.
- Nicols J.S., Tschal I. (1999). Mathematical description of brain dynamics in perception and action. *Journal of Consciousness Studies*. Vol 6 (11–12). 215–228.
- Osgood Ch. (1962). Studies on generality of affective meaning system // *American Psychologist*. V. 17. P. 10–28.
- Pelham K.H., Carston E.H. (1986). Holonomic brain theory in imaging and object perception // *Acta Psychologica*. 63. P. 173–210.
- Pelham K.H., Sower M., Baron R. (1974). The holographic hypothesis of the memory structure in brain function and perception // R.C. Atkinson, D.H. Krantz, R.C. Luce and P. Suppes (Eds.). *Contemporary developments in mathematical psychology*. — San Francisco, CA: W.H. Freeman & Co. P. 416–467.
- Rosch E.H. (1978) Principles of categorization // E. Rosch, B.B. Lloyd (Eds.). *Cognition and categorization*. — N.J.: Hillsdale. 360–367.

- Rusaker V.M. (1989) Object-related and communicative aspects of human temperament: a new questionnaire of the structure of temperament // *Personality and individual differences*. 10. 817–827.
- Strelan J. (1994). The Concepts of Arousal and Arousability as Used in Temperament Studies // Bates, J.E., Wachs T.D. (Eds.) *Temperament: Individual Differences at the Interface of Biology and Behavior*. – Washington D.C.: APA. 117–142.
- Strelan J., Anglimter A. (Eds.) (1991) *Explorations in temperament: International perspectives on theory and measurement*. – N.Y.: Plenum Press.
- Sabo W., Tofinosa I.N. (Eds.) (2000) *Nonlinear Dynamics in Life and Social Sciences*. – Amsterdam: IOS Press.
- Tofinosa I.N. (1996) Individual differences from the point of view of the synergetic approach // *International Psychological Congress*. – Canada, Montreal.
- Tofinosa I.N. (1999). How People of Different Age, Sex and Temperament Estimate the World. *Psychological Reports*. No 85/2. P. 533–552.

Приложени

Список шила

1. бивалноско - оригиналноско
2. бледноско - ярноско
3. бодрноско - углоавноско
4. болноско - малноско
5. бистроноско - медленноско
6. бедноско - ведомноско
7. возвоноско - невоноско
8. волноско - безвалноско
9. вредноско - полезноско
10. гурбоко - површноско
11. доброко - шестоко
12. единичноко - многочисленоко
13. естествоноско - искусствоноско
14. измерноко - случајноко
15. живоко - тупоко
16. известноко - неовноско
17. интересноко - неинтересноко
18. колективноко - индивидуалноко
19. оформноко - масивноко
20. монотонноко - преривноко

21. мощное - слабое
22. мягкое - жесткое
23. надежное - ненадежное
24. всеобщее - исключительное
25. непрерывное - дискретное
26. обыкновенное - необыкновенное
27. ограниченное - безграничное
28. одномерное - многомерное
29. однообразное - многообразное
30. опасное - безопасное
31. оправданное - бессмысленное
32. организованное - неорганизованное
33. плоское - разбросанное
34. познаваемое - непознаваемое
35. позитивное - негативное
36. постоянное - изменчивое
37. практичное - разрывающее
38. прогресс - упадок
39. простое - сложное
40. рациональное - иррациональное
41. реальное - мнимое
42. регулярное - нерегулярное
43. ровное - неровное
44. самостоятельное - руководимое
45. скрытый - явный
46. сложное - простое
47. стабильное - управляемое
48. существующее - выдуманное
49. темное - светлое
50. типичное - исключительное
51. точное - неопределенное
52. трудное - легкое
53. устойчивое - неустойчивое
54. побуждает - условивает
55. хаотичное - упорядоченное
56. целое - составное
57. часто встречается - редкое
58. чистое - грязное
59. чужое - свой

60. изрешеченное - скопированное
 61. воображаемое - действительное
 62. замешанное - незамешанное
 63. замечательное - незамечательное
 64. резкое - плавное
 65. собранное - разбросанное
 66. текущее - неизменное
 67. четкое - расплывчатое

Список объектов

активность	преступия
будущее	прошлое
вера	простота
время	работа
движение	развитие
жизнь	реальность
задача	репутация
история	свобода
красота	смысл
мой идеал женщины	скорость
мой идеал мужчины	слабость
мой ровесник	усилие
настоящее	язык
незаконный человек	человек
покой	Я
порядок	



Владимир Николаевич Аршинов (родился в 1941 г.) — доктор философских наук, ведущий научный сотрудник Института философии РАН, руководитель сектора Философских проблем междисциплинарных исследований. Закончил Московский физико-технический институт (1963), работал инженером-физиком в Институте физических проблем (1963—1970), окончила аспирантуру в Институте философии (1973), работала старшим научным редактором в издательстве «Прогресс» (1973—1976).

Специализация в области философской науки и эпистемологии. Основные направления его научных исследований — философия самоорганизации и постпозитивистская наука. Развивает концепцию активной роли языка в научном познании, синергетики как сложного коммуникативного и деятельностного подхода. Автор более десяти научных исследований в избранной области философии.



Владимир Викторович Будakov (родился в 1953 г.) — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института философии РАН. Закончил физический факультет МГУ, докторантуру кафедры физики. Является одним из соавторов междисциплинарно-синергетической концепции и программы дисциплины «Концепция современного естествознания» (1994, 2000). Заведует открытой кафедрой «Синергетика и образование» в УдГУ. Ведет большую преподавательскую работу в МГУ и других ведущих вузах Москвы. Области научной интересов: философия и эпистемология науки, педагогика и образование, коллективные основания практики синергетики, качественные методологии в человекообразных системах, синергетика языка и социальная практика, моделирование сложных систем и проблемы прогноза, синергетическая антропология, организационные и политические технологии. Автор более 70 научных статей.

В.И. Аршинов, В.Г. Будakov

СИНЕРГЕТИКА ПОСТИЖЕНИЯ СЛОЖНОГО¹

Синергетика — наука о процессах развития и самоорганизации сложных систем произвольной природы. Она наследует и развивает универсальные, междисциплинарные подходы своего предшественника: теологический А.Н. Богданова, теории систем А. фон Бергалаффа, кибернетики Н. Винера.

¹ Статьи любезно предоставлены авторами специально для данного сборника

Ее язык и методы во многом опираются на математику и точное естествознание, изучающее аналогично словесной систем. В частности, синергетика учит нас создавать уравнения моделирующие реальность, что ранее было по возможности лишь классическим наука.

История методов синергетики связана с именем знаменитых ученых XX в. Прежде всего, это великий французский математик, физик и философ Анри Пуанкаре, который уже в конце XIX в. заложил основы методов нелинейной динамики и качественной теории дифференциальных уравнений. Он исследовал аттракторы (притягивающая множество в открытых системах), точки бифуркаций (значения параметров задачи, при которых происходят качественные сдвиги), неустойчивые трасекторий и динамического хаоса в задаче трех тел небесной механики (притяжение Земля-Луна-Солнце).

В первой половине XX в. большую роль в развитии методов нелинейной динамики играла отечественная школа математиков и физиков: А.М. Лангман, Н.Н. Боголюбов, А.И. Мандельштам, А.А. Андронов, А.Н. Колмогоров, А.Н. Тихонов. Эти исследования стимулировались в большой мере решением стратегических оборонных задачи создания ядерного оружия, освоение космоса. Западные ученые также использовали первые оборонные ЭВМ при обнаружении неравновесных тепловых структур: модель морфогенеза (А.В.Тьюринг) и удлинненных волн — солитонов (Э. Ферми). Этот период можно назвать синергетикой до синергетики, поскольку самого термина еще не было.

В 60-70 годы XX в. происходит прорыв в понимании процессов самоорганизации в самых разных явлениях природы и техники: теории генерации лазера (Г.Б. Басов, А.М. Прохоров, Ч. Тунг, Г. Хаун); теории колебательных химических реакций В.П. Белуусова и А.М. Жаботинского (основы биохимии жизни) и общей теории диссипативных структур И. Пригожина; теории турбулентности (А.Н. Колмогоров, Ю.А. Климонтович); неравновесные структуры плазмы при термоядерном синтезе (Б.Б. Кадоцки, А.А. Самарский, С.П. Курдюмов); теории активных сред и многоэлементные биологические приложения (А.С. Давиденко, Г.Р. Ильинский, И.М. Гольфард, А.С. Чернышский, В. Железняк); открытие динамического хаоса в задачах прогноза погоды (Э. Лоренц), так называемых странных аттракторов (Розаль, Такеки), это неустойчивость резонанса по начальным данным, знаменитый «эффект бабочки», когда взмах ее крыльев может радикально изменить дальнейший прогноз (А.П. Шиллингтон); теории катастроф (однообразных элементов составной систем) Р. Тома и В.И. Арнольда и ее приложения в геологии и социологии; теории автоколебания логиче систем У. Матураны и Ф. Варелы.

Именно в 70-е годы специалист по квантовой оптике, физик-теоретик из Штутгарта Герман Хаген вводит в обиход греческий термин «синергетика» (син — совместно, эргос — действовать), буквальное — теория кооперативных явлений, коллективного поведения множества подобных друг другу элементов произвольной природы, образующих систему. При этом сами коллективные переменные немногочисленны, их принято называть параметрами порядка, и они управляют, детерминируют поведение всех остальных переменных системы, и именно для них удастся записать и исследовать вполне обратимые динамические уравнения. Примеры параметров порядка это и тории ветра, представляющий упреждающее движение молекулы, и общественное мнение, и когерентное излучение лазера. Целью синергетики является отыскание и исследование динамических параметров порядка в зависимости от внешних, так называемых управляющих параметров задачи, но сегодня крут от методов навигации шприца, и именно в этом, расширительном понимании термин привнес в Германию и Россию. Такой подход интегрирует самые современные математические методы, перечень которых постоянно пополняется. Издательство «Шпрингер» выпустило к настоящему времени уже около ста томов серии «Синергетика» под редакцией Г. Хагена и дополнение к тысячам статей по этой тематике во всем мире.

В 80-90 годы продолжается изучение динамического хаоса и проблемы сложности. В связи с созданием новых поколений мощных ЭВМ развиваются фрактальная геометрия (Б. Мандельброт), геометрия самоподобных объектов (облака, кроны деревьев, береговая линия), которая описывает структуру динамического хаоса и позволяет эффективно сложить информацию при распознавании и анализе образов. Обнаружены универсальные сигнатуры перехода к хаосу (А.Н. Шарковский, М. Фейгенбаум, Ян. Пелко). Открыт феномен самоорганизованной критичности и поведение сложных систем, модель кучи песка, с которой непредсказуемо сходит лавинка по мере насыпания зерна (П. Бак), причем распределение вероятностей спада лавинки (по Паретто) описывает и критиксы на финансовых рынках и землетрясения и аварии на атомных электростанциях. Моделируется поведение сред клеточных автоматов и нейронных сетей, описывающая активность среды и социальные явления; распознавание образов и прогресс обучения; исследуются проблемы искусственного интеллекта и видения; генерации целевой информации и управления хаосом (Дж. Хопфилд, С. Гроссберг, Д.С. Чернышский, Г. Хаген, В. Эбелли, В.С. Анурьев). Развиваются динамические конструкции времени И. Пригожина, ставшие своей целью решить проблему его необратимости.

Формируется и философско-методологическое сопровождение симергетики, которое в первую очередь представляли ее идеологами-основателями Г. Хакеном и И. Пригожиным. Сегодня симергетика быстро внедряется в область не только естественных, но и гуманитарных наук, возникла направление сортиосимергетики и антропоцентричной экономики, применяются ее постулаты и педагоги, развиваются приложения в лингвистике, истории и даже в искусстве, на очереди создание симергетической антропологии. Велика ее роль в выработке антикризисных стратегий и эпоху буффорадий, эпоху глобального динамизационного кризиса.

О личностных началах в симергетике

В постклассицизме в процесс коммуникации включается антропный наблюдатель, включаящий в контекст культурно-историческое измерение события-акта наблюдения, делая само событие не в физическом, но историческом, или мысленном, времени, посредством рефлексии над предыдущим опытом, посредством трансактивного протекания текста процесса. Этот вопрос разрабатывается с 60-х годов в подходе отеческой школы и дружкой в научном подходе В. С. Степина (Степин, 1992; Степин, 1999), который ишел в обиход, удачной, на наш взгляд, термином «постклассицизм». Таким образом, помимо материальной, сверхматериальной, жесткой контекстуальности, есть еще динамическая, виртуальная природа события, его критичные и когнитивные начала, которые требуют отдельного разговора по нашей теме.

Симергетике часто связывают с именами Г. Хакена и И. Пригожина (Хакен, 1981; Пригожин, 1984), называя их основоположниками симергетики, что вполне справедливо. При этом редко упоминается о том, что симергетика в смысле Пригожина — это лишь одна из частных формулировок феноменологической теории лагера, которая была предложена Г. Хакеном, причем с точки зрения Хакена, теории диссипативных структур И. Пригожина — не более чем раздел величайшей неравновесной термодинамики. Кроме того, существуют и иные грани интерпретаций (Климова, Курдюков, 1994; Климовичев, 1995; Аршинов, Буданов, 1994).

Конечно, эти различия воспримчивы могут быть отсылки деловом и полностью и чисто субъективным и полностью случайным аспектам развития науки вообще и становления симергетики в частности. Но мы исходим как раз из противоположной точки зрения. Мы исходим из того, что именно в контексте симергетики, симергетического подхода называемого личностных начала была бы равнозначна утрате специфичности симергетического дискурса, который есть, по сути, толчок «личностных встреч».

Подчеркнем еще раз: «личность» в сверлеттском контексте — характеристика от этого контекста выходящая, более того, этот контекст порождающая и определяющая. И здесь возникает одно из тех новых сверлеттских различий, а именно — различие между личностным знанием и знанием индивида как такового или тем, что называют еще, следуя декартской парадигме философовидания, — знанием субъективным. Для нас это различие состоит в типе коммуникативной ответственности индивида, его, если угодно, коммуникативной образованности, в специфике типа культуры коммуникативной самоорганизации. Субъект Декарта самоопределяется посредством его знаковой формулы: «Я мыслю, следовательно, я существую». Но мыслю, согласно Декарту, значит сомневаюсь, рефлексирую и, в конечном счете, получаю доступ к самому себе посредством критического интеллектуального анализа. Но для нас этот тип автономной динамики далеко не самый надежный и безупречный именно потому, что в его основе лежит скептицизм, сомнение. Во всяком случае он не единственный личностно-формирующий тип ответственной автономной коммуникации. Более интересен и существенно диалоговый тип личности, открытой, креативной и ориентированной на диалог и другому, а тем самым предположенной к достижению устойчивого intersубъективного согласия.

Однако и перевод и личностному измерению сверлеттской нам хотелось бы быть более декларативными и более последовательными. Этот перевод можно осуществить разными путями. С методологической точки зрения здесь удобно воспользоваться как коммуникативным посредником конкретной исследовательской программы Ашатоны — Поттера, введенной ими для представления (реконструкции) динамики роста знания как процесса, реализующегося в ходе деятельности, ориентированной на решение научных проблем. Весьма уверенно (но для знания целей этого вполне достаточно) исследовательскую программу можно представить как своего рода «топологическое произведение» двух концептуальных пространств — личного метафизического ядра и пространства непосредственно контактирующей с внешним миром гипотез, моделей, теоретических образов и представлений. Мы назвали конкретно исследовательские программы конкурентной Поттера-Ашатоны, хотя они в представлении многих сводятся только с именем последнего. Дело, однако, в том, что сами идеи исследовательской программы как структурной единицы представления знания в динамике его роста были впервые предложены Поттером еще в 30-е годы и впоследствии были развиты одним из его наиболее известных учеников И. Ашатоном. Но мы упоминаем об этом обстоятельстве не только ради исторической точности, но и потому, что в понимании Поттера исследовательская программа выступает в качестве

«среда», в которую погружен исследователь и посредством которой он вступает в контакт с отдаваемой и создаваемой им естественной и искусственной реальностью.

Исследовательская программа Поттера 30-х годов, когда он активно формулировал ее в своей знаменитой «Логике научного открытия», была близка концепции личностного знания Майкла Полани, но позднее пути этих двух выдающихся философов науки разошлись. Для Поттера, однако, основным инструментом коммуникативной самоорганизации субъекта познания стал критический диалог и сентенциальный автодиалог в духе Декарта, что же касается Полани, то здесь дело обстоит сложнее. Полани сделал смелую и далеко идущую попытку ограничить традицию сентенцизма в научном познании в пользу некоторой формы перы (особые говоря, не обязательно перы религиозной). Не случайно основной труд его жизни — книга «Личностное знание» — имеет подзаголовок «На пути к пострационалистской философии».

Естественно, что попытка Полани оправдать перы (фидуциарность) в научном познании как один из существенных факторов динамики роста знания у Поттера сочувствия не встретила. Идея в виду Полани, хотя и не являясь его по замыслу, Поттер в предисловии к англоязычному периоду своей «Логике научного открытия» специально отметил тревожащую тенденцию оправдания обскурантизма и фидуциаризма в научном познании.

Но и у Полани, и у Поттера речь идет о самоорганизующейся коммуникативной активности субъекта познавательной деятельности, выходящей свое выражение в его самотрансценденции. Разница, однако, в том (и на наш взгляд размера существенная), что у Поттера самотрансценденция реализуется по преимуществу в процессе критики, критического диалога и самокритики, в то время как у Полани самотрансценденция осуществляется в особом-роде акте уверенности, самоотдачи, самоанализированности системы научного познания, в страстном самоотрешенном стремлении к истине. В процессе с точки зрения результата, возможно прироста обязательного, индивидуального, «объективно-истинного» знания конкретные формы самотрансценденции субъекта научного познания не имеют значения. Вполне возможно, что так оно и есть, хотя, насколько нам известно, никто соответствующих метафорам на этот счет не доказывал. Но все дело в том, что прирост обязательного знания вовсе не единственный результат познания. Другими его результатами мы бы считали самоактуализацию личности ученого в этом процессе. И здесь формы, средства и способы самотрансценденции, их различенные с синергической точки зрения могут оказаться существенными, поскольку в синергическом контексте самотрансценденция, самоактуализация и самоорганизация субъектов познания становится бытия внутренне (взаимо) связаны между собой.

Именно эти различия самотрансценденции собственно и ищется в виду, когда мы говорим о пространственном измерении сверхтексти. Точнее, имеется в виду «топология путей» (само-) трансценденции сверхтексти, среди которых, при всей ее парадоксности, не все эквивалентны.

Мы уже говорили о различии самотрансценденций у Поппера и Поляни и к уже сказанному добавим лишь, что у Поппера самотрансценденция понимается как выход за рамки, границы представлений, дискуссионных доминируемых и конкретной научной программы знания. Для Поппера основная задача состоит в том, чтобы «разотождествиться», освободиться от плена языковой тюрьмы, в которую неизбежно заключает себя ученый неокритически погружаясь в интернациональные условия той или иной исследовательской программы. Освобождение от приверженности прежнему, неокритически принятым и догматически применяемым жестким правилам, методологическим предписаниям, нормам и т. д. — вот пафос доктрины критического рационализма Поппера. Но после того как дозволенная свобода обретаема, естественно возникает вопрос: а что дальше? Дальше с необходимостью смутит новое отождествление, обретение новой языковой онтологии. И здесь в принципе возможны два пути самотрансцендирования — бессознательный или осознанный, личностный по Поляни и Маслоу. В своей книге Маслоу выделяет и описывает 33 различных значимых трансценденции, среди которых, пожалуй, наиболее близко к концепции личностного знания Поляни и его привержу фидуциарности находится понимание трансценденции под номером 32. «Мне кажется, — пишет Маслоу — что нужно отдельно выделить трансценденцию особого рода — трансценденцию как *интерэкцио*² человеком *в* сферности и идентификация с ней, подчинение собственным желаниям и послушание именно этим желаниям» (Маслоу, 1997). Для Поляни такой сферностью является научная истина, ее поиск. Ученый, который пошел этой тропой самотрансценденции в научном познании, способен и к отождествлению и к разотождествлению себя с той или иной научной программой и/или доктриной или учением. Иначе говоря, он более открыт позитивному, открытию, ставлению нового, чем его коллега, избравший изначально тропу критической рефлексии.

Но если мы вернемся к первоначальному попперовскому пониманию исследовательской программы как коммуникативной среды, в которую личностно включен и в которой развертывает свою активность ученый, то мы можем в границах этого контекста отождествить идею жесткого метафорического ядра программы с характерной именно для него следифицической (само-) трансценденцией. Инак, говоря теперь уже языком сверх-

² Интерэкцио — *процессия между собой* (Пинчез, ред.).

стигии, еще раз оспаривать самоквалификацию с самоорганизацией, а последнее — с кооперацией становления параметров порядка в версии синергетики по Хакену.

Иначе говоря, мы исходим из предположения, согласно которому личностная сопредельность укреплены в метафизическом ядре программы, где и «располагается» тот будущий параметр «трансцендентного порядка», который не просто ориентирует и направляет поиск ученого, но и является средоточием его веры в этом поиске, того, что даст силы противостоять сомнениям в правильности избранного им пути. И здесь мы выдвигаем гипотезу, что таким метафизическим ядром программы Пригожина является идея перестройки Времени, идея кооперации Времени и оствествления, когда-то потерянное им на пути «объективного познания истины». Имеется в виду, конечно, Время в контексте его собственных кривых качеств, таких, как необратимость, множественность, направленность. Пользуясь другим языком, можно сказать, что в основе программы Пригожина лежит (само-) трансценденция Времени.

Сам Пригожин неоднократно предпринимал попытки конкретно реализовать эту идею средствами формальной аппаратуры теоретической физики, вводя в рассмотрение оператор времени, идею нарушения временной симметрии на уровне фундаментальных законов природы. Нам важно лишь обратить внимание на личностно-биографический момент вопроса. Именно метафизика времени, установка на «перестройку» времени укреплены в способности его личностного опыта, в его следящейся ориентации на трансцендирование времени, на его переживание как чуждой ненормальности, длительности. И в этом Пригожин внутренне близок Бергсону. Именно отсюда проистекает его страстное стремление к преодолению разрыва между личностным «внутренним» переживанием времени и его внешним «объективным» представлением, сведенным классической наукой Нового времени к пространственному образу еще одной добавочной пространственной координаты.

Бергсон здесь фигура, конечно, но все-таки весьма ключевая. И не только потому что он философ темпоральности, но и потому что он как философ последовательности в науке долгое время противостоял в качестве авторитетного оппонента философии физики, претендовавшей в первой половине XX в. на исключительное право выступать носителем парадигмы наиболее развитой научной дисциплины, носителем идеалов и норм всего научного сообщества в целом.

Само «перестройке Бергсона», с нашей точки зрения, есть необходимый момент становления синергетики как ее дилемма в качестве научного направления с другим оформившимся вполдня блага человеческого творчества. Здесь уместно

дать слово самому А. Бергсону, комментируя одну из своих первых работ «Опыт непосредственно данных сознания» (1889). Этот комментарий содержится в его интервью Шарло Дю Бо, записанному его в феврале 1922 года. «Мне потребовалась года, чтобы осознать, а затем признать, что все схожи-бы с той же дилеммой, что и я, жить, вновь и вновь погружаясь в чистую длительность. Когда эта идея длительности осенила меня в первый раз, я был убежден, что достаточно собрать о ней, чтобы полна стала, и я подумал, что человек нуждается лишь в том, чтобы его об этом уведомили. С той поры я убежден в том, что все происходит иначе...» (Бергсон, 1998).

Итак, восстановить связность (в некотором топологическом смысле) темпорального опыта, представленного в его фундаментальных разделенностях и противоположенных внешнего и внутреннего, субъективного и объективного, сконструированного и открытого и т.д., переоткрыть время, осмыслить законы стрелы времени как паттерн различения событий, «которые были», которые «имеют место здесь и теперь», и которые могут быть в будущем, «если ...», осознать этот паттерн как единство, как гештальт — такой метафизический контекст исследовательской программы Пригожина в нашем понимании, естественно.

Междисциплинарность и принципы синергетики

Лазер — это прибор, в работе которого сочетаются естественное и искусственное, упорядоченное и неупорядоченное, квантовое и классическое. Синергетика в образе лазера естественно осмысливается в духе инструментализма и неопрагматизма вклада, в частности, и постмодернистский неопрагматизм Рорти (Рорти, 1997). Метафоричной в явном виде здесь вроде бы и не бывает. Инструментализм во всем этом материале вроде бы воцаряло чудом, более того, он и самоопределялся в начальных стадиях своего познания именно как средство искоренения этой самой метафоричности в научном познании.

Но постклассический инструментализм синергетики междисциплинарен по своим принципам, а потому с необходимостью коммуникативен, коммуникативен и открыт для диалога. А диалог требует структурной связности, структурного сопряжения как своей предпосылки.

Междисциплинарный инструментализм синергетики предполагает адекватную ему, динамически устойчивую, самовозобновляющуюся и в то же время инволюционноую коммуникативную онтологию, такую, например, как онтология автопоэтики Варела и Матураны. Заметно, что это структурное сопряжение (structural coupling) важно не только для диалога программы Пригожина и Хакена и их нелинейного символа, но и для

использования образов, идей и представлений синергетиков в содружественарком познании, поливалентия, политематическая теория и т.д. Интересные попытки в этом направлении делает Н. Арман (Арман, 1991).

Здесь вопрос перестроения пространственности в синергетике трансформируется в вопрос: может ли это быть сделано самой синергетикой, ее методами и средствами?

Может, быть может, нужен импорт идей со стороны? И если так, то каких? Наш ответ на этот и подобные вопросы, безусловно, положительный, коль скоро осознается, что такие характеристики, как «циркулярность», самодифференцируемость, автополичность, коммуникативность, диалогичность, являются для синергетического мышления ключевыми.

Попытаемся взглянуть на проблему междисциплинарности науки, с позиций предметного научного знания XXI века — век междисциплинарных исследований. Методология междисциплинарных исследований — это горизонтальная, как говорила Э. Асава, трансдисциплинарная связь реальности — ассоциативная, с метафизическими переносами, зачастую символическими, с мотивом, несущим классический инвертический заряд, в отличие от вертикальной причинно-следственной связи дисциплинарной методологии. **Дисциплинарный** подход решает конкретную задачу, возникающую в историческом контексте развития предмета, подбирая методы из установленного инструментария. Прямо противоположен **междисциплинарный** подход, когда под данной универсальной метод подбираются задачи, эффективно решаемые им в самых разнообразных областях человеческой деятельности. Это преимущественно иная, коллективный способ структурирования реальности, в котором скорее господствует полиграфичность языков и аналогия, нежели логическое начало. Здесь ход от метода, а не от задачи. Тем не менее так на этапе моделирования выдвигается в жизнь математика — язык междисциплинарного общения, но об этом давно забыли, и обычно говорят о естественнонаучных подходах, становясь междисциплинарными, ну скажем, о теории колебаний.

Напоминая лишь некоторые из междисциплинарных сюжетов XX в.: принцип доказательности Н. Бора — перенос квантового принципа на сферу творчества, поэтики, языка и т.д., что удалось лишь благодаря авторитету создателя квантовой механики; полемика А.Б. Чижевского — поиск ретивических носко-новых корреляций в самых различных проявлениях жизни на планете; теория катастроф Р. Тома, очень быстро вошедшая в вооруженно-гуманитарные, и, конечно же, кибернетика и системный анализ, сегодня передождает эстафету синергетике, которая пытается интегрировать методологически все предосторождое течений.

Психология в телеологии. В чем особенность триадации междисциплинарной методологии в культуре или науку? Автор, будучи физиком, многие годы пропагандировал наиболее универсальные методы естествознания и свертывал в среде гуманитариев критерии научных строгости и студентства и порою знает подходы к таким родам контактов. Здесь мы встречаемся с двумя основными проблемами: проблемой двух культур в духе Чарльза Сноу, хотя, кто-то и пытается ее похоронить, ссылаясь на давность постановки вопроса, и основной для нас проблемой преодоления (но вовсе не подмены) дисциплинарного типа мышления, для которого междисциплинарная методология не просто маргинальна, но и зачастую противоречит целой этике, отсюда вытекают от насущных задач дисциплины, так как решает «случайные» задачи, из которых большинство либо уже неинтересны, либо еще неинтересны, либо никогда не возникнут. Всякий раз это вызывает бурную реакцию отторжения дисциплинарно-организационного мышления, ведь отсутствует даже предельная постановка задачи — метод сам «ищет» задачу! Основано или бесосновательно, но параллельной корпоративной рефлекс работает, и носителя междисциплинарной методологии некое обобщенно обобщает в диалогичные, пылится претензия, недоверие и его самым горько больно, почему и своим просто чужака, который пытается стать «своим». Но в то-то и дело что шаверрина приклада — не выдвигаться, потеснив деловую иерархию, но сбросив информацию, пойти дальше, в соседний этаж, а в случае позитивного взаимопонимания сотрудничать и консультировать по применению предлагаемой методологии в языке. Все это напоминает телеологию выживания в сфере научной методологии (ну а менее приземленно — инжиниринга), вызывает новый тип мобильной коммуникации посредством странствования среди соседнего населения «высобиравков от универсалов», к которой не привыкши, но которая в наш век обильная потоком информации единственная позволит справиться с ними. И здесь возникает разделение труда между синтезными и аналитическим, так как из методологии находится в отношении дополтельности друг к другу, точнее, динамики, предмет и метод, вертикаль и горизонталь.

Само движение свертываешь с неизбежностью структурировано по уровню формализованности и предметности языка, быстро и полифонично, вместе отключительно жесткой выраз методологическим переводом, который, в сущности, сегодня почти неразличим на пелерной абитурических мотивах и произвольных ассоциаций. Он требует систематической реставрации и обновления. Эту задачу и могла бы взять на себя периодические междисциплинарные форумы.

Но всему приходит конец, и когда метод таракановая, основан дисциплинарным мышлением, алевтиче уверает и мода проходит, чтобы

возродиться с новой силой в период очередной раздробленности и лингвистического хаоса в описании реальности. А красивая утяновка и яркая реклама квазистетического артефакта будет не менее интратупиоидна и многозначительна. И новая волна конкретности научного познания распространится аддитивными междисциплинарности возможно шире, резонируя и преломляясь самым причудливым и неожиданным образом в научной культуре и обыденном сознании, чтобы затем диссипировать в многообразии и сложности интерпретаций этого мира.

Два слова о моде на синергетику. Стоит все же подчеркнуть, что появившиеся синергетики в различных контекстах различны, и сегодня не существует ее общепринятого определения, как, например, не существует строгого определения фрактала. Кроме того, объем и содержание предмета поразительным образом расширится, включая неурядивые посторты неофитов и протесты наиболее-строгомысливцев профессионалов, стоявших у «истоков» и сознательно следящих за искажением исторической правды, и прототипов. Это культурный феномен унывания, а следовательно, и своего познания артефакта действительности в рамках области культуры, и его искажения идет от наиболее авторитетнейшей компоненты — науки, да еще междисциплинарной. Можно спориться по поводу моды на синергетику и ее полемик толкований, но история помнит не одно увлечение подобного рода: моду на наберастево, системный анализ, теорию относительности, ну, а если перебраться в XVIII в. — салонные ветры Вольтера о «новой механике», и даже общество «швытыванских дам», что, в конечном счете, стихоботваило быстрейшему шедришо «Начала» Ньютона в университетские курсы Едворта (несмотря на сопротивление многих континентальных авторитетов). Мода, конечно, пройдет, но в основании культуры будет заложены превращения и виды синергетики, а время расцвет миражи неопознания.

Синергетика связана с именами наших современников: И. Пригожина, Г. Хакена, С. Курдюмова, Р. Тома, Ю. Колятовича, Б. Мандельброта, Д. Чернышского ... Хотя она возникла как теория кооперативных явлений в задачах ядерной тематики, постепенно приобретала все более общий статус теории, охватывающей неживую, живую, искусственную, природосообразную системы. Уже в области естествознания существуют оппозиции такому толкованию синергетики, кто-то предпочитает говорить о нелинейной динамике, или теории диссипативных систем, теории открытых систем, теории динамического хаоса, автономике и т.д. На наш взгляд неслучайно такая аналогия синергетике может быть рекламными лишь на пути введения в рассмотрение проблематики наблюдателя, человекообразных систем, саморегулируемых систем, тем самым на пути расширения методологии

свертывке на область коблормуры. Вот в этом расширительном толковании мы и понимаем свертывку в данной работе. Свертывка — это марка (точнее говоря движение в марке) о стабильности бытия, о самом стабильном, его механизме и их представлении. И здесь можно избежать другой крайности, не профанировать ее метода, не увлечься модной свертывоческой фразеологией, произвольно слетая метафоры, но, оставаясь на почве конкретной науки, использовать ее потенциал как теологично универсальной, реализуемую в практической деятельности.

Коротко о принципах свертывки. В упрощенном варианте можно предложить 7 основных принципов свертывки (Буданов, 1997б; Буданов, 2000а, б, в). Любой многомерный процесс выражен чередой смен противоположных состояний — порядка и хаоса в системе, которые соединены фазовым переходом к хаосу (гибели структуры) и выхода из хаоса (самосохранения).

Принцип Бытия характеризует фазу «порядка», стабильного функционирования системы, ее жесткую оптималитю, прозрачность и простоту описания, принцип нереверсивного подчинения Г. Хакена, наличие устойчивых диссипативных структур — аттракторов, на которых функционирует система.

1. Гомеостатичность. Гомеостаз — это поддержание программы функционирования системы в некоторых рамках, позволяющих ей следовать в своей цели — аттрактору. Это осуществляется за счет отрицательных обратных связей в системе, подавляющих внешние возмущения. Так работает автопилот или система терморегуляции тепловых ячеек. Аттракторы существуют, пока в систему подается поток энергии, материи и информации. Это так называемые диссипативные (рассеивающие энергию, информацию) структуры, далекие от равновесия. Такими все живые системы, они умирают без обмена энергии, так «живет» плазма свечи. Этот принцип объединяет многие идеи кибернетики, системного анализа и свертывки.

2. Иерархичность. Основной сутью структурики иерархии является составная природа вышестоящих уровней по отношению к низестоящим. То, что для низшего уровня есть структуры-космос, для высшего есть бесструктурный элемент хаоса, строительный материал. Например, в природе это элементарные частицы, атомы, молекулы, вещество. Мы говорим о некоторых выш. иерархиях, например, в языке (звуки, слова, фразы, тексты); в мире идей (мысли, идеи, идеологии, парадигмы); в уровнях управления

и т.д. Вспой раз элементы, сложившиеся в структуру; передают ей часть своих функций, степеней свободы, которые теперь выражаются от него количества всей системы, причем на уровне элементов этих понятий можно и не быть. Эти коллективные переменные «живут» на более высоком иерархическом уровне, нежели элементы системы и в синергетике, следуя Г. Хакену, их принято называть параметрами порядка; именно они описывают в ясной форме смысл поведения и траектории системы. Относимая природа параметров порядка называется *принципом подчинения*, когда изменение параметра порядка как бы синхронно определяет поведение множества элементов нижнего уровня, образующих систему. Такова в идеале роль законодательства в обществе, делегированного государству часть свобод своих граждан; так в турбулентном потоке воды кружит водоворот, увлекающий частицы в своем вихре.

Выделенную роль в иерархии систем играет время, и синергетический принцип подчинения Хакена формулируется именно для временной иерархии. Рассмотрим три произвольных соседних временных уровня. Назовем их микро-, макро- и мезуровневыми соответственно. Принято говорить, что параметры порядка — это долгоживущие коллективные переменные, задающие ямок среднего макроуровня. Сами они обуславливают и управляют быстрыми, короткоживущими переменными, задающими ямок нижележащего микроуровня. Последние представляются на макроуровне бесструктурным «тепловым» хаотическим движением, неразличимым на его языке в деталях. Следующий, вышележащий над макроуровнем, мезуровень образован сверхмедленными «печальными» переменными, которые выполняют для макроуровня роль параметров порядка, но теперь их принято называть управляющими параметрами.

При рассмотрении двух соседних уровней принцип подчинения гласит: долгоживущие переменные управляют короткоживущими; вышележащий уровень — нижележащим. Так, микроскопические движения беспорядочно движущих молекул складываются в осмысленный порыв ветра, который уносит их на огромные по сравнению с микро-переменными расстояния.

Иерархичность не может быть раз и навсегда установлена, т.е. не повышается только принципом Витта, порядка. Необходимы принципы Становления — проводники эволюции.

Принципы Становления. Они характеризуют фазу трансформации, обновления системы, прохождение ее последовательности этапов гибели старого порядка, ямок испытаний, альтернатив и, наконец, рождения нового

порядка. Первые три «НЕ-привидия» позволяют системе войти в качественную фазу. Обычно это происходит за счет положительными обратных связей, усиливающих в системе влияние возмущения.

3. Нелинейность. Поведение системы обычно осуществляется именно на уровне линейных колебаний около оптимальных параметров, поэтому так важен простой линейный случай. Кроме того, он экономит наше интеллектуальное усилие. Определенным свойством линейных систем является принцип суперпозиции: сумма решений есть решение —换言之: результат суммарного воздействия на систему есть сумма результатов, так называемый линейный отклик системы, кроме пропорциональной воздействию.

Итак, нелинейность есть нарушение принципа суперпозиции в некотором смысле: результат действия сложим причин не равен сумме результатов отдельных причин. В гуманитарном, качественном смысле: результат не пропорционален условиям, целое не есть сумма его частей и т.д. Можно сказать, что нелинейность «живет», ярко проявляется вблизи границ существования системы. Например, органы чувств имеют нелинейные характеристики чувствительности, границы восприятия, так же и чувство меры.

Сами человеческие отношения носят крайне нелинейный характер, хотя бы потому, что вблизи границы чувств, аморфной поведение становится «неадекватным». Кроме того, коллективные действия не сводятся к простой сумме индивидуальных независимых действий. Нелинейны волеи и задачи принятия решения, выбора. В критических ситуациях, полевых в наше время, используются именно нелинейные методы, нелинейное мышление, которое включает линейные стратегии, но лишь как выходящий частный случай.

4. Непостоянство (открытость). В замкнутой системе с очень большим числом частей справедливой закон (второе начало) термодинамики, гласящий, что энтропия (мера хаоса) со временем возрастает или остается постоянной, т.е. порядок обречен исчезнуть. Именно-открытость позволяет заморозивать системы от простого к сложному, разворачивать программы роста организмов из клетки-зародка. Это означает, что пороговой уровень может разниться, равняться только при обмене веществом, энергией, информацией с другими уровнями. В возможной природе диссипации (преобразованием системной поступательной энергии в хаотическую — тепловую) тоже может приводить к упорядоченным структурам. Например, спираль Солнечной системы или дорожка подорожника за часами на быстрой воде. Именно с описанием таких систем в химии и теории лазера и началась синергетика.

5. Неустойчивость. До недавнего времени и в теории, и в работах неустойчивым состоянием, пока не возникла угроза в роботизированном поведении, перестраиваемых с одной программы-помощника на другую; обучаются интеллектуальными системами, готовыми воспринять разные модели поведения. При переходе от одного поведения помощника к другому система обязательно проходит неустойчивые состояния. Образом неустойчивости можно считать перевернутый маятник. В точке неустойчивости система (даже замкнутая) становится открытой, является чувствительна к присваиваем воздействию других уровней бытия, получает информацию, ранее недоступную ей. Эти состояния неустойчивости, выбора принято называть точками бифуркации (физикалык: разрывная связь по числу альтернатив, которых, вообще говоря, может быть и больше), они неслучайны и в любой ситуации рождения нового качества характеризуют разрыв между новым и старым. Значимость точек бифуркации еще и в том, что только в них можно исследовать информационные способы, т.е. сколько угодно слабых воздействий, позволять им выбор поведения системы, на ее судьбу. Существуют системы, в которых неустойчивые точки почти повсеместны, например, развитая турбулентность, и тогда выступает хаос, бурлящий поток, влекущий систему в неизвестность.

6. Динамическая неэргодичность (аморфность). Это основной принцип производства системы точек бифуркации, ее становления, рождения и гибели неэргодических уровней. Этот принцип описывает возникновение нового качества системного горизонта, т.е. на одном уровне, когда медленные компоненты управляющих параметров мезурованя приводят к бифуркации, неустойчивости системы на макроуровне и перестройке его структуры. В точке бифуркации количественные переменные, параметры порядка мезурованя исчерпывают свои степени свободы в хаос мезурованя, растворяясь в нем. Затем в непосредственном процессе взаимодействия мезо- и макроуровней рождаются новые параметры порядка обновленного макроуровня. В фазе становления наблюдается самая быстрая переменная, здесь параметр порядка в отличие от фазы бытия самый динамичный. Мгновение между прошлым и будущим в макромире — точка бифуркации на макроуровне является душой эволюции гегемон-трансформаций. Именно здесь происходит неслучайный сбор альтернатив развития макроуровня.

7. Наблюдаемость. В синергетике это относительность интерпретаций и масштабу наблюдаемой и исключительно ожидаемому результату. То, что было хаосом с позиций макроуровня, превращается в структуру при переходе к масштабу мезурованя, т.е. сами понятия порядка и хаоса, бытия и становления относительны к масштабу-оку наблюдаемой. Целостное

описание иерархической системы складывается из коммуникации между наблюдателями разных уровней, подобно тому как общая карта области описывается из мозаики карт районов. В социальных системах огромную роль играют культурно-исторические, личностные особенности наблюдателей.

В последние десятилетия активно изучаются системы, в которых хаотическое поведение является нормой, а не кратковременной аномалией, связанной с кризисом системы. Это, прежде всего, турбулентность, плазменные модели, плазма. Конструктивными примерами хаоса являются разнообразие форм жизни биосферы, гарантирующее ее устойчивость; наличие легкой хаотичности ритмов сердца, являющегося признаком хорошей адаптивности сердечно-сосудистой системы; необходимый для устойчивости элемент стигматичности рынка и т.д. Для таких систем структурами динамического хаоса будут графические самоподобные объекты — фракталы, и в таких системах правдивое знание: *бытие в становлении*.

Именно последние два привержия отмечают привержия дополительности и соответствия, коллективной коммуникативности и относительности в средствах наблюдения, они запускают процесс диалога внутреннего наблюдателя и метаонаблюдателя.

Такой креативный взгляд на становление существовал в культуре всегда. Он представляется, говоря современным системным языком, креативной триадой: *Способ действия + Предмет действия = Результат действия* — и закреплен в самых базовых структурах языка; в корнях дуговой асимметрии человека как биологического вида, в способе передачи информации. Важнейшей философией этой триады представляется: *(Тело-Тело-Адрес) + Хаос = Космос*. В сверхтегетике ее актуализация есть процесс рождения парадоксального уровня как результата взаимодействия двух ближайших уровней — «управляющие сверхмелкие параметры верхнего микроуровня» + «критикованные переменные нижнего микроуровня» = «параметры порядка, структурообразующие долгоживущие переменные макроуровня». Особое преимущество такой подход демонстрирует при изучении иерархически открытых, самоорганизующихся систем.

Языковые игры от сверхтегетики

Понятие события в физике, как и точка в математике, первично, и именно это элементарность явлений в антропологическом бизнесе науки. Так было в классической науке, где мы непосредственно воспринимаем и абсолютизируем истинным через идеализированные объекты (интервальная точка и мгновенное событие) и модели (интервальные и нольмоментальные системы), переводя их образы на реальность.

Но вот наступает век релятивизма и хаоса, и событие обретает большую условность, доминируемые ступени свободы, зависят не только от объекта, с которым оно происходит, но и от системы отсчета наблюдателя, типа наблюдения, контекста. Например, что элементарное событие и акт измерения (наблюдения) в физике нульдецимы. Здесь после Эйнштейна и Бора по существу-физической, но не философской интерпретации можно добавить. Фактически относительно малыши и средствами наблюдения являлись бинарные события или сами парные акты измерения. Тем самым физическая реальность наделяется простейшей коммуникативной процедурой-связностью, которая контекстуальна в том смысле, что зависит от средств наблюдения, она уже интринсивно деконструирует атомарные события. В классической науке коммуникативная установка, контекст один (пространство и время абсолютны).

Наука в значительной степени стеснена, плыла неотрефлексированным психологизмом, ее понятия ближе к здравому смыслу и чувственному образу, чем это обычно принято считать, и мы надеемся показать, что именно событие в обобщенно-темпоральном смысле являясь прототипом очень многих базовых математических и естественнонаучных конструкций, понятий и законов.

В широком смысле событие предполагает что-то произошедшее, состоявшее, обмыслив, стало быть, а до того времени его не было. И вместе с тем событие бывает элементарным, атомарным, несуществующим, а бывает значимым, весомым, значимым. Последнее скорее привычнее соотносить со смыслом события. Любое событие может быть осмыслено в перечисленных выше качествах в зависимости от контекста, а следовательно, и от позиции наблюдателя, выбранного контекста. Деконструкция, как одевание элементарного события во все более широкий контекст, растворяет его в тотальности мира, в то время как суживание контекста, или его кластеризация, масштабное орудубление может привести его к атомарному смыслу. Становление и есть процесс события, но не его конечный смысл. Событие раскрывает временную ткань здесь и сейчас, но время заковывает, затитывает ее рубрами смысла, примеряя событие с бытием прошлого и будущего марками итер-контекста.

Сам смертельный контекст в принципе предполагает множественность и недифференциальность путей перестройки пространства и времени. В этом тоже один из особенностей смертельного дискурса как дискурса науки эпохи постмодерна или постнеклассической науки.

Везде говоря, эти пути существуют лишь потенциально в возможности, подобно тому как существует еще не задуманное слово в игре «Да-нет», на примере которой Дж. Уилер показывает различие понимаемой измерения в классической механике и механике квантовой.

Этот путь можно условно развить посредством указания тех исходных «точек», мест, с которых мы начинаем разговор. Следует отметить несколько аспектов. Прежде всего, это математический инструментарий свертнетики: аппарат нелинейных дифференциальных уравнений, фазовые портреты, аттракторы, бифуркации, теория катастроф Тома — Арнольда и прочие интуитивные анализы. Подчеркнем, что это именно аппарат, инструментарий свертнетики, сформировавшийся персонально в работах А. Пуанкаре в связи с задачами маятникового движения и в первую очередь задачей устойчивости (и неустойчивости) движения небесных тел.

Таким образом, намечается путь: математическое описание с помощью дифференциальных уравнений прилагается к описанию движения аэма, в принципе того же самого языка, на основе и с помощью которого в свое время формировалась математика в образах евклидовой геометрии, декартовой системы координат, анализа бесконечно малых Ньютона — Лейбница и подобным им системопредставлениям знания. Сегодня уже не обязательно быть искусственным философом-гносеологом, чтобы видеть, что вся эта математика есть лишь одна из возможных материальных формаций и что вся она не является репрезентацией истины по отношению к той реальности самой по себе, а есть лишь репрезентация нашего специфического отношения к миру в контексте диалога с ним, заданного специфичной спецификой его вопрошания.

Из этого, однако, не следует априорная неостоятельность попыток использования специализированного математического языка в качестве средства познания естественного языка повседневного общения. В конце концов, свертнетический смысл возникает как результат замыкания коммуникативной при создании и/или воссоздании коммуникативных циклов (спиралей, по Эйзену), в которых и посредством которых реализуются последовательные процедуры. Добавим также, что и здесь применительно к языку само деление на естественный язык и язык специально изобретенный, искусственный, языком является язык математики, но носит характер не противопоставления.

Смыслы возникают, как контекстуальная декомпозиция атомарного события, декомпозиция в событийном пространстве — времени как в прошлом, так и в будущем (в чему несет слабость противная идеология точного естественности). Однако возможна и декомпозиция события чисто пространственным в синхронном среде реальности, настоящим: это корреляционный, вероятностный анализ, к которому склонны контррациональные, гуманитарные науки, обыденное и архаичное сознание (например, астрология), возникает плазменный и загадочный целостный образ мира, но и искусственно объяснить его процессом взаимодействия коррелятов друг

с другим, хотя это, как правило, абсурдно и существует обрыв для них привычно в прошлом. Можно сказать, что смысл — это поликонтекстное одевание события, его история в прошлом, точнее, возможные их варианты, его сопереживаемость миру, но всегда однозначно задаваемые контекстами.

Контекст стартует с обстоятельства места и действия, но затем разрастается петлями условных предположений, выливая на всех мысленных обстоятельствах все новые подробности, но сознание, присмотренное избыточностью такой игры, обрывает цепи извещения, полагается на предыдущий опыт: к чему слова, и так все ясно. Это «все ясно» и оставляет за собой для смыслового полирализма, который прорастает на полях и обочинах отговоренных пространств и путей. Причем неоднозначность такого рода неизбежно связана с информационной конечностью человека, что порою оказывается на эпистемологических границах в любой экспериментальной науке, но в нашем случае она обрывает технологию осмысления, конечности глубинным любым элементом — одному из аспектов принципа наблюдаемости, попытке наблюдения бесконечного целого его конечной частью. Впрочем, аксиоматические теории строят системы, как бегство над конечным числом аксиом, и обычно выдвигают на конечную (возможно, алгоритмическую) глубинную конечность, но и здесь возникает непреодолимая сложность, о которых речь впереди. Дело в том, что в самой науке возникла кортуса теорем о несуществовании (Пауа, Бельма, фон Нейман), когда теория надвигивает свою эпистемологическую границу изнутри.

Одевание как узнавание. Идем от целого к частному кортуса научилась в квантовой теории поля, когда, исходя из согласованных уравнений поля, которые обычно не уносят релятив, производят формализацию, систематизацию первого приближения: n -частичные сектора, асимптотические состояния, конденсаты, струны и т.д. Затем нольтема поднимается по мере «одевания» затраточных величин в итерационной процедуре теории возмущения. Теория возмущения — аналог рефлексии, испытывающей и перенормирующей фактические величины. Но важно, что, идя от целого к частному, мы сошьем степень корректности этого перевода, что невозможно ожидать при продвинутом переходе от частного к целому! Онтологическая граница надвигивается, как сингулярность — отказывает теория возмущений, система неустойчива, не определена; и для ее преодоления необходима смена онтологий, рождение новых смыслов, нольтема в духе Ж. Делеза: «Новое рождает смысл». Однако теория возмущений есть лишь вспомогательное достраивание реальности, хотя претензии исходной онтологии на ее описание безмерны. Но вот шаг становится все короче, и мы уже неуверенно топчемся у крайней черты

(главный флаг-предвестник любой катастрофы — «замедление характеристик ретикон системы»), а в плоску пазового пространства Ф. Парсона (Парсон, 1994). Этот взгляд внутреннего наблюдателя, введенного в работе Аршинова и Буданова (Аршинов, Буданов, 1994), есть всего лишь технологическая дилемматика пазы и регуляторной метод исследования границы, которая, как выдвигается, имеет фрактальную природу, но ни в коем случае не позволяет ее преодолеть, заглянуть и заглянуть.

Здесь следует подробнее остановиться на аналогии между рекурсивными дескриптивными процессами рефлексии и процедурами теории возмущений. Последнее встречается трех типов:

1) Начальное возмущение не выходит за рамки области следствия (мы именно предполагаем итеративность или хотя бы топологическую природу пазосимметричного пространства), или горизонт предсказуемости в случае динамического закона; рефлексивный процесс регулярно сходится к некоторому понятию, корректирующему исходное представление и шаг за шагом утверждается в нем, создавая выключно обретенный незначительный истинный. Сама же область следствия являет образ пространства, прозрачного для понимания. Такими же складываются итерационные процедуры решения нелинейных уравнений (метод степеней отображений), таковы и мотини-идеи равной произвольности. К такому типу процессов естественно отнести и приоткрывание — складывание атомарного образа — контекста, его копирование на поверхность сознания.

2) Начальное возмущение велико и не сходится ни к какому результату, рефлексивные пазы не стягиваются, но порождают «порочные» круги, либо хаос. Здесь говорят о расходящихся рядах, полной неопределенности результата. Почему-то именно с этим типом «дуриной» бесконечности принято связывать рефлексивный процесс. Этот процесс, тем не менее, продуктивен и может использоваться как режим поиска, генерации новых контекстов.

3) Но существует и третья, мало известная, но, видимо, наиболее реалистичная, системная альтернатива: так называемый асимптотический ряд теории возмущений. Его поведение необычно — на нескольких первых шагах (зачаста довольно многозначных) мы наблюдаем процесс сходящийся к определенному результату, но последующие члены ряда приводят не к уточнению, а усложнению результата, ряд расходится, раскрывая коварный мироздание познания. Однако это не мешает пользоваться такими рядами на практике — все ряды теории возмущений для квантовых полей являются асимптотическими и используются до тех пор, пока они сходятся, хотя это и создает границы точности предсказания, но удивительным образом согласуется с экспериментом. Мы привыкли себе насаживать утверждение, что ряды притянут

скорее именно азиатоматический тип германославянского ряда: наша поэтика, видимо, зарекает себя от излишней стабильности значения, устает от невозможности бесконечным подтверждением, оставаясь за собой право на выс сожаления, который вращается в сознании и раздвигает колымажостойчивое неопределенное еще понятие или смысла, если его продолжать уточнить, здесь достатком лишь демикапитель взгляд боковыми зрением. В этом состоит экспликация берковского праведия дополнителности в процессах поэтики, на котором настаивал Г. Юнг и сам Н. Бер, и внутренняя креативность смысла, оплодотворенного германославянскими правоотношениями, в какой-то мере карнавалского слово оболочку вращаюдами контраста, планета, в конце концов, и символическому. Это источник его самодвижения — любая базисальная мысль рано или поздно рождает при ее обсуждении периодизацию выс — высша достояния к любому понятию, действительно, «... из какого-сорта растут стихи...»!

Подчеркнем еще один аспект междисциплинарности — единство понятий формальной и естественной языков. Наша задача — показать связь естественного языка и когнитивной психологии с когнитивным языком современной физики и математики, показать возможность их повторной конвергенции, хотя первая попытка (сформальной физикализме) оказалась весьма сопливателной.

Может возникнуть вопрос: почему только сейчас началось общее языковое средство науки и грамматического языка, та когнитивная революция, свидетелями которой мы становимся? Дело в том, что фундаментальная наука два века отрывалась на идеалам приводимости, идеалам редукции к простейшим формам движения, образам непрерывных, точных процедур решения джизнических задач. И только в начале столетия физика показала бессадежность поиска точных решений сверхсложных квантово-полевых задач (ни одна из реальных моделей так и не решила точно), но разработала язык последовательных приближений к решению — теорию возмущений, в простейшей форме примененную еще Ньютоном при отыскании корней уравнений. Оказалось, что во всегда можно переключиться на язык дискретных «событий» (приближенное решение + функция влияния = более точное приближенное решение задачи). Конечно, первый пример применения теории возмущений насчитывает почти 2000 лет, это знаменитое зеркало Птолемея. Этот подход долгое время не был магистральным в математике, так как противоречил идеалам красоты и простоты, был очень трудоемким, ведь вся наука Нового времени искала точно решаемых задач. Хотя итерационные методы развивались в теории степенных функций (многие почти каждого известного математика XVIII-XIX веков знали свои степенные функции). Ситуация резко изменилась лишь с приходом компактной теории, но ведь различие между численными методами и есть событийный язык!

Диаграммный язык в физике возник из потребности описания очень сложных систем, как, впрочем, и в гуманитарной сфере. Вот еще одна причина, по которой гуманитарии открыли классическую научную методологию — разный уровень сложности объектов исследования, что требовало и разных методов. Сегодня же мы видим явное сближение подходов на почве междисциплинарной и когнитивной графике. Так, одним из авторов показано, что язык современной клеточной теории поля (диаграммы Фейнмана) структурно изоморфен перекодированной грамматиком всех естественных языков — грамматикам Хомского.

Два взгляда на становление: наблюдателя и метааблюдателя

Известие современной методологии синергетики, видимо, следует вести от Аары Пуанкаре. Это известие связано фундаментальными результатами, лежащими в основании современной теории динамического хаоса, трансформации большинства метабургских систем, и идея становления в сопряженном описании — теории бифуркаций. Можно проследить две линии — взгляд на становление изнутри, когда наблюдатель находится в системе и его наблюдение за нестабильной системой, диалог с ней выводит не контролируемые возмущения, что особенно ясно затем продемонстрировано клеточной теорией, и взгляд извне, когда система структурно устойчива и взаимодействие наблюдателя на систему можно пренебречь.

Последний подход — взгляд извне — отвечает грубому описанию, когда представляем о критике сведено к точке, точку бифуркации. В арсенале синергетических методов это прежде всего теория катастроф. Суть в том, что изначально задана топология лишь одного структурного уровня — переменные, в терминах которых пишется бифуркационное уравнение для параметров порядка системы. Его решение единично, за исключением одной точки бифуркации, где оно неустойчиво и скачком переводит на устойчивую ветвь — происходит смена топологии по горизонталам. Это взгляд извне. Здесь не рассматриваются точки неустойчивости, становления. Все метабургские хаоса за кадром, от одного состояния пометстаза мы сразу переводим к другому. Система почти всегда устойчива, и наблюдатель, точнее метааблюдатель, знает классический.

Но и в этом подходе можно увидеть предвзятые явления — так называемые флэши катастроф: критическое замедление характерных ритмов системы, увеличение амплитуды колебаний, флуктуаций или уменьшение параметра порядка в окрестности так точки катастрофы. Уровень общности теории катастроф таков, что ее нельзя, впрямую-известные в-физике фазовых переходов, как-нибудь сейчас выводить грамматиком и метабургские, психологии, искусство.

Например, перед экономическим кризисом наступает хорошо известное нам состояние стагнации, когда характерные периоды оборота капитала заметно удлиняются. Такие эффекты можно наблюдать в разных сферах, в частности перед бурей в природе, в процессе творчества, в поэтических образах.

Теория, используемая далее, вполне отвечает духу классической теории устойчивости в линейном приближении, по Антуану, в окрестности гомокласта. Теория катастроф помогает составить модель, сконструировать инклюзивное дерево альтернативных путей, отбрасывая от внутренних механизмов, действующих на перекрестках истории системы, без введения иерархии уровней подчинения той или иной системы параметров порядка.

Рассмотрим теперь вопросы тонкой структуры кризиса. Как мы видели, необходимо выделить три его этапа: погружение в хаос, бытие в хаосе, выход из хаоса (самоорганизация). В этом подходе нам неизбежно сталкиваясь с актуальнейшей в природе бесконечной цепью иерархических уровней и онтологическим планом становления, приводящего к бесконечной чувствительности неустойчивой системы к внешним воздействиям как со стороны Вселенной, так и наблюдателя, с принципиальной открытостью и сопричастностью в состоянии хаоса со всем происходящим и возможностью канализирования жизни неких принципов, непройденных в состоянии гомокласта. Здесь наблюдатель не может быть классическим, внешним наблюдателем, он с необходимостью включен в систему.

Следует наиболее изучена стадия перехода к хаосу. Уже простейшие системы с полтора степенями свободы типа модели Лоренца демонстрируют всю палитру универсальных сценариев вхождения в хаос. Это сценарий Фейгенбарта — бесконечный каскад бифуркаций удвоения периода с универсальным скейлингом, сценарий Поэнкаре — переход к хаосу через перемежаемость, и сценарий Рюкма — Такема — после бифуркации утроения периода возможно появление странного аттрактора. Универсальность этих сценариев объясняется тем, что сценарий классифицируется также в терминах простейших катастроф и имеет тот же уровень общности и структурной устойчивости. Именно поэтому динамический хаос распространен не только в физике и естественных, но и в обществе, политике, творчестве.

На определенном этапе развития дерева бифуркаций, или при возникновении странного аттрактора наступит стадия динамического хаоса, несудая в себе как богатство возможных структур, так и невозможность их полного постижения. Следить за траекторией становится очень сложно, вводится язык статистического описания: вероятностное распределение, корреляционные функции, энтропия Колмогорова и т.п., однако в отличие от задачи большого числа частей — термодинамического хаоса — здесь

сложность имеет принципиально другую природу — дивергентский хаос. Обычно это решение так называемых нелинейных систем, когда траектории заполняют геометрически объекты фрактальной природы, задаваемые не алгебраическими уравнениями, как привычные многообразия, а итерационной процедурой. Фракталам, с одной стороны, достаются статистическую интерпретацию, а с другой — имеют аналитическое происхождение и сколь угодно богато геометрическую структуру на любом масштабе, для которой характерны переходы канальности микро- и макроструктур, то есть принципы самоподобия. Кроме того, фракталам — это типичные стохастические структуры на связанных аттракторах.

Но всякий раз система имеет ростки чисто многообразия структуры, расширяющиеся в хаос. Эти образы можно было бы сопоставить с границей «бытия в становлении» — смысл спешит, что, видимо, и должно быть в реальной жизни — не только, когда структура видна на одном масштабе, а хаос на другом, но и когда они существуют одновременно в одной реальности.

Наилучший процесс перехода от хаоса к порядку — рождение параметра порядка, выбор среди альтернатив и потенциал и есть момент истинного явления структуры. То, что часто принято называть самоорганизацией, есть ее завершение, просто наблюдаемый переход хаос-порядок — процесс выхода на аттрактор с границей области ее притяжения. Но дело в том, что в стадии хаоса еще нет развитого аттрактора, он должен еще родиться. Видимо, можно ожидать нескольких сценариев самоорганизации. Первый (медленный), когда какая-то локальная квазистабильная структура начинает конкурировать с другими пространственными структурами, постепенно увеличиваясь, тогда выбор альтернативы будет связан с тем, в какой из них оказалась система в момент выхода из режима хаоса за счет изменения внешних условий, а вероятность выбора альтернативы соответственно с долее времени пребывания в ней. Второй (рождение параметра порядка) — переход из бесструктурного однородного хаоса, типа генерации лазера, или морфогенеза по Тьюрингу, когда происходит явление чисто коалесцентного возникновения структур, борьбы флукуаций. Третий — череда обратных бифуркаций, скручивающих, привораживающих процесс стабилизации структур.

Почествовательный тон этого раздела присущ классическому метафизическому, спекулятивному единичным взглядам осмыслить поле возможностей или совершить повторные эксперименты. Но взгляд внутрь, жизнь в хаосе радикально меняет сам тон того эвристикологического пространства, в котором происходит взаимодействие человеком природы, другого и самого себя, предлагает зачет на основе способов рассуждения, приведенные выше.

Да и сам классический метафизиколог — идеализатор сути и потому, что он впадает во культурно-историческое пространство, хотя он — дитя своего времени, со своим языком, с фиксированными научными средствами и методологией. Но стоит рассмотреть масштабы времени, хотя бы до-событийного уровня построения конкретных моделей, не говоря уже об ином языке научным парадигма, как он сам попадает в условия неопределенности и систему, в процесс конструирования не будущего и нового эпистемологического пространства.

Хаос и обобщенная радикальность

Хаос, как внутреннее свойство нелинейной динамической системы, возникает почти повсюду и почти везде и не только в системах с большим числом степеней свободы, как было принято считать еще и не столь отдаленные времена, но и в так называемых маломерных системах. От стука колес и вагонов на выкатке до-самостоятельного фактора, поведения лазерного излучения при некоторых режимах и турбулентности — он повсюду. Хаос, образно говоря, повсюду присутствует, визуализирует практически все явления нашей жизни как окружающей нас, так и внутри нас. И если мы его не повсюду замечаем в качестве такового, не идентифицируем его в качестве внутреннего свойства динамической системы, то лишь потому, что он наблюдается (видим) лишь под углом определенной перспективы, определенной достаточно узкой областью параметров (например, в области точки бифуркации), либо проявляется на уровне масштабов очень больших времен (как в случае движения планет солнечной системы). Иначе говоря, хаос обитает на границах пространственно-временных масштабов нашего восприятия реальности как уже ставшего бытия. Может показаться, что хаос в некотором онтологическом смысле маргинален реальности, не являясь ее необходимым существенным свойством. Эта кажущаяся, однако, неслучайна, настолько мыслительно и онтологично не только бытия, но и процесса становления. Переход от бытия к становлению ведет, помимо прочего, и к радикальному переосмыслению роли хаоса в мироздании. В бытии всегда было скрыто зерно становления, которое классической атемпоральной рациональной разум отторгал как нечто темное и вторичное, порождаемое субьектом и могущее быть им же устранено посредством овладения определенными новыми знаниями (Декарт).

Хаос отторгался как образ незнания, как нечто мешающее познанию, как препятствие на его пути. Творческая, созидательная роль хаоса как генератора новой информации, определенным образом представлявшая в древнегреческой картине мира, для классического рационального самопрозрачного разума была, естественно, чем-то чуждым.

И только в последние годы стало отчетливо осознаваться, что язык в его неясности и неопределенности вовсе не всегда и везде является приемлемым полемом, а потому чем-то таким, что подпадает обязательному упрощению. Просто ученые, как это неоднократно бывало в истории науки, видели то, что могли и хотели видеть как в силу линейного (но преимущественно) подхода к объяснению и пониманию действительности, так и из-за отсутствия мощных вычислительных средств, необходимых для обнаружения порождающей феномен детерминированного языка действительных итераций уравнений динамики. В этой связи представляет интерес увлечение в истории науки проблемой приписываемой известной президентом Международного союза чистой и прикладной математики сэром Артуром Лайтхиллом от имени своего коллег за то, что в течение трех некоем образом была выдана в заключение аполитной детерминизма, основанного на системе Ньютона, тогда как можно считать доказанным, по крайней мере с 1960 года, что этот детерминизм является ошибочной посылкой.

В случае разбитого детерминированного языка возникает новая проблема описания реальности внутренним (а не только внешним) наблюдателем. И здесь ключевым становится вопрос точности задания начального состояния системы. Дело в том, что в нелинейной механике это всего лишь словесное управление, так как обычно принимается идеализация, что близкие состояния в процессе эволюции системы остаются близкими, что в свою очередь позволяет описывать систему в течение сколь угодно долгого времени на языке траекторий. В случае динамического языка мы имеем дело с практически невыполнимой задачей: большинство решений неустойчиво по начальным данным, когда сколь угодно близкие начальные точки фазового пространства быстро разбегаются по экспоненциальному закону $d(t) = d(0) \exp(t/T)$, где T — обратный показатель Ляпунова или горизонт предсказуемости, т.е. любая окрестность наблюдаемой точки не переводится компактно в фазовом пространстве, а разбивается, перемешиваясь с другими состояниями. Тогда очень скоро близкое становится далеким, а далекое — близким, и естественным языком становится не классический язык траекторий, а язык их пучков, ансамблей, вероятностей и т.д.

При этом источник сложности вовсе не в устройстве конкретной динамической системы (и тем более не в числе ее степеней свободы) и даже не во внешнем шуме (что есть только язык выравнивания сложности другой системы — окружающей среды), а в начальных условиях движения и неустойчивости (Чернышовой, 2001). В силу непрерывности фазового пространства в классической механике эти начальные условия содержат

бесконечные количества информации, которая при наличии неустойчивости актуализируется в столь сложный иррегулярный паттерн событий, которые идентифицируются как динамический хаос. Образно говоря, частера в своем движении ретроспектирует, вычерчивает эту информацию.

Итак, возмущенный наблюдатель, стартовый вместе с системой, не сможет предсказать ее поведение на языке траекторий уже через время T — называемое также горизонтом предсказуемости будущего, что в некотором смысле совмещает одновременно и ограниченные картанско-ньютоновской рациональности. Аналогично при ретроспективном взгляде возникает (по тем же сформулированным) горизонт реконструкции прошлого на глубину T .

В таком случае наблюдатель, знающий динамику системы, может пользоваться детерминистически измены лишь в небольшом пространственно-временном окне прозрачности $T(V \cdot T)$ ньютоновской рациональности, где V — характерная скорость системы. Здесь уместно сравнение с состоянием ограниченной видности в мутной воде — среде, рассеивающей свет. Отсюда с необходимостью вытекает смена онтологических установок, одним из параметров которой является перевод к вероятностному языку.

В принципе можно продолжать этот процесс квазиклассического описания по языку длительностью T (T зависит от точки пространства), если повторно наблюдать систему, проводя классическую редуциро от ансамбля к реализации. Познания наблюдателя-историка, летописца событий с ограниченным прогнозом и периодической его корректировкой — это построение дерева возможностей эволюции языка на язык, опережающей реальную эволюцию системы. По сути дела, именно так и нами для работает футурологи, да и наше обыденное сознание.

Такой образом, для сохранения элементов квазиклассической ограниченной рациональности необходим пространственно-временная сетка (перехваточный шаг) наблюдателей, выходящих между собой в определенных коммуникативных отклонениях, как бы передающих друг другу систему от соседа к соседу. Можно также говорить и об одном наблюдателе, сопровождающем систему. Это же просто наблюдатель — летописец событий, летописатель, но в философском смысле — реконструирующей историческое сознание в сопровождающей системе отчета. В отличие от теории относительности здесь имеется в виду не относительность движущихся систем отчета, а относительность места-времени к движению — движению времени-пространства.

Яркий пример систем с горизонтом времени или окном классической рациональности дают нам так называемые, хаотические водоемы. Одна из них — водоем Лоренца (всего полторы степени свободы), в которой существует режим странного аттрактора, то есть развитого динамического

класса. Именно поэтому краткосрочные предсказания погоды на период более двух недель практически невозможны. Обычно на большие промежуточные времена начинают удаваться корреляционные, вероятные зависимости и структуры. Например, народные приметы многочисленных прогнозов, принадлежащие одному эмпирическому типу рациональности, некой народной мудрости и, видимо, отмечают наличие стохастических, фрактальных структур на климатическом аттракторе. Вера в народные приметы здесь вполне рационально соотносится (коммунизируется) с научной вероятностной траекторной динамикой системы.

Еще один пример связан с проблемой редукционизма в научном познании. Почему невозможно полное и исчерпывающее объяснение химических явлений посредством физического языка, дополненного достаточно мощными вычислительными ресурсами ЭВМ? То же проявляется в отношении вычислительного редукционизма биологии к жизни. Дело в том, что, решая уравнение Шредингера для многочастичного атома или молекулы, тем более для реализующихся в химической реакции процессов, проводящих через неустойчивые стадии своего развития, мы сталкиваемся с самоотличительной задачей неслыханно тех, для которой в силу возникновения решения динамического класса, точный учет всех деталей в принципе невозможен, ибо динамический класс потенциально бесконечен и вероломно на отдельные составляющие его компоненты. В таком контексте получает свое оправдание традиционной дисциплярной химической язык валентностей, кинетических коэффициентов, каналов реакции и т.д.

В самой физике проблема редукции — это проблема перехода от динамического описания системы к термодинамическому — не решена окончательно до сих пор. Фундаментальное значение открытий Пуанкаре неинтегрируемых систем состоит, прежде всего, в том, что в динамическом классе мы сталкиваемся с качественно новой формой движения, не сходного с известным ранее его элементарные формы, такие, как движение по прямой и окружности.

И проблема редукции вероятностных необратимых во времени законов к детерминистическим репрезентациям не имеет решения, хотя бы потому, что используемые здесь языки обитают в разных эпистемологических пространствах. Можно сказать и иначе: решить в данном случае проблему редукции было бы равносильно тому, чтобы превратить полную редукцию становления к статическому бытию.

Концентрация динамического класса предполагает новую, открытую форму рациональности. Эта форма рациональности включает три основных типа. Первый тип — верования, приметы, народная мудрость. Это, по сути,

деловой вероятностный взгляд на стохастическую структуру реальности. Второй, протиположенный ему детерминистический взгляд эмпирической науки, страдающий на малых временах горизонта предсказуемости. И третий, промежуточный тип исторически локальной рациональности, по-видимому, свойственный в разной степени средневековой культуре и обобщенному мировоззрению.

Обнадеживающее в динамическом хаосе внутреннее единство всех трех типов рациональности обосновывает возможность становления в современной культуре обобщенной рациональности, в контексте которой наука и практическая мудрость действительно нуждаются друг в друге. В частности, в динамическом хаосе получает свое рациональное оправдание вера как способ восстановления и поддержания конфиденциального контакта человека с внешней и внутренней реальностью.

Творческая вселенная. Динамический хаос обладает еще одним замечательным качеством — открывает систему внешнему миру. В этом режиме она обменивается и чувствительна к любым слабым уютно малым внешним воздействиям. Понятие замкнутой изолированной системы становится недостижимой идеализацией. Система вступает в диалог со Вселенной, она принадлежит Универсуму, ощущает себя его частью и подобием. Именно в хаотической эволюционной фазе возможно восприятие, получение информации из удаленного источника, синхронизация и гармонизация системы в согласии с космическими принципами. В этом, видимо, наряду с внутренними источниками, и кроется креативное, творческое начало хаоса. Мы называем это коммуникативной функцией хаоса. В науке такой феномен начинает осмысливаться через эффекты синхронизации часов, биологических ритмов организмов, общества связанных, на первый взгляд, незначительными взаимодействиями противоположной природы. Видно, пространственно-временные структуры синхронизируются за счет коммуникации посредством своих хаотических и стабильных компонентов, возможно, в этом кроется и загадка галактики гармонии (Буданов, 2000а).

Вместе с тем в своих последних работах Пригожин и Хакен активно обсуждают идеи саморедукции системы, саморозведения смыслов, саморазвития материи. Так, в неслучайных динамических системах акт редукции происходит непрерывно, система как бы постоянно взаимодействует саму себя, рождая новую информацию; и с появлением нового неравновесия времени в большей части системы долгоживущие переменные становятся параметрами порядка нового состояния, подводя себе системно-средством опраедаваемых обретения связей.

Итак, становление в данном контексте есть, прежде всего, процесс самоорганизации на основе параметров порядка, посредством которого реализуется молекулярный допустимый отбор, рождение, утаковка и склейка информации.

Итак, открытие феномена динамического хаоса позволяет по-новому осмыслить процесс становления постклассической науки как самоорганизации междисциплинарного знания. Постклассическая наука не только обозначает границу детерминистического видения мира, ориентированного на потенциальную иерархию законов бытия, но и одновременно органически включает в свой дискурс практическую мудрость традиции.

Постклассическое эпистемологическое пространство. Еще один путь может быть выработан посредством введения представления о постклассическом эпистемологическом пространстве как таком пространстве, в котором выходит себя синергетический субъект. Необходимость его введения обусловлена, помимо прочего, в том обстоятельстве, что синергетика в качестве междисциплинарного направления исключает и философское измерение, коммуникативно философской традиции, сопрягая не некоторым образом с современной постдюринистской парадигмой, в которой субъект не задан изначально, не становится, не утверждает, а утверждается в разнообразии самотрансценденций, разнообразии коммуникативных практик в широком смысле этого слова.

Существенно, что постклассическое эпистемологическое пространство характеризуется ситуацией междисциплинарности, в которой самоопределяется «синергетический» субъект. А потому это коммуникативное пространство воспроизводимых (построимых) различных диалог-событий-встреч организуется немалым образом по нелинейно выстроенному сетевому, фрактальному принципу, а не в соответствии с изначально заданной жесткой логической иерархией. «Метрика» в таком пространстве задается не степенью «близости к истине», которая в свою очередь контролируется логично дедуцируемым развертываемым высказыванием и утверждением. Здесь эта логика может быть ослаблена, стать эвристической, вероятностной, индуктивной, байесовской, а само движение к истине может мыслиться в разных парадигматических образах или символах — «восхождение к небесам» или углубления в суть вещей. Такого рода пространство такое является коммуникативным по своей природе пространством, но надо отдавать себе отчет в том, что это специализированное коммуникативное пространство, ориентированное на управление и контроль, а потому — это пространство монологичное, пространство, в котором нет места для

«другого». Но синергетика видит своей целью не просто констатирование различия форм организации эпистемологического пространства классики, неклассики и, наконец, постнеклассики. Она видит своей задачей приведение их в топологическом соответствии друг с другом в контексте всего человеческого опыта во всем разнообразии внутренних и внешних (интерсубъективных) форм его представления в языке, символах, вербальных и невербальных коммуникациях.

В постнеклассическом эпистемологическом пространстве, на которое ориентирована синергетика и которое ею же порождается и поддерживается, топология, мера близости и удаленности задается мерой близости и удаленности «Я» и «Другого». В равной степени для этой пары используются разные меры. Например — «субъект-субъект», «Я-Ты», «Я-Он», «Я-Мы», «Я-Она». Соответственно будут акцентироваться разные типы коммуникативности, пространственности, символичности, телесности.

Эти и другие различия важны и существенны для переоткрытия пространства как конкретной коммуникативной формы существования культуры, художественного произведения, музыки, философии и т.д. Но нас интересует постнеклассический междисциплинарный субъект, который самоопределяется «научно наукой», находится в ней, «окружен в ней», говорит и пишет ее языком, языком и этим процессом и себя самого. И это не наука вообще, а наука, затронувшая в нашем столетии несколько радикальных парадигмальных сдвигов: прежде всего, релятивистскую и квантовую революции, а затем открытие таких феноменов, как динамический хаос, фрактальный рост, переоткрытие принципа самоподобия в природе, большой взрыв и инфляционизм, «Необязательность странного языка» квантовых феноменов, а потом мира вероятности в целом поставила проблему единства науки не как отвлеченно теоретическую, а как проблему, прежде всего, личностную, как проблему самоорганизации личности ученого в ситуации ценностного кризиса и глубоких смысловых расколов в научном знании, ученого, интеллектуальная и нравственная позиция которого все более деволюционирует и переопределяется только динамикой нелинейного междисциплинарного взаимодействия.

Связность внутреннего опыта, «путь к себе», переоткрытие себя в новом диалого-встрече — такого рода ситуация плохо осмысливается символическо-метафорой трансценденции пространства в образе ступеней лестницы, ведущей все выше и выше. Здесь близок образ пути, Дао, срединности. Эпистемологическое пространство, в котором являет себя наш субъект, видится (естественно, как некий желанный идеализированный образ, как проект) как пространство возможных путей, обретения новых смыслов, открытий и диалогов. Это так же, если угодно, и пространство культуры

психоэстетического самоощущения, обретения нового чувства свободы, освобождения, пространства, в котором выражение «Культура — это терапия души» обретает свой непосредственно переживаемый смысл.

От лазерной классической парадигмы к лазерно-голографической парадигме Хакена — Бома

Здесь мы хотели бы вернуться к теме «лазерная парадигма» Хакена и рассмотреть ее как новую коммуникативную среду, в которой закономерно открывается синергетическая связь психического, чувственного, ментального, телесного, материального как подсистем, взаимодействующих в процессе самоорганизации, в совокупности которых, собственно, и реализуется наше присутствие в этом многомерном мире, наше становящееся бытие в нем, наше взаимодействие с собой и другими, взаимодействие частью которого является и наша познавательная деятельность.

Как уже отмечалось выше, место Хакена в системе междисциплинарных взаимодействий, его проектная задача для нас тем, что мы называем лазерной парадигмой, — некие новые проблемные поля, возникающие в контексте осмысления лазера в качестве инструмента познания, представления и оперирования процессом самоорганизации в средах самых разных по своему «субстратному» составу, но сходным поведению «близи точки неустойчивости».

По утверждению физика Гроджа, знаменитого коллегой и соратником Хакена, заслуга последнего — продемонстрировать, что лазер является не только важным технологическим инструментом, но и сам по себе представляет интереснейшую познавательную систему, способную научить нас новому. Лазеры занимают очень интересную позицию между квантовым и классическим миром, и теория Хакена объясняет нам, как могут быть связаны между собой эти миры. Лазер можно рассматривать как перекресток между классической и квантовой физикой, между равновесными и неравновесными феноменами, между фазовыми переходами и самоорганизацией, а также между регулярной и хаотической динамикой. В то же время — это система, которую мы познаем как на микроскопическом квантово-механическом уровне, так и на макроскопическом классическом. Это устойчивая основа для изучения общих концепций неравновесной физики.

Конечно, смена одной классической парадигмы монологического знания на другую для ученого, который годями познавался в ней, равнозначна смене места его обитания, смене обитаний на «экологической нише». А это, как отмечалось выше, предполагает иной тип самотрансцендирования, чем тот, который практиковался еще ранее. И переключиться на другой

способ самотрансфигурирования зачастую оказывается крайне труден, если не невозможно. Отсюда коммуникативный разрыв разных поколений в науке, раскол, остро сознаваемая драматическая невозможность достижения необходимого интерсубъективного согласия и т.д.

Поэтому вполне понятен разговор о разных несоизмеримых парадигмах, разных языковых онтологиях, разных мирах и/или пространствах, порождаемых употреблением разных языков. Хотелось бы, однако дополнительно понять, когда именно этот разговор «уместен», а когда нет.

С этой точки зрения лазерная парадигма в качестве порождающей синергетическую онтологию и претендующей на восстановление коммуникативной связности парадигмы-пространства прежнего коммуникативного опыта познания, несомненно, этому познанию «уместности» могла бы способствовать. Лазерная парадигма создает качественно новую активную среду коммуникации, истраиваемую в некое обобщенное сверхпространство или гиперпространство, а потому уж коль скоро мы занялись языковым творчеством, то уместнее было бы говорить о гиперпарадигме, гиперпространстве и т.д.

«Но мир — не лазер» — подчеркивает Хакем. Универсалитетские трансценденталитетские призывания и малознание классического разума синергетики не разделяет. Символически это можно выразить: «Человек — мироздание людей».

Мирной жизнью становится также его единственно-качественная характеристика как «человечечность» (Маслоу, 1997). Применительно к биологии и медицине он в этой связи пишет: «Размещение в едином, качественно измеримом пространстве человечности всех заболеваний, которыми заняты психиатры и терапевты, всех нарушений, которые дают пищу для раздумий индустриальным, философам, религиозным мыслителям и социальным реформаторам, дает огромные теоретические и научные преимущества. Мало того, мы можем разместить в этом же континууме разнообразные виды здоровья, о которых мы уже знаем, в полной мере их проявлять, как в пределах границ здоровья, так и за пределами оного — мы подразумеваем здесь проявления самотрансфигурирования истинического слепящего в абсолютном и прочие проявления высочайших возможностей человеческой натуры, которое раскроет нам будущее» (Маслоу, 1997).

Но тогда, быть может, мир нами открывается? Или нам открывается? Однозначного ответа на такие образом формулируемые вопросы не существует. Синергетическое познание, которое в контексте истории осуществляется нового времени, — это в постквантовом познании. А после квантовой механики говорить об открываемом кем-то вообще, без ссылки на наблюдателя, его место, на те средства и приборы, с помощью которых он реализует само наблюдение, да еще

не оправдываясь при этом, что открываемое — это наблюдаемое, сотворенное самим процессом наблюдения, — значит быть в плену реалистического языка декларативной истины. Не вдаваясь в подробности эпистемологического сюжета наблюдателя-наблюдаемого в квантовой физике, ограничимся декларацией, что в симметрическом мире нет незаменимого наблюдателя; наблюдатель становится, возникает в сложном организованном потоке актов коммуникации, коммуникативных событий. В этом мире вопрос «Что является объектом познания?» становится бессмысленным. Никакого объекта познания нет. Знать — значит уметь вести себя адекватным образом в ситуации, связанной с индивидуальными актами или ко-оперативными коллективными (Митурин, 1996). Эту мысль можно выразить несколькими иными, пожалуй метафорой алгебры как коммуникативным познавательным средством. Наш «интерактивный алгебра» осведомлен своим высококорреляционным, когерентным светом не по поводу и «связан» от нас существующей «Вселенной», а селективно выделяет новую кооперативно взаимодействующую область со сложной «топологией» (варьируя «сканирующую», интерпретую реальность и описываемую соответствующим языком таким образом, чтобы это описание могло бы быть экстраполировано и устойчиво коммуникативно «дублируемо»). Но пока алгебра для нас существует лишь как инструмент, хотя и с весьма необычными свойствами. Продвинуться дальше в осмыслении алгебры парадигм или может помочь обрядовый ритуал еще мало освоенному наследию Д. Бона, отдаленного в свое время много от полемик выстроить ту новую-итологию мира, ту новую реальность, которая «скрывается» за кулисами операционально представленного математического формализма квантовой механики. Чтобы выразить представить конкретно квантово-механической реальности и ее отличие от реальности, предполагаемой классически ориентированным познанием, начиная с языка Гадмера и вплоть до Эйнштейна, Бонм имел представление о двух инструментально порожденных парадигмах научного познания: так называемую парадигму алгебры и парадигму полноты (или голографическую парадигму).

Эта инновация не была должным образом оценена философами и методологами науки. Между тем Бонм, различая названные парадигмы, сделал далеко идущую попытку учесть познавательные уровни квантовой механики, интегрально представленными в виде принципа целостности форм языка, способов наблюдения, инструментального контекста и теоретического понимания в исторической эволюции науки Нового времени. Это была попытка построить своеобразную «квантовую герменевтику» языка и прибора в ситуации, когда возникающей в природе не имеет прямого и непосредственного доступа к миру квантовых явлений и процессов.

Исходным пунктом его рассуждений была линга как прибор и инструмент познания, который, в свою очередь, породил когнитивный смут паттерна мышления, особенность которого до сих пор, несмотря на огромное число исследователей философов и историков науки, не полностью осознана. Это, видимо, обусловлено тем обстоятельством, что сам «линговый тип мышления» во многом доминирует и на метауровне рассмотрения самой науки. Достаточно тривиально, что линга есть инструмент формирования образа реальности в форме предметов, где каждая точка оригинала с высокой степенью точности соответствует точке образа. Это постулат геометрической оптики (и волновой, в ее геометрическом приближении).

Но не столь тривиально, однако, что благодаря своему «потоковому отображению» как базовой психофизиологической модели переноса информации от исследуемого объекта к познающему его субъекту-наблюдателю линга в огромной степени усиливает процесс «красочного» осознания мною разных частей объекта как отдельных и отграниченных друг от друга паттернов и отношений между этими частями, тем самым существенно затрудняя и/или искажая восприятие целого.

Это обстоятельство усиливает сложность мыслить в терминах классического порядка анализа и синтеза, распространяя этот способ мышления далеко за пределы его применимости.

Но уже теория относительности, а затем в наибольшей степени квантовая механика стали обнаруживать ограниченность целостности системы образов лингового мышления. Все более стала заявлять о своем, как бы независимом существовании онтология целостности иной, немеханической, но в неорганической природе взаимодействия, описание которой невозможно представить в языке, который был бы когерентен инструментальному когнитиву классического лингового порядка, анализа и синтеза потоковых элементов, как заранее-определенных частей целостного образа.

Но если дело обстоит таким образом, то возникает естественный вопрос: а какой инструмент мог бы дать нам нечто редукционное представление о том инструментальном контексте, в рамках которого квантовая целостность могла бы быть представленной самоогласованным образом?

Такое внутреннее представление возникает, если мы обратимся к голограмме как инструменту для захвата «целого». Что такое квантово-голографическая парадигма по Бому, становится понятно из следующего краткого описания фундаментальной схемы того инструментального контекста, в котором она самоопределяется. Эта схема такова. Луч лазера падает на полупрозрачное зеркало, расщепляясь при этом на два луча. Одна часть попадает на фотопластинку сразу, другая — после отражения некоторой

деловой структурой-оригиналом. В итоге на фотопластины записывается, так называемый интерференционный паттерн — сложный и тонкий узор записываемых событий, запечатленный образ-паттерн оригинала, соответствующий с ним уже не поточечно, как в линзе, а некоторым более сложным образом. Это соответствие или соответствие обнаруживается только при освещении голограммы лазерным светом. При этом воссоздается волновой фронт, подобный форме волнового-фронта, исходно от исходной деловой структуры, и мы можем в некотором диапазоне волновых длин (точек зрения) видеть исходную деловую структуру в трехмерном ее представлении. Мы будем видеть ее и в том случае, если осветить лазерным светом только часть фотопластины. Интерференционный узор даже в весьма небольшой области фотопластины имеет отношение ко всей ее деловой структуре, а каждая часть оригинала имеет отношение ко всему узору на фотопластине.

Так мы приходим к представлению о голографической парадигме как парадигме синергетической, где по части может достроиться (самоорганизоваться) немеханическое диалогическое целое. Мы приходим к образу мира, являющего свою голографическую часть, миру, самоорганизующемуся в виде своего рода суперголограммы, являющегося с которой мы можем считать (= считать) лишь с помощью источника когерентного лазерного-света, лишь при этом взаимодействуя с оригиналом познавательную позицию «наблюдателя-участника», с тем чтобы можно было увидеть «французский образ-изображение», практически неотличимый в границах некоторого когнуса перспектив от самого оригинала. Вот такая «автоэстетическая» онтология Вселенной, включая и нас самих с нашей когнитивной коммуникативной деятельностью «внутри нас», в принципе может быть выведена из соответствующим образом интерпретированных утверждений, что «мозг — как синергетика» и что «мозг — это не мозг», но мозг — это часть нашего мира. Мы не будем специально говорить о том, что восстановление онтологии по данным в наблюдении операционально-измерительным способом — задача не являющая одного решения. Таких онтологий может быть много.

От нейросетей к сетевому неосферному мышлению. Но мы стали подробно останавливаться на лазерно-голографической версии синергетической парадигмы потому, что она дает возможность более наглядно и интуитивно понять сферифику именно синергетического подхода к пониманию сложным систем, таких, например, как человеческий мозг, а также показать, каким образом этот подход оказывается в стороне от традиционной методологической дилематологии различения «редукционизм-антиредукционизм», поскольку его коммуникативная интерпретационно-диалогическая природа выступает в данном случае гораздо отчетливее.

Паттерны и узоры активности мозга, в чем бы они не выказали свое проявление, существенно неслучайны, и для того, чтобы «увидеть» закономерности в них образы и интерпретировать их, нам необходимы не лишь, но микроскоп и не контролируемый этим инструментом классической парадигм процедур анализа и синтеза языкового материала, а лазер, его когерентный свет с высокой информационной плотностью и место, позволяющее познать, воспроизводимо фиксируемая и свободная «другому» с помощью надежных языковых средств. Крут вродь бы возникает, хотя и не полностью, поскольку мы еще не знаем вполне определенно то место в ментальном пространстве наших представлений, откуда мы можем рассмотреть тот многомерный образ активности мозга, который формируется, а затем воссоздается языко-лазером синергетики Хагена.

Но синергетика отличается от поиска всякого рода субстратно-локализационных следов памяти (вспомни), ориентируясь на поиск и выявление форм запечатления и оперирования информацией в ее неслучайном, динамическом распределении, виртуальном виде. Здесь синергетика встречается с так называемым коэволюционистским подходом к нейронотподобным активностям коллективных сред при анализе и обработке информации. Но синергетика идет дальше, предлагая более интерпретацию первичности познания человеком самого себя в коэволюционирующей синергетической Вселенной, обладающей неслучайной гомографической памятью. Для синергетики «мозг в свете лазера» — это и мозг как целостная динамическая система в состоянии обмена током неустойчивости, где она претерпевает огромные разнообразие качественных трансформаций, «фазовых переходов», сопряженных с процессами самоорганизации информации и появлением новых параметров порядка (динамических аттракторов), в результате чего появляются новые языки-символы, а также системы их представления, объединяющиеся затем в единое поле интерсубъективной коогерации.

Таким образом, существует и несобытийный подход в науке, возникший во второй половине XX в. и получивший особое развитие в конце XX в. вместе с теорией нелинейности, пластичных автоматов, синергетических компьютеров. Здесь в принципе не удается использовать теорию линейной, событийной язык и идеи рефлексии. Это мир неприводимых, некоммутируемых процессов, а не событий. Системы работают целостно-неразложимо и режиме самоорганизации. Начиная с идей пердутьрова 60-х годов, когда индивидуализируется обработка информации слухом, такие системы распознают образы, решают интеллектуальные задачи, и в этом смысле ближе к сознанию орудиями и инструментам, в которых наука по-прежнему ничего разумительного сказать не может. Ведь даже в простейшей и статичной замкнутой клеточно-автоматной мере «Жизни», где состояние объекта зависит от состояния окружающих

объектов, в среде возникает паттерн возбуждения, называемый «животным», для которых приходится использовать описательные методы теории Ашера, и иногда теоретической физики, reduciendo к элементарным формам жизни неживыми. Мы вынуждены просто накапливать ситуационный опыт в компьютерных экспериментах. Наука теоретическая в своей высшей стадии генерирует пласт знаний, методы освоения которого вполне исторические, гуманитарные. Вот эта конвергенция и начинается сейчас в новых поколениях экспертных систем, являя коэволюционный интеллект. Конечно, мы можем говорить, что за пределами границы языковой сложности лежит область трансцендентного, но как-то не хочется верить, что это всего лишь невозможность распараллелить и оптимизировать диалектический процесс в нашем нейроконформере и, напротив, интуиций, эвристикальной философии, нам кажется, дело пойдет не шло.

Синергетика с ее «лазерно-голографической парадигмой» делает наблюдаемым и улавливаемым то, что не наблюдаемо и не улавливаемо с помощью всех подходов и мозгу как системы функционирования «в норме» по принципу в состоянии равновесия, гомеостаза, более того, как системы, основная функция которой в том только и состоит, чтобы этот самый гомеостаз сохранять и поддерживать.

В своей последней книге, специально посвященной рассмотрению функционирования познаний синергетического подхода, Хакем убедительно продемонстрировал эффективность лазерной модели самоорганизации — отбор нестабильный вид, невозможности одного или нескольких параметров порядка, подчиняются себе остальные виды по правилу самоотбора и «крутило-привешности» — для объяснения процессов обучения, распознавания образов, принятий решений, процессов достижения конструктивного согласия в человеческих сообществах и т.д. Дело в том, что в процессах самоорганизации происходит качественное скачки информации как результат быстрого протекания, а потому часто ускользающего от наблюдения процесса естественного самоотбора, продуктом которого и является стабилизирющийся наблюдаемый параметр порядка.

Смысл рождающегося информационного паттерна обнаруживается или, точнее, самоорганизируется в свете замечания Хакема о близости различаемого им синергетического подхода к мозгу и политике, к идеям и представляющим генеталь-полюсам.

Так замыкается круг перестройки синергетикой ее собственной просторности на пути развития о ее предметности. Но это лишь один из возможных кругов. Другой круг — путь «Синергетика 2», как мы ее называем, синергетика процессов познания как самоорганизационного наблюдаемой-повторяющей, в этом дожде практической интуиции ее первого. ⁴Чтобы это различение

«имело место», нужно погружаться в контекст развития методологических принципов синергетики, отталкиваясь от субъект-объектно интерпретируемых принципов наблюдаемости, соответствия, дополительности и, затем переинтерпретируя эти принципы как интерсубъективные принципы коммуникации, посредством которой и формируется синергетическая пространственность как телесномерная, телесностоленная человеческая среда.

Метопарадигма синергетики: моделирование человекоориентированных систем и метод ритмоанализов

Эвристические и философские аспекты моделирования общественных процессов в последнее время обсуждаются особенно интенсивно, и здесь наблюдается явный прогресс не только в метафорическом переносе методов синергетики на гуманитарную почву, но и в понимании психологических и методологических проблем применимости этих методов (Артюшков, 1999; Артюшков, Буданов, 1999; Баранцев, 2000; Бранский, 1997; Буданов, 2006; Васильева, 1999)

Вместе с тем математическое моделирование социальных процессов — тема по-прежнему демикающая в силу плывшей отчужденности понятий состояния социальной системы, обоснованности вида связей и ее дифференциальной динамики. Эти вопросы нельзя решить универсальными средствами, и наш вклад остается предметом диалога эксперта-социолога и математика-модельера. Сам же диалог, по словам одного известного математика, зачастую напоминает «любимые игры слепых и глухих ребят»: при явной заинтересованности сторон возникают постоянные и непредсказуемые ситуации острого недопонимания и неприятия. Вероятно, поэтому можно слышать иногда от опытных авторитетных гуманитариев дискуссия об опасности использования формальных методов в антропной сфере, где человек рефлексивен, непредсказуем, свободен, культурно-историчен. Все это так, но если пытаться сохранить коэгентивную и прогности-ческую урность мира, а чем пренебрежительно-инстинктивно, а не только дисциплично-коммуникационно, то неизбежен поиск урегулированных, коллективных степеней свободы, подпадающих «никому» математическому моделированию: при учете синергетических аспектов природы человека. И здесь, мы считаем, в моделировании необходимо большой акцент на принципы наблюдаемости и коммуникации (Артюшков, 1999; Артюшков, Буданов, 1999; Буданов, 2006).

Проблемы дифференциальной динамики. На наш взгляд, ключевая проблема заключается в том, что большинство физических моделей использует марковскую парадигму, т.е. состояние системы определяется в каждый момент

временем делюмом и полностью ее состоянием в данный момент времени, это основной принцип дифференциальной динамики. Известно для таких моделей со временем А. Пуанкаре бурно развивается качественная теория дифференциальных уравнений, теория бифуркаций, теория динамического хаоса; именно здесь разработаны интуиция сверхстатической парадигмы Пригожина — Хакена, ее универсальные редукты работы с порядком и хаосом. Но человек и социум обладают глубинной познать больше, чем эти в единичные, и карновской процессом, видя, не самым адекватным образом исторического и социального развития, хотя бы в силу того, что человекомерная система может учиться, приобретать опыт.

Справедливости ради отметить, что это отнюдь не переопределяет успехом локального дифференциального моделирования на условно небольших отрезках времени, в рамках которых ведутся интенсивные исследования по маткому моделированию с помощью пучков моделей (В. Аринкин), нечеткой эволюции и т.д.

Тем не менее проблему памяти на этом пути радикально решить нельзя. В частности, уже биологические системы предполагают одновременное взаимодействие хотя бы трех последовательных генераций, отметим, что именно поэтому в живых системах, и вообще в системах с памятью, имеет выделенный статус «золотое сечение», то есть мы практикуем порождение и возможность различения параметров (Климонтович, 1993), чего нельзя получить в рамках дифференциальной динамики.

Проблемы нейрокомпьютинга. В последние два десятилетия бурно развивается идея, основанная концепция — концепция сверхстатического компьютеринга, клеточных автоматов, реконструируя идеи искусственного интеллекта. Это своего рода субстративный подход, когда, меняя правила «оборудования» автоматов-нейронов мы создаем качественно-интуитивную среду с новыми свойствами, подмечаями изучению в процессе обучения нейрокомпьютера и решению им различных задач. Под всякой класс задач необходим свой нейрокомпьютер, обучаемый алгоритмами типовых приемов и стилей решения задач. Здесь проблемы памяти, обучения, воспитания или саморегулирования решаются влолке в гуманитарном ключе, система, безусловно, исторична, но мы платим за это интеллектуальностью действий такой системы, она не всегда предсказуема, а успех или правдивость ее поведения или результатов просто не гарантированы. Это скорее интуитивный стиль решения задач, нежели дискретивный процесс (Чернышевский, 2000). И мы попадаем «сверх истинно» дифференциальной динамикой погружаемся в «сверх истинно» нейрокомпьютерной реальности. Это другая крайняя точка зрения пред тем как проливает нам знание о социальной системе, скорее это компьютерной гур, который человеку не изучает, но сам будет решать наши проблемы.

Мезопарадигма синергетики. Об ограниченности дескриптивных процедур позитивного знания, горизонтал понимания мы знаем не так много, но знаем, что рефлексивный процесс приближает нас к ним с неизбежностью при достаточной высокой интенсивности (Буданов, 2000б, в). В этом, в частности, ограниченность процедур теории возмущений. Поэтому под мезопарадигмой синергетики мы будем понимать подход, находящийся между Сценой марковских «интегрируемых» дескриптивных процессов и Харизмой генетических методов нейроконтактного. Фактически это синтетический подход, когда система часть времени развивается вполне предсказуемо, а в период становления вступает в игру ее генетическая программа-память, внутреннее пространство, которое само может измениться, после чего развитие вновь происходит по дифференциальным законам. Таким образом, точки бифуркации, выбора проходит системой не случайно (равновесные исходы), но с учетом генетической склонности системы. Аналогичные идеи мы находим в концепции «русел» и «двоюрков» Г.Г. Малинецкого (Катина, Малинецкий, Курдюмов, 1997).

Внутреннее пространство может иметь свою иерархию уровней, которая для внешнего наблюдателя может выглядеть как проявление очередности и сверхоптимизм в поведении различных субъектов системы или подсубъектов индивида. Возникают фрактальные проявления коммуникационных паттернов, которые невозможно описать в рамках марковского подхода. Примером такого подхода к природе и обществу служит метод детокоскадов (Буданов, 1999б), предложенный одним из авторов в 1996 году. Его практическая реконструкция истории и прогнозу развития человекообразных систем предполагает командную работу экспертов различных дисциплин, и уже есть обобщающие результаты.

На наш взгляд именно синтетический подход позволит анимировать многие хорошо известные модели синергетики для гуманитарных приложений (Буданов, 2000а) и выделить приоритетно иной класс эффективных коммуникационных моделей.

Литература

- Аршинов, В.И. (1992) На пути к квантовой эпистемологии. Проблемы и методы постклассической науки. — М.
- Аршинов В.И. (1997) Квантовые стратегии синергетики // *Онтология и эпистемология синергетики* / Ред. В.И.Аршинов, А.П.Коврижкин. — М.: ИФ РАН. С 12–25.

- Аршинов В.Н. (1999) Смертетика как феномен постклассической науки. — М.: ИФ РАН.
- Аршинов В.Н., Буданов В.Г. (1994) Смертетика — эволюционный аспект. Самоорганизация и наука: ответ философского осмысления. — М.: ИФ РАН, Агро.
- Аршинов В.Н., Буданов В.Г. (1999) Смертетика наблюдения как познавательный процесс // Философия, наука, цивилизация. — Электронный УРСС.
- Аршинов В.Н., Буданов В.Г., Войцехович В.И. (1995) Пути развития процессов сложения в смертетике // Труды XI Международной конференции «Логика, методология, философия науки». Секция 8. Металлологические проблемы смертетики. — Москва-Обнинск. Т. VII. С. 3–7.
- Аршинов В.Н., Давыдов Ю.А., Тарасово В.В. (1997) Металлология сетового взаимодействия. Феномен сетовой самоорганизации // Онтология и эпистемология смертетики / Ред. В.Н. Аршинов, А.П. Князьков. — М.: ИФ РАН. С 101–118.
- Баранден Р.Г. (2000) Бинарная наследственность, термоядерные структуры, переходные слои // Смертетика. Труды семинара. Т. 3. / Под ред. О.П. Иванова, В.Г. Буданова. — М.: Изд-во МГУ. С. 353–361.
- Берков А. (1998) Собр. соч. В 4 т. Т. 1. — М. С. 318.
- Брянский В.П. (1997) Теоретические основы социальной смертетики // Петербургская социология. № 1.
- Буданов В.Г. (1997а) Демонстрация как обретение смысла, и омыту междисциплинарных технологий // Онтология и эпистемология смертетики / Ред. В.Н. Аршинов, А.П. Князьков. — М.: ИФ РАН. С 87–100.
- Буданов В.Г. (1999а) Когнитивная физика или когнитивная психология. О волонии и гнотности событийного языка // События и смысл. Смертетический опыт языка / Под ред. А.П. Князькова, П.Д. Тютенко. — М.: ИФ РАН, 38–46.
- Буданов В.Г. (1997б) Междисциплинарность в смертетике. Категории // Философский журнал. № 2. С. 15–21.
- Буданов В.Г. (1999б) Метод ретинализации о фрагментарной природе зрения эволюционирующих систем // Смертетика. Труды семинара. Т. 2. / Под ред. О.П. Иванова, В.Г. Буданова. — М.: Изд-во МГУ. С. 36–34, 232 с.
- Буданов В.Г. (2000а) Смертетическая алгебра гармонии // Смертетическая парадигма / Под ред. В.Н. Аршинова, В.Г. Буданова, В.В. Войцеховича. — М.: Прогресс-Традиция. С. 121–138.

- Буданов В.Г. (2006) Трансдисциплинарное образование и принципы синергетики // Синергетическая парадигма / Под ред. В.И. Артемова, В.Г. Буданова, В.Э. Войткевича). – М.: Прогресс-Традиция. С. 285–305.
- Буданов В.Г. (2006а) Язык науки или наука языка // Философские исследования. № 1.
- Буданов В.Г. (1996) Синергетические аспекты информационных критиков и культура // Философия и наука. – М.: ИФ РАН.
- Василькова В.В. (1999) Синергетика. Порядок и хаос в развитии социальных систем. – СПб.: Лань.
- Гурвич Ф.И. (1994) Метафизика усложняющегося бытия. – М.: Изд-во МГУ.
- Калева С.П., Маллерский Г.Г., Курдюмов С.П. (1997) Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Наука. 286с.
- Камскогович Ю.А. (1995) Нелинейная динамика открытых систем. – М.: Наука.
- Камалева Е.Н., Курдюмов С.П. (1994) Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. – М.: Наука.
- Лухин Н. (1991) Тавтология и парадокс в самоорганизации современного общества // Социо-лингв. – М.: Прогресс, С. 194–216.
- Маслов А. (1997) Дальние пределы человеческой познания. – СПб, С.289.
- Матурина У. (1996) Биология познания. // Язык и интеллект. – М.: Прогресс, С. 135.
- Пангован Н. (1984) От существующего к возникающему. – М.: Мир.
- Рорти Р. (1997) Философский прагматизм Ричарда Рорти и российский контекст. – М.: Традиция. 288с.
- Степан В.С. (1999) Теоретическое знание. – М.: Прогресс-традиция.
- Степан В.С. (1992) Философская антропология и философия науки. – М.: Высшая школа.
- Хакин Г. (1981) Синергетика. – М.: Мир.
- Чернышский Д.С. (2000) Информация, самоорганизация, мышление // Синергетика. Труды семинара. Т. 3 / Под ред. О.П. Иванова, В.Г. Буданова. – М.: Изд-во МГУ, С. 143–162.
- Чернышский Д.С. (2001) Синергетика и информация. – М.: Наука. С. 389.

Раздел 2

Моделирование когнитивных процессов



Герман Хакен (родился в 1927 г.) — немецкий ученый, один из основателей синергетики, предложил термин «синергетика» в 1973 г. на первой конференции, посвященной проблемам самоорганизации. Сделанный им доклад, с дополнениями и уточнениями был опубликован в программной статье в одном из номеров журнала «Review of Modern Physics» за 1975 г. под названием «Коллективные явления в сильно неравновесных и нелинейных системах».

Специалист в области лазерной физики и нелинейной оптики, статистической физики, термодинамики, теории бифуркаций. Профессор, преподаватель в Америке, Корнеллском университете, Штутгарте, Киото (Япония), университетах США и Италии, сотрудничавший с телекоммуникационными компаниями Франции и Германии. Член научного совета по основным физическим Институте Макса Планка (Штутгарт), директор отделения квантовой оптики Немецкого Физического Общества, консультант Немецкого Научного Фонда, член комиссии по статистической физике Международного Союза теоретической и прикладной физики (IUPAP).

Джозеф Португаль работает в Тель-Авивском Университете, на факультете географии, Израиль.

Г. Хакен, Дж. Португаль

СИНЕРГЕТИКА, МЕЖУРОВНЕВЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И КОГНИТИВНЫЕ КАРТЫ¹

Введение

В предыдущих работах мы рассматривали вопрос о том, как синергетика может служить общей теоретической основой для изучения когнитивных карт (Rottach, 1990; Rottach, Nabel, 1992). Однако центральных особенностей, на которые указывает этот подход, заключается в том,

¹ Статья любезно предоставлена профессором Г. Хакеном специально для данного сборника.

что параметрам порядка внешней среды (социальные, культурные, политические и т.д.) играют важную роль в процессах, связанных с когнитивными картами отдельных личностей и групп. Ближайшая связь процессов внутреннего мира индивидуума с процессами внешней социальной и культурной среды привела к появлению интерпредентативных сетей (Inter-Representational Network, ИРС), т.е. нейронных сетей, отражающих не только внутренне, межличностное взаимодействие и взаимодействие, но и взаимодействие внешних элементов. Этот новый подход даст нам возможность теоретически исследовать различные свойства когнитивных карт (представили их как ИРС) и связывать их с некоторыми эмпирическими результатами. Общая модель ИРС основана на рассмотрении процесса формирования образа на параллельных нейронных сетях. Формируя общую модель, мы использовали ее для проверки трех подходов, которые являются центральными в изучении когнитивных карт: обучение среде и построение ее когнитивной карты; преобразование в когнитивные карты — главный образ между вербальными и визуальными представлениями, поскольку они взаимодействуют в ходе поиска оптимального пути и передвижения в среде; коллективные когнитивные процессы, связанные с когнитивными картами и построением городов.

Несколько слов о синергетике, когнитивных картах и ИРС

Синергетика — это междисциплинарная исследовательская область, которая имеет дело с системами, составленными из многих подсистем. посредством взаимодействия подсистемы могут спонтанно воспроизводить пространственные, временные или функциональные структуры. Синергетика фокусирует свое внимание на ситуациях, в которых развиваются новые структуры. Представим кратко некоторые из базовых обозначений, которыми мы будем пользоваться в дальнейшем. Прежде всего, мы должны описать составные системы. Сделаем это с помощью вектора состояния

$$\mathbf{q} = (q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n) \quad (1)$$

который имеет компоненты $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n$. Чтобы проиллюстрировать смысл вектора состояния, рассмотрим простой пример из координатной динамики, где q_j обозначает число людей, движущихся на местности, обозначенной индексом j . Тогда вектор (1) описывает распределение популяции в некоторой области. Это распределение изменится со временем

в процессе рождения, смерти и передвижения жителей. Такое изменение вектора состояния с течением времени описывается так называемыми уравнениями динамики

$$\frac{dq}{dt} = N(q, \alpha) + F(t) \quad (2),$$

где N — нелинейная функция вектора состояния q , которая зависит от управляющих параметров α , описывающих условия среды. Например, в случае популяционной динамики они могут описывать общую пригодность области для проживания. $F(t)$ описывает влияние внешних процессов, которые недоступны для детерминированного анализа. Одной из полезных стратегий свёрстеника является изучение поведения вектора состояния (1) при изменении одного или нескольких управляющих параметров. Вообще говоря, когда изменяется управляющий параметр, вектор состояния системы перестраивается плавно, т.е. непрерывно. Имеются, однако, также важные ситуации, в которых вектор состояния меняется резко катастрофически. Мы говорим в этом случае о неустойчивости вектора состояния. В таких точках неустойчивости координатной шкалы вектор состояния может быть записан как суперпозиция новых элементарных векторов V_i с амплитудами от времени дифференциалами $\xi_i(t)$. Таким образом, координатной шкалой вектор состояния может быть записан в форме

$$q = \sum \xi_i V_i + \text{маленькие поправки} \quad (3)$$

Маленькими поправками обычно пренебрегают. Как показала опыт, незначительная свёрстеника, близость системы к неустойчивости характеризуется тем, что динамика роста полей вектора состояния q определяется очень небольшими ξ_i , малыми значениями параметрами порядка. Так как векторы V_i описывают целые конфигурации, мы можем сказать, что параметр порядка определяет развитие новых конфигураций. Если использовать телескопический термин свёрстеника, параметр порядка поднимает подсистему. Параметр порядка могут либо «конкурировать» между собой, в том что со временем «я выжила» (отличаясь от нуля) может остаться только один параметр порядка, либо они могут «сотрудничать». В случае конкуренции конечный вектор состояния определяется одним из элементарных векторов состояния V_i . В целом параметр порядка ξ_i подчиняется довольно простой динамике, которая также описывается уравнениями типа (2), но для других переменных.

$$\frac{dV_n}{dt} = M_n(V_n) + F_n(t) \quad (4)$$

Как показывают многочисленные примеры в естественных науках, а также в контексте анализа когнитивных карт, наличие параметров порядка и принцип подлинности является важными инструментами исследования. В общем случае, описание V_n в (4) требует значительного объема знаний математики, однако в ряде прикладных математических трудностей можно обойтись.

Общезвестный пример использования синергетики дает описание формирования динамических паттернов в турбулентной среде жидкости (Haken, 1983, 1987). Когда разность между температурами нижней и верхней поверхностей жидкости превышает критическое значение, может наблюдаться упорядоченное движение жидкости, образующее некоторый паттерн на микроскопическом уровне в форме рябизны или вихреобразования. При сортировании нескольких паттернов вихреобразования возникает сильнейший из этих паттернов, и этот выбор происходит в значительной степени зависит от начальных условий.

Аналогия между процессом распознавания образа ассоциативной памятью и процессом формирования паттернов движения воды проиллюстрирована графически на рисунке 1. Об этом говорилось в патке ранних работ по синергетике познания (Haken, 1979). Синергетика познания с тех пор стала полем достаточно активной исследований (Haken, 1991).

Познательный процесс происходит при распознавании образа. Типичный пример — распознавание лица: человек видит несколько деталей известного лица и посредством ассоциативной памяти он может распознать все лицо. Согласно синергетике, это аналогично процессу формирования паттернов.

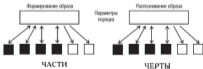


Рис.1. Аналогия между формированием и распознаванием образов

упорядоченному образу: когнитивная система человека мультистабильна, т.е. знает много известных лиц. Когда человек видит несколько деталей или часть лица, то ассоциативная память формирует несколько конфигураций и их параметров порядка. Параметром порядка выступают в соревновании, которое, в конечном счете, означает победу одного из них.

Рисунок 1 показывает аналогии между двумя процессами: (1) некоторые части системы (слова) выносятся в упорядоченное состояние, они могут генерировать параметр порядка, который в свою очередь подчиняет остальную часть системы так, чтобы вся система была приведена в упорядоченное состояние; (2) когда даны некоторые особенности образа (страха), они генерируют свой параметр порядка, который также подчиняет общую систему (человеческий мозг или компьютер) и вынуждает ее дополнить остальную часть необходимыми деталями.

Синергетика и когнитивные карты

Предложенный синергетикой теоретический подход к процессу распознавания образа представляет собой общую концептуальную рамку для изучения когнитивных карт. Эта концепция была сначала реализована Португали (Portugali, 1990) и далее разработана Португали и Хакемом (Portugali, Haken 1992). Она заключается в том, что когнитивная система, связанная с когнитивными картами, конструирует или формирует целостный образ/карту на основе неполного, частичного набора его особенностей. На языке синергетики можно сказать, что неполный набор особенностей окружения, предъявляемый когнитивной системе, вызывает соревнование между несколькими возможными конфигурациями особенностей и их параметрами порядка, продолжающееся до победы одного из них. Затем происходит подчинение системы победившему параметру порядка и созданию новой когнитивной карты.

Существует, однако, важное отличие между процессами распознавания образа и построения когнитивной карты. При распознавании, например, лица цель состоит в том, чтобы использовать частичный набор некоторых особенностей, предъявляемых системе для его распознавания, но детерминированно известных и запомненных лиц. В когнитивных картах цель состоит в том, чтобы создать первоначально неизвестный образ/карту из неполного набора особенностей некоторого окружения.

При распознавании образа мы объективно знаем дело с одной модальностью. При распознавании лица, например, это — зрительная система. В конве-

тивных карт мы обычно имеем дело с несколькими медальонами. Среда в целом не может быть обычно представлена во всей полноте из-за своего размера, и поэтому приходится создавать когнитивную карту не только на основе прямой визуальной информации (полученной при передвижении, например), но также при помощи косвенной визуальной (типа карт или фотографий) и вербальной (устные описания) информации. Многие из этой косвенной информации связаны с тем, как другие люди видят или воображают среду, т.е. с их когнитивными картами.

Географические карты, например, могут быть рассмотрены как представления внешней среды, сформировавшиеся в процессе совместной деятельности культурных, социальных или политических процессов. Фактически, как отмечено в нашем предыдущем исследовании (Pothuizen, Nakke, 1992), человек рождается в среде, которая уже самоорганизована и подчинена некоторым параметрам порядка. Следовательно, некоторые из особенностей, формирующих когнитивную карту, появляются уже как подчиненные параметрам порядка, и очень вероятно, что индивидуум создаст когнитивную карту не только на основе борьбы внутренних параметров порядка данного набора деталей окружения, а уже будучи подчиненным одному или нескольким из этих параметров, или более сложным представлениям.

Интеррепрезентативные сети

Вышеупомянутое синергетическое представление когнитивных карт придает такому большому вес внешней среде и внешней когнитивной памяти, чем это традиционно признается в когнитивных науках, что приводит к необходимости исследовать когнитивную систему вообще, и когнитивные карты в частности как представления как личности/много индивидуумов во внешней среде. Хотя эта идея в прошлом была не очень популярна в когнитивной карте, она тем не менее всегда признавалась некоторыми учеными, например, Вегенсом (Vuegenky, 1978) или Гибсоном (Gibson, 1979) и их последователями. Недавно, однако, эту идею стали применять и в других областях: в параллельно распределенной обработке (Parallel Distributed Processing, PDP) (Rumelhart et al., 1986); в области формирования понятий и классификаций (Lakoff, 1987) и при различных попытках пересмотреть познание с точки зрения теоретической перспектив развития (Donald, 1991; Edelman, 1992). Так, Румельхарт с соавт. (Rumelhart et al., 1986) полагают, что существующие или индивидуальное когнитивные представления играют важную роль в последовательных мыслительных процессах и должны тесно

быть привлечены к его политике и построению вычислительных нейронных сетей. Дональд (Donald, 1991) идет еще дальше, предполагая, что повышение внешней памяти в форме библиотек, карт, компьютерных баз данных и т.п. знаменует третью и самую современную стадию в развитии человеческого познания.

Португали подробно проанализировала компьютеризованные идеи и использовала их как строительные блоки в разработке понятия интердифференциальных сетей (ИРС). Когнитивная система рассматривается не как внутренняя сеть, представляющая внешнюю среду, но как внутренне-внешняя сеть, где некоторые элементы представляются как являются внутренней системой/сетью, а некоторые — во внешней среде. Португали предполагает, что одним из лучших экспериментальных примеров использования ИРС была так называемая сценария Барлетта (Bartlett, 1932/1961), которые он использовал для исследования процессов запоминания. Общая структура сценария Барлетта позволяет раскрыть понятие ИРС.

Типичный сценарий Барлетта развивается следующим образом: человеку дается текст или рисунок с задачей его запомнить. Затем его просят воспроизвести то, что он помнит, используя внешние средства (т.е. переписать текст или нарисовать рисунок). Это понятие представляется памятью может быть передана другому испытуемому, и т.д. Обычный результат таких сценариев — то, что после нескольких циклов колебаний в воспроизводимых продуктах текст или рисунок стабилизируется и слабо не меняется от итерации к итерации. Интерпретация этого явления может быть следующей — то, что мы имеем, является

(а) когнитивной сетью, составленной из внутренних и внешних элементов и внутренних и внешних представлений, или репрезентаций;

(б) последовательными взаимодействиями между внутренними и внешними элементами системы;

(в) типичным синергетическим процессом: последовательное взаимодействие вызывает сначала сильные колебания между конкурирующими конфигурациями текстов или рисунков, а затем ведет к повышению определенного параметра порядка, подчиняющего себе как внешне, так и внутренние элементы или представления репрезентации системы.

Таким образом, вместо обычного процесса формирования паттерна, при котором параметр(ы) порядка подчиняет(ют) некоторые внешние подсистемы, и обычного процесса растормаживания образа, при котором параметр порядка подчиняет некоторые внутренние детали образа, мы имеем здесь интегрированный процесс — параметр(ы) порядка подчиняет(ют) и внешне представленные подсистемы, и внутренне представленные особенности.

Общая модель сверстности и ИРС

Чтобы реализовать этот интегрированный подход графически, а затем и в математической форме, позволим читателю в сверстностной сетевой модели распознавания образа (Наден, 1991). Согласно этой модели, сверстностный компьютер можно представить с помощью трехуровневой сети, показанной на рисунке 2: входной уровень состоит из формальных нейронов, помеченных индексом k , где $q_k(0)$ представляет начальную входную активность k -го нейрона; средний уровень представляет параметр порядка ξ_j ; выходной уровень состоит из нейронов, обозначенных индексом l , где $q_l(\infty)$ представляет установившуюся активность нейрона l .

Хотя формально это похоже на нейронный компьютер, алгоритм работы сверстностного компьютера имеет существенные отличия: например, во взаимодействии моделируемых нейронов используются некие нелинейности. Обратите также внимание на то, что паттерны, закодированные входы компьютером, закодированы как в соединении между первым и вторым уровнями, так и между вторым и третьим уровнями. В случае статических образов связи между параметрами порядка имеют одну и ту же универсальную форму, в то время как в случае динамических паттернов связи параметров порядка могут зависеть от кодируемых паттернов движения.

Рассмотрим сеть на рисунке 2 в направлении, указанном стрелкой, и сравним ее с рисунком 3 и рисунком 4. Здесь мы имеем два типа входов, $q^{(input)}$ и $q^{(output)}$ и два типа выходов, также внутренние и внешние. Средний узел отображает в символической форме код, в котором устанавливается один или несколько параметров порядка величиной ξ_j . Индекс j различен для разных параметров порядка. В контексте вышес



Рис. 2. Сверстностный компьютер, представленный сетью с тремя уровнями



Рис. 3. Вид на рис. 2 со стороны, указанной стрелкой



Рис. 4. Самое простое изображение НРС-модели с внешним вводом и выводом и внутренним вводом и выводом. Средняя область представляет параметры порядка. Обратите внимание, что по аналогии с рисунком 3, сеть, соответствующая рисунку 2 изображена «с боку», так что каждый круг представляет собой набор моделируемых нейронов.

статье важно обратить внимание на то, что одни и те же параметры порядка ξ_j могут управлять совершенно разными внешними выводами. Например, параметр порядка ξ_j может быть связан со специфическим выходным паттерном $v_j^{(i)}$. Подобный выходной паттерн может быть текстом или рисунком, как в экспериментах Барлетта, или пикселем и т.д., что могло бы сохраняться на внешних носителях, например, в компьютерах или на фумке. Общий набор возможных рисунков представляется, таким образом, выходным вектором $q^{(i)}$:

$$q^{(i)}(t) = \sum_j \xi_j(t) v_j^{(i)} \quad (5)$$

Этот выходной вектор с течением времени меняется. Мы рассматриваем его изменение на протяжении значительного времени так, чтобы это изменение параметром порядка закончилось. Анализируем способом параметра порядка ξ_j могут управлять формированием внутренних паттернов, например, сокращенных внутри изображений или полученных образцов. Эти образцы обозначаются, как $V_j^{(i)}$, а общий набор возможностей представляется как

$$q^{(i)}(t) = \sum_j \xi_{ij}(t) V_j^{(i)} \quad (6)$$

Читателя не должна вводить в заблуждение запись, в которой образцы, как внешние, так и внутренние, обозначены одним и тем же символом V . Обратите внимание на то, что первый индекс может указывать на совершенно разные образцы, например, $V_j^{(i)}$ может относиться к внешним произвольным словам, в то время как $V_j^{(i)}$ может относиться к внутреннему сокращенному состоянию системы изображений, соответствующему слову.

Следующим этапом нашего анализа будет рассмотрение причин, генерирующих параметром порядка. Согласно рисунку 4, рассмотрим два различных входа действующих на уровне параметра порядка, а именно внешний и внутренний входы. Внешний вход обозначен $q^{(i)}(t)$, внутренний $q^{(i)}(t)$. Ноль в скобках указывает на то, что эти входы берутся в момент времени t , равной нулю. Входы такие могут иметь совершенно разные модальности. Векторы q представляют собой набор данных различных модальностей и могут иметь разное число измерений. Вектор $q^{(i)}$ подается чаще на органы чувств, например, визуальные, слуховые или осязательные. Вектор $q^{(i)}$ производится внутри, например, какими-то процессами, факторами, метками, мыслями. Важно отметить, что переход с первого, т.е. внешнего, уровня к среднему уровню, непосредственно с параметрами порядка, производится после некоторой предварительной обработки. Ее необходимость вызвана тем, что данные, например, могут быть нелинейны (как на рисунке 5), или искажены, или могут быть перекодированы в пространстве, повернуты или иметь другой масштаб (рисунок 6) и т.д.

Данные образцы сверяются с сокращенными в памяти так называемыми прототипными образцами, обозначенными ξ_j . Предварительная обработка может играть важную роль, но мы должны здесь отметить технически детали от необходимой свойства объекта. Например, — и это довольно тривиальная задача — сдвинуть образ в пространстве или повернуть его. Нетривиальной задачей, однако, является поворот образа на 180 градусов, где компьютер и человек имеют совершенно разные способности по распознаванию такого образа, как, например, на рисунке 7.



Рис. 3. Пример искаженного лица



Рис. 6. Лицо, которое было повернуто, перевернуто с изменением масштаба по сравнению с оригиналом



Рис. 7. Два лица. Вы почти не заметите различия, тогда как компьютером оно однозначно регистрируется

Важная задача предварительной обработки образа — удаление деформаций. Совершенно очевидно, что в этой стадии обработки применимо понятие гомологии. В компьютере можно также учесть довольно общие деформации как для пространственных деформаций ввести функцию доступных потерь, которая ограничивает степень деформации (Daffertshofer, Nakka, 1994). Это предварительное удаление деформаций может производиться как для q^{64} , так и для q_1 . Через прототипный паттерн q_1 мы можем проиндексировать вектор признаков данных q^{64} согласно

$$q^{(k)} = \sum_j \zeta_j^{(k)} u_j^{(k)} + w^{(k)} \quad (7)$$

где $w^{(k)}$ — остаточный член, которым можно пренебречь. Важное понятие — сопряженные векторы $u_j^{(k)}$, которые подчиняются ортогональному соотношению

$$(u_j^i, u_k^i) = \delta_{jk} \quad (8)$$

где δ_{jk} — символ Кронекера ($\delta_{jk} = 1$, если $j = k$; $\delta_{jk} = 0$, если $j \neq k$). Когда мы умножим уравнение (7) на сопряженный вектор $u_j^{(k)}$, то немедленно получим внешний параметр порядка:

$$\zeta_j^{(k)}(0) = (u_j^{(k)}, q^{(k)}(0)) \quad (9)$$

где знак с обеих сторон указывает, что мы берем эти значения в момент времени $t = 0$, т.е. в начальной момент. В полной аналогии с внешне заданным сигналом света, поданным на вход, такое может быть обработан совершенно аналогично

$$q^{(l)} = \sum_j \zeta_j^{(l)} u_j^{(l)} + w^{(l)} \quad (10)$$

где могут использоваться разные критерии для прототипных образов, или прототипные образы могут иметь различную модальность. Именно поэтому мы различаем прототипные образы с разными индексами k или l соответственно. По аналогии с (9) мы формулируем внутренний параметр порядка:

$$\zeta_j^{(l)}(0) = (u_j^{(l)}, q^{(l)}(0)) \quad (11)$$

Теперь возникает вопрос: как определить параметры порядка всей системы? Для этого мы определим новые параметры порядка для системы в целом через внешние и внутренние параметры, т.е. как внешние и внутренние параметры порядка (9) и (11) согласно выражению

$$\xi_j(0) = \alpha_j \left| \xi_j^{(1)}(0) \right| + \beta_j \left| \xi_j^{(2)}(0) \right|. \quad (12)$$

Затем мы подберем параметры порядка ξ_j процессу соревнования, который известен нам из работ по распознаванию образа соответствующим компьютером. Это означает, что при нашем подходе мы имеем дело с распознаванием внутренне или внешне заданного образа, в котором конкурируют различные параметры порядка ξ_j с индексами j , и один параметр порядка в конечном счете выигрывает соревнование, а именно тот, который обеспечивает самые высокие значения выражению (12) в начальный момент времени. Это соревнование описывается уравнением:

$$\dot{\xi}_j = (\lambda_j - (B + C)D + B\xi_j^2)\xi_j, \quad (13)$$

где D дано как

$$D = \sum_j \xi_j^2 \quad (14)$$

а B и C — положительные константы. Уравнение (13) описывает ситуацию, когда побеждает только один параметр порядка, или, другими словами, стратегия «победитель получает все». Обратите внимание на то, что все шаги, обозначенные выше, включая предварительную обработку, могут выполняться — и выполнялись — компьютером, так что наш подход был полностью операционно автоматизирован.

Некоторые приложения в построении когнитивных карт.

Обучение среде

Вопрос обучения среде, т.е. способы, которыми люди узнают среду и создают в процессе этого обучения ее когнитивную карту, обсуждается в рамках нескольких научных подходов и областей, включая изучение и развитие пространственных способностей, мышления и интеллектуальных способностей и т.д. (McDonald, Pellegrino, 1993). Часто основным толчком этих работ является то, что среда находится снаружи — где-то там — и задача человека или животного состоит в том, чтобы познать среду, познать и внутренне представлять то, что уже существует вне организма. Понятие ИРС и формулировка его в терминах стереотипии в интерпретированной модели предполагает другой подход.

Обучение среды рассматривается как процесс, в ходе которого индивидуум создает образы во внешней среде и соответствующие образы в своей познание. Результатом этого является НРС — когнитивная карта, часть или элементы которой создали во внешней среде как внешние представления, а часть — в познание /мысле как внутренние представления. Процесс в целом развивается в соответствии с моделью, в которой мы упомянули выше, как синергетическое взаимодействие между внешними и внутренними входами и выходами, упорядочиваемые параметрами порядка, которые развиваются в этом процессе и подчиняют взаимодействующим представленные подсистемы.

Рассмотрим, например, случай, когда человек входит в новую среду, скажем, в город, и предпринимает несколько экскурсий, чтобы узнать область. Рисунок 8 иллюстрирует графически, как этот процесс развивается в терминах нашей синергетической НРС-модели. Если стартовать из левой стороны рисунка 8, можно заметить, что на первой экскурсии когнитивная система индивидуума представляет собой два потока входящей информации: потока внешнего ввода, который поступает по мере продвижения человека в пространстве, и параллельного ему входящего потока внутреннего происхождения из внешнего, начального предыдущего знания о среде, сохраненного в памяти человека.

Взаимодействие между внешними и внутренними входными потоками, упорядочиваемый и подчиняемыми параметрам порядка, которые развиваются в процессе обучения, влечет за собой также интерактивное взаимодействие между внутренними и внешними потоками вывода. В этом последовательном взаимодействии между внешними стимулами и внутренними представленными объектами и образы внешней среды определяется и внутренне конструируются как НРС — когнитивные карты. Впечатления первой экскурсии составляют первую когнитивную карту области, и она является частью входящей стимуляции для второй экскурсии, и т.д.

Как можно заметить на рисунке 8, эта карта состоит из внешнего выходящего параметра $q^{(1)}$, в виде внешнего присутствующего веток в среде и внутреннего выхода $q^{(2)}$ в виде внутренне запоминаемых и представленных деталей среды. Важная особенность этого процесса: когнитивная система не просто «фотографирует» то, что находится снаружи — в среде, но она активно создает внешнюю и внутреннюю сети, которые формируют когнитивную карту.

Важно также обратить внимание на то, что в начале процесса перипатрии внутренний вход не должен непосредственно быть связан с новой средой, которую изучает человек. Достаточно того, что человек знает в памяти некоторые образы понятий и категорий, относящихся к среде, такие, как «здания», «улицы», «выставки», «направления», «лес», и т.д. Кроме того,

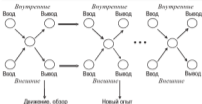


Рис. 8. Графическое представление человека, исследующего окрестности. Каждая диаграмма представляет сеть внутри человека и иллюстрирует различные стадии изменения состояния сети

внутренняя информация, не относящаяся к среде, также может играть важную роль в этом процессе. Например, маршалловцы, делавшие первую экскурсию в европейском городе, вероятно, заинтересуются европейским знаком на достопримечательности, который затем станет внешне и внутренне представленной меткой для когнитивной карты этого человека.

Каждая экскурсия требует времени и энергии, чтобы обойти окрестности, воспринять и ставить метки для себя относительно объектов окружения, и тем самым зависит от времени и энергии, которыми располагает человек. Результатом первой экскурсии является чистая и незавершенная когнитивная карта. В ней отмечены только некоторые объекты и образы среды, которые станут элементами когнитивной карты этого человека. Эта внешне и внутренне представленная выходящая информация от первой экскурсии станет начальной ответной, т.е. входной информацией для следующей экскурсии, и т.д. в последовательном процессе.

Каждая новая экскурсия добавляет все больше деталей к создаваемой когнитивной карте и (или) увеличивает периметр обозрения. Как объясняет это ИРС-модель, на первых экскурсиях возникает, вероятно, различие между несколькими когнитивными картами, создаваемыми в разных итерациях. Такие колебания интерпретируются как соревнования между параметрами порядка формирующейся когнитивной карты. По мере установления параметра порядка различные внешне и внутренне представленные образы подчиняются

тему и приводит когнитивную карту к устойчивому состоянию. Как только это состояние достигнуто, новые экскурсии не меняют сколько-нибудь значительно структуру когнитивной карты этой области.

Тот же механизм применим в ситуации, когда человек предпринимает много экскурсий в различных частях города: в его окрестности, в центре, в области отдыха и т.п. В отключении каждой из этих частей города или совместной конфигурации мы будем иметь подобный процесс: определенной параметр порядка в окрестности или центре города, или города в целом подталкивает входящие в когнитивную систему внутренние и внешние (взаимодействующие между собой) данные. Как мы только что отметили, согласно нашему подходу на этой стадии системы, т.е. когнитивная карта, приходит в устойчивое состояние и существенно не меняется. Это устойчивое состояние достигается не обязательно тогда, когда когнитивная карта соотносится точно географической карте местности, но когда она дает возможность человеку выживать и функционировать в данной географической среде. Таким образом, как было установлено (Dorta, Sosa, 1976), различные люди (дети, водители такси, пилоты, и т.д.) имеют тенденцию создавать свои собственные персональные и географические когнитивные карты.

Может создаться впечатление, что когнитивные карты являются очень персональными и субъективными. Это действительно так, но только до определенной степени. По нашим сведениям и по наблюдениям других авторов (Portugali, 1990; Portugali, Haken, 1992), многие понятия, категории, слоганы и образы, которые нам используем в построении наших персональных когнитивных карт, приходят к нам уже в самоорганизованной форме и подчиняются сложным межсубъективным коллективным параметрам порядка. Обычный разговорный и письменный язык уже приводил нас как пример такого коллективного параметра порядка. Другой пример — из области архитектуры и дизайна — приводит Александер с соавт. (Alexander et al., 1977), Португалии (Portugali, 1990) (язык паттернов), модель Лаворфа (Lakoff, 1987) и его «гипотеза пространственных форм» могут быть также интерпретированы с помощью параметров порядка. Эти и другие коллективные переменные и параметр порядка играют важную роль в синергетическом процессе построения когнитивных карт, но того следует, что процессы познания среды и когнитивного отражения связаны со многими коллективными переменными и свойствами.

Не трудно перевести механизм обратной связи, описанный в этом разделе, в математическую форму. Рассмотрим рисунок 8. В результате всего процесса обработки создается внутреннее выходящее состояние q^{int} .

Этот вывод может совпадать с уже рассмотренным образом, но может также вести к формированию нового образа. Новый образ может затем служить прототипом другого нового образа, который выводится в предварительную обработку, т.е. он входит как новый

$$q^{(i)}(x) = v_j' = u_j^{(i+1)} \quad (15)$$

Этот процесс может быть сведен к алгоритму обучения спиральной динамики (Haken, 1991). Обратите внимание, что внешний входной ресурс может включать движение и исследование среды, а то время как внешний «вход» состоит из нового опыта. Аналогично этому процессу внутренний «вход» может также определять новый прототипный образ, который используется внутренне для проверки предлагаемых идей и т.п.

Преобразование в когнитивном пространстве

Как было замечено, из-за своего размера, своего крупного масштаба такая среда, как окрестности, сани города и т.п., не могут быть одновременно представлены во всей своей полноте, и, следовательно, познание /могут делаться создавать их внутреннее пространственное представление с помощью различных форм визуальных (манягрия, карты и т.д.) и невербальных (инструкции, логика и т.д.) средств информации. Когнитивные карты являются, таким образом, по своей природе многомодальными объектами. Следовательно, преобразование информации от одной модальности к другой играет важную роль при формировании этих карт. Многие авторы описывают детали таких преобразований.

Спиральная НРС-модель подобного преобразования графически показана на рисунке 9. Как можно заметить, внешний вход $q^{(i)}$ поступает в одну модальность, скажем, вербальную, а внутренний вход $q^{(i)}$ — в другую модальность, скажем, в форме пространственных изображений. Пример — ситуация, в которой один человек описывает другому путь из пункта А в пункт В. «Описывающий» производит внешнее устное описание внутреннего представляемого ему маршрута. Этот внешне представляемый поток слов становится внешним входом для слушателя. Параллельно этому потоку внешней устной информации слушатель также подвергается предположительному внутреннему визуальному потоку информации. Последний формируется в памяти слушателя. Как и в случае научной среды, эта информация может быть предварительно известна об окрестностях, но это совершенно необязательно.



Рис. 9. Коммуникация между двумя людьми по поводу дороги из пункта А в пункт В

Достаточно некоторых общих понятий о среде, категории и слове. Взаимодействие между кодацией внешней вербальной информации и кодацией перцептивно-поточной информацией — натуральной информацией — является параметр порядка, который поднимает свое обобщенное описание внешне и внутренне подсистемы и их свойства и управляет взаимодействием между подсистемами и тем, что они производят на выходе.

Коллективные когнитивные карты

По вопросу когнитивного «картирования» интересны идеи Дювалла (Duvall, 1991) о трех этапах когнитивного перехода в развитии человеческой культуры: *знаковый переход*, который впервые дал возможность сообществу использовать не тело как внешне устройство для представления информации; эта стадия повлекла за собой появление знаковых когнитивных карт, которые могли представлять среду посредством внешнего, *лексического перехода*, который сопровождался появлением внутренней и внешней речи и различными формами внешней вербальной памяти, включая различные формы вербальных когнитивных карт; *интернализация памяти* — третий переход, связанный с появлением письменности.

Сущность этой стадии в том, что некоторые части человеческой памяти и мысли можно поместить во внешнюю среду, в архив, в библиотеку и т.п., и таким образом они становятся независимыми от биологической человеческой памяти. Эта интернализованная память включает лексические

когнитивные карты, т.е. пространственные описания зданий, городов, территорий и других крупномасштабных пространственных объектов. Интересно, что один из самых ранних известных текстов, так называемые спискибыты, найденные в древнем городе Урук — были детализированными описаниями территории и что, согласно данным, эти когнитивные текстовые карты предшествовали появлению рисованных и картографированных карт. По мнению Дональда, каждой последующей когнитивной перевод не заменяет полностью предыдущий, а добавляет к нему новые когнитивные смыслы, т.е. каждый последующий перевод несет за собой более сложную ИРС и более сложную внешнею память.

Одно из наиболее важных свойств понятия ИРС касается возможности коллективного использования внешне представленных элементов сети. Как только человек создает внешне представление, оно потенциально становится общим достоянием. Другие люди могут использовать его для различных целей, включая использование его в качестве внешнего входного потока для своей ИРС. Внешне представленные человеком элементы, такие образом, входят в различные коллективные процессы (культурные, социальные и т.д.). Это описано также и в книге Дональда, посвященной и текстовым формам внешнего представления, которые допускают появление внешних коллективных представлений, как биологических (животных и людских), так и небологических.

То же самое и с когнитивными картами. С одной стороны, они являются субъективными и персональными, а с другой — из-за своих внешне представленных элементов они вовлечены в коллективные культурные, социальные и средовые процессы, которые сами по себе являются самоорганизованными системами (Pachter, 1993). Мы, таким образом, имеем здесь взаимодействие между когнитивными процессами на двух масштабах: персональном, где человек взаимодействует со средой посредством внутренних и внешних представлений, как описано выше, и коллективном, элементами которого являются внешне представления, выполняемые личностью.

Один из основных принципов синергетического подхода к самоорганизации — то, что относительно медленные параметры порядка имеют тенденцию подчинять относительно более быстрые параметры, т.е. при взаимодействии со средой когнитивная система индивида, вероятно, подчиняется внешне представленным элементам, изобретая форму коллективных когнитивных процессов. Таким образом, человек взаимодействует со средой, которая уже самоорганизована и в процессе этого интернализует элементы, принимая форму коллективных когнитивных процессов.

Чтобы увидеть, как этот процесс работает в терминах нашей сверхрефлексивной модели, возвратимся к сценарию Барлетта и повторно сформулируем их в соответствии с нашей моделью. Чтобы завершить первую часть с описанием субъективных внутрисоциальных сценариев, а затем описать межперсональные коллективные сценарии и еще «более коллективные» межперсональные сценарии с совместным транслированием. Как уже отмечено, первые два сценария были первоначально разработаны Барлеттом для иллюстрации внутренней работы памяти, а Стадлер с соавторами (Stadler, Kline, 1990; Kline, Stadler, 1993) предполагали, что когнитивная система является самоорганизующейся системой, которая развивается в соответствии с сверхрефлексивной теорией.

Внутриперсональный субъективный процесс

Смысла устанавливается внешне производимая выходящая продукция человека, скажем, запись, и затем ее чтение может служить тому же самому человеку входной информацией. Это моделирует описание экспериментов Барлетта относительно одного человека. Этот итерационный процесс графически описан на рисунке 10, а формально — уравнением

$$q_{n+1}^{(i)}(t=0) = q_n^{(i)}(t \rightarrow \infty), \quad n=1,2,\dots \quad (16)$$

Идеи и отсылки к числу итераций. Обратите внимание, что этот процесс, обозначенный $q^{(i)}(t \rightarrow \infty)$ может быть довольно условленным из-за предварительной обработки входных образов с помощью функций потерь. Воспроизводство образа, например, в процессе рисования, может быть, мягко говоря, несовершенным, поскольку речь идет не о профессиональных художниках или секретарях. Скорее всего, лучше рассмотреть просто стилистические сходства между итерациями, как показано экспериментально Барлеттом и нами в других работах.

Межперсональный коллективный процесс

Это классический сценарий Барлетта в том виде, как он первоначально был сформулирован и недавно воспроизведен Стадлером и Клуэ (Stadler, Kline, 1990; Kline, Stadler, 1993). Типичный эксперимент этого вида заключается, как уже отмечалось, с подачи информации на внешней вход, например в виде истории, рисунка и т.д., и продолжается как последовательность внешне воспроизводимой

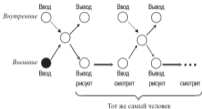


Рис. 10. Последовательность обдумывания одного и того же человека



Рис. 11. Последовательность обдумывания между людьми (сравнительная таблица); n обозначает число людей

одного человекам того, что он смог запомнить о поданном входе от другого, и это становится вводом, который нужно запомнить и использовать для следующего человека, и т.д. Рисунком 11 иллюстрирует такую последовательность. Интересный результат такого сравнения — то, что, как и во внутриперсональном случае, после нескольких начальных шагов, которые идут только вначале от одного

воспроизводится до другой истории или выведочного рисунка, дальнейшие образы стабилизируются и не сильно изменяются от итерации к итерации. На языке свиреттуса мы сказали бы, что некоторый параметр порядка подтолкнул систему и привел ее к устойчивому состоянию.

Интересной частью этого эксперимента является то, что система мезоперсональна, т.е. несколько людей включены в процесс воспроизведения, и эти индивидуальны-субъективные когнитивные системы участвуют в создании коллективного и историзированного когнитивного продукта. Результат, таким образом, является следствием взаимодействия между внутренними и внешними представляемыми личностями; внешней коллективной когнитивной продукт формируется без личностного контроля, без субъективного учета об участии в этом коллективном предпринятии. Поскольку этот последовательный процесс развивается по мере создания коллективного результата, каждый человек, представляющий внешнее воспроизведение, постепенно становится «более» коллективным и это делает коллективным внутренне представляемое запонимание каждого человека. Люди, вовлеченные в этот процесс, подчиняются, таким образом, коллективному параметру порядка. Этот мезоперсональный средний может быть описан посредством формулы

$$q_{n+1}^{(t)}(t=0) = q_n^{(t)}(t \rightarrow \infty), n=1,2,\dots \quad (17)$$

Надеемся обратиться к человеку, участвующему на соответствующем этапе последующего этапа передачи. С формальной точки зрения, процесс на рисунке Ю повторяется на рисунке П, при условии, что предварительная обработка производится по тем же самым закономерностям для каждого человека.

Мезоперсональность с совместным кристаллом

Обратите внимание на то, что обычные сценарии Барлетта и выделенная формулировка полностью зависят от биологических вспомогательной личности. Для того чтобы сделать действительно активной память и когнитивную карту, как их определял Дональд, мы должны допустить, что некоторые части этой внешней коллективной памяти могут отсондироваться и быть невозможными от биологической вспомогательной личности, занятой в процессе.

Согласно Дональду, эта стадия в человеческом когнитивном развитии стала возможной с появлением письменности в III тысячелетии до нашей эры и с развитием с тех пор других средств внешнего

сохранения информации. Пользуясь этим новым средством, человек уже не обязан помнить историю или инфразвук, либо ландшафт или территорию, поскольку достаточно помнить только код (т.е. язык) доступа к этому объему транслату. Вспомни память, по Домальду сводится, также образом, к тому, что могло бы быть названо «чистыми» формами информации (тексты, автоматизированные базы данных, карты, общие информационные системы и т.п.).

Такое ограничение совершенно не обязательно. Во-первых, многие из проведенных людьми формы информации были созданы в подобном процессе последовательного воспроизводства, т.е. взаимодействием между внешними и внутренними представлениями. Во-вторых, многие из этих носителей представляют собой не только функциональные инструментальные средства, но и являются также информационными курсерами. Алтари, скульптуры, картины, драмы, официальные здания, частные здания, городские кварталы и целые городские ландшафты передают информацию относительно морали, власти, денег, скромности и, что наиболее важно, — информацию относительно различных форм социального, культурного, экологического или городского порядка. Скорее всего, тем же самым образом люди учатся разным языкам и таким образом получают доступ к внешней памяти в форме текстов или автоматизированных баз данных.

Это перекликается с работой Александра (Alexander et al., 1977) и его понятием Языка Образов в архитектуре и городской планировке, а также с работами Лакора (Lakoff, 1987), Эдельмана (Edelman, 1992), и Лангаскера (Langacker, 1987) о «когнитивной грамматике», которая существует за пределами грамматики обычного лексического языка. Более глубокий процесс познания среды, таким образом, является процессом познания языка среды — семантики, грамматики и порядка, встроенных в нее структур. По мере обучения средовому или городскому языку, как и обычному языку, человек может использовать его для более специфических задач передвижения, нахождения пути и т.п. Этот язык среды с его понятиями, категориями и схемами среды был фактически одним из источников внутреннего входного потока в нашей модели изучения среды.

Графически в терминах нашей модели неперсональное коллективное транзитивное может быть представлено на рисунке 12, где каждый человек представляет свой вход для общего внешнего резервуара или транслата и получает внешний вход из этого транслата. С формальной точки зрения мы имеем отношение

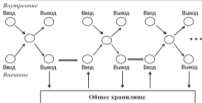


Рис. 12. Связь между людьми и общим хранилищем, в качестве которого может выступать библиотека или даже город

$$q_i^{k+1}(0) = W_k q_{\text{common}}^k, \quad k=1, 2, \dots \quad (18)$$

и

$$q_{\text{common}}^k = \sum_i c_i q_i^{k+1}(t \rightarrow \infty) \quad (19)$$

где W_k — оператор «многого глаза индивидуума i », через которое выбирается часть информации, сохраненной в q_{common}^k .

Переформулируем ИРС в терминах сформировавшихся раньше дальнейшее развиваемые когнитивного строения, его внутренних процессов саморегуляции, отношений между различными модальностями и сложными диалектическими взаимосвязями отношений между когнитивными картами личности, коллективными когнитивными картами и физической средой. Конструирование когнитивных карт происходит здесь как процесс, с помощью которого люди активно создают собственные внешние и внутренние среды.

ИРС-модель оказывается эффективным инструментом для моделирования последовательных когнитивных процессов, связанных с общими психологическими вопросами, например, запоминания, межмодальным преобразованием и характера саморегуляции когнитивных процессов вообще.

Португал И.Н. Трофимовой

Aerography

Alexander C. (1979). *The Timeless Way of Building*. – New York: Oxford University Press.

Alexander C. et al. (1977). *A Pattern Language*. – New York: Oxford University Press.

Barlett F.C. (1932/1961). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. – Cambridge: Cambridge University Press.

Daffertshofer A., Haken H. (1994). A new approach to recognition of deformed patterns. *Pattern Recognition*, 27 (12), 1697–1705.

Donald M. (1991). *Origins of the Modern Mind: Three Stages in the Evolution of Culture and Cognition*. – Cambridge Mass. and London: Harvard University Press.

Downs R.M., Stea D. (1976). *Maps in Minds*. – New York: Harper & Row.

Eidelson G.M. (1992). *Bright Air Brilliant Fire: On the Matter of the Mind*. – London: Penguin Books.

Gibson J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. – Boston: Houghton-Mifflin.

Haken H. (1979). *Pattern formation and pattern recognition - an attempt at a synthesis // Pattern Formation by Dynamical Systems and Pattern Recognition (H. Haken, ed.)*. – Berlin: Springer Verlag.

Haken H. (1983). *Synergetics, An Introduction*, 3rd. ed. – Berlin: Springer.

Haken H. (1987). *Advanced Synergetics, An Introduction*, 2nd. print. – Berlin: Springer.

Haken H. (1991). *Synergetic Computers and Cognition*. – Berlin: Springer.

Krusc P., Stadler M. (1993). The significance of nonlinear phenomena for the investigation of cognitive systems. In *Interdisciplinary Approaches to Non-linear Complex Systems (H. Haken, A. Mikhailov, eds.)*. – Berlin: Springer. P. 138–160.

Lakoff G. (1987). *Women Fire and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind*. – Chicago: The University of Chicago Press.

Langacker R.W. (1987). *Foundations of Cognitive Grammar, Volume I: Theoretical Prerequisites*. – Stanford: Stanford University Press.

McClelland J.L., Rumelhart D.E. and the PDP Research Group (1986). *Parallel Distributed Processing, Explorations in the Microstructure of Cognition, Volume 2: Psychological and Biological Models*. – Cambridge Mass: MIT Press.

McDonald T.P., Pellegrino J.W. (1993). Psychological perspectives on spatial cognition. In *Behavior and Environment (T. Golling, R.G. Colledge eds.)*. – Amsterdam: North-Holland. P. 47–82.

- Portugal J. (1990). Social synergetics, cognitive maps and environmental recognition. In *Synergetics on Cognition* (H. Haken, M. Stadler eds.). – Berlin: Springer. P. 379–392.
- Portugal J. (1993). *Implicate Relations: Society and space in the Israeli-Palestinian conflict*. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Portugal J., Haken H. (1992). *Synergetics and cognitive maps // Geography, Environment and Cognition* (J. Portugal ed.), a special theme issue *Geoforum* 23 (2), 111–130.
- Rumelhart D.E., Smolensky P., McClelland J.L., Hinton G.E. (1986). Schemata and sequential thought processes in PDP models. In *Parallel Distributed Processing, Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 2: Psychological and Biological Models* (J.L. McClelland, D.E. Rumelhart, and the PDP Research Group). – Cambridge Mass: MIT Press. P. 7–57.
- Stadler M., Kruse P. (1990). The self-organization perspective in cognition research: historical remarks and new experimental approaches. In *Synergetics of Cognition* (H. Haken, M. Stadler eds.). – Berlin: Springer. P. 32–52.
- Vygotsky L.S. (1978). *Mind in Society*. – Cambridge Mass.: Cambridge University Press.



Владимир Георгиевич Редко (родился в 1947 г.) — доктор физико-математических наук, заместитель директора Института оптико-нейронных технологий РАН. Кандидатскую диссертацию защитил в 1978 г. в МФТИ, докторскую диссертацию защитил в 1995 г. в Государственном НИИ Физических проблем. С 1979 г. занимается проблемой эволюционного происхождения интеллекта в биологических системах. В круг его научных

интересов входят следующие направления: разработка математических моделей «интеллектуальных изобретений» биологической эволюции; эволюция когнитивных способностей животных; происхождение интеллекта человека; моделирование эволюционными моделями «искусственной жизни». С 2002 г. активно участвует в организации ежегодных Всероссийских конференций «Нейроинформатика». В 2006 г. в издательстве «Наука» вышла его книга «Эволюционная кибернетика».

В.Г. Редко

ЭВОЛЮЦИЯ КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ЖИВОТНЫХ И ПРОБЛЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ¹

Введение

В процессе биологической эволюции возникли чрезвычайно сложные и вместе с тем удивительно эффективно функционирующие живые организмы. Эффективность, гармоничность и согласованность работы «компонент» живых средств обеспечивается биологическими управляющими системами.

Но каковы эти системы управления? Можно ли их копировать? Можно ли воплотить этот естественный «интеллект», изобретенный Природой,

¹ Статья любезно предоставлена автором специально для данного сборника.

в психике человека интеллектуальными системами управления? Какие исследования нужно провести, чтобы разобраться во всем многообразии естественных («интеллектуальных») систем управления? Каковы подходы к таким исследованиям? Какие концептуальные теории можно предложить в основу исследований биологических систем управления? Какие исследования уже проведены и что можно ожидать в ближайшем будущем? Могут ли исследования «интеллектуальных» изобретений биологической природы служить естественнонаучной основой построения искусственных интеллектуальных систем? Какие новые технологии могут возникнуть на основе этих исследований? Какие философские вопросы затрагивают такие исследования? Какое влияние может оказать изучение и создание интеллектуальных систем управления на будущее развитие человечества? Перечень этих вопросов может быть продолжен. Здесь мы обсудим только некоторые из них.

1. Теория функциональных систем П.К. Анохина как концептуальная основа построения интеллектуальных систем управления

Как исследование, так и создание интеллектуальных систем управления целесообразно проводить, опираясь на обмен концептуальными теориями и схемами. Одним из таких обменов концепций является теория функциональных систем, разработанная в 1930–1970-е годы советским нейрофизиологом П.К. Анохиным (Анохин, 1979).

В нашей работе функциональная система П.К. Анохина рассматривается как кибернетическая схема управления, наделенная потенциалом для организации результатов. Отметим наиболее общие особенности функциональной системы в виде схемы управления поведением животного, характерные основные ее свойства, в порядке — там, где это возможно — биологические представления на кибернетической явизе.

Функциональная система характеризует следующие свойства схемы управления поведением животного (рисунки 1):

- релевантность, связанную с необходимостью удовлетворения потребностей животного;
- мотивацию, задающую предюммы (например, обусловленные потребностями) для формирования цели;
- доминанту, по А.А. Угловскому, обеспечивающую мобилизацию ресурсов животного на достижение приоритетной цели, в том числе мобилизацию интеллектуальных ресурсов (концентрацию внимания);



Рис. 1. Кибюрнетический вариант функциональной системы П.К. Аскокина

- распознавание ситуации;
- планирование действий;
- принятие решения;
- получение результата действия;
- выполнение самого целевого действия;
- оценку результата действия;
- составление прогноза и результата;
- поиск лучшего решения и корректировку базы знаний (в случае расхождения прогноза и результата) — обучение.

Распознавание, планирование, принятие решения основываются на использовании базы знаний, которая пополняется при обучении.

Важное понятие функциональной системы — мотивация. Роль мотивации — формирование цели и поддержка целевых форм поведения. Мотивация может рассматриваться как активная движущая сила, которая стимулирует нахождение такого решения, которое адекватно потребностям животного в рассматриваемой ситуации. Мотивация тесно связана с понятием доминанты, которое ввел А.А. Усманский. Доминанта мобилизует ресурсы животного на достижение заданной цели. В частности, мобилизуются нервные

ресурс, так что внимание животного концентрируется на приоритетной задаче. Отметим модели доминанты, которые разрабатывает В.Н. Крюков (Крюков, 1989).

Перечисленные свойства характеризуют общую схему системы управления поведением животного. Следует подчеркнуть, что есть большой потенциал для дальнейшего развития этой схемы. Здесь можно последовать 1) структуре памяти (постоянной, долговременной, кратковременной) в базе данных, 2) структуре процедур обучения, 3) управлению поведением животных, основанное на базе знаний, 4) «логике рассуждений» животных, используемую ими при планировании, прогнозе, коррекции и пополнении базы знаний и т.д.

Отметим, что хотя эта схема была изначально введена как общая схема систем управления поведением животных, но она вполне может служить концептуальной основой для построения различных прикладных систем управления. Иначе говоря, в определенном смысле эту схему можно рассматривать как общую структуру довольно широкого класса систем управления на самых разных уровнях — систем управления роботами, промышленными предприятиями, регионами, государствами, человечеством.

Необходимо отметить, что есть авторы, которые развивают теорию П.К. Анохина. Не претендуя на полноту, здесь отметим работы К.В. Судаконя по его сотрудничеству по теории функциональных систем (Судаконя, 1987) и интересную попытку Е.А. Умаркина построения модели мозга на основе теории Анохина-Судаконя (Умаркин, 1999).

Необходимо также подчеркнуть, что теория функциональных систем П.К. Анохина представляет не единственный концептуальный подход к общей схеме «интеллектуальных» систем управления.

Опять-таки далеко не претендуя на полноту, отметим некоторые концептуальные работы и модели:

1) Теория ситуационного управления Д.А. Постолова с сотрудниками (Постолов, 1986);

2) Теория перцептивного контроля В.Пауэрса (Ровета, 1973; Ровети, 1989);

3) Модель концептуальной рефлекторной дуги Е.Н. Соколова (Соколов, 1983);

4) Схемы «интеллектуальных» систем распознавания, разработанные Д.С. Чернышковым с сотрудниками (Чернышковой, 2001);

5) Концепция и модели автономного адаптивного управления А.А. Жданова (Жданов, 1999);

6) Модели адаптивного критического контроля (Рудин, Wisniewski, 1997; Werbos).

Интересно отметить, что часто ключевые моменты функциональных систем П.К. Анохина некоторыми авторами перестраиваются заново. Например, ряд слов управления, которые вводит В.Ф. Турчин в книге «Феномен науки» (Турчин, 2000), напоминают термины П.К. Анохина (и давнее слово необходимо заметить, что «Феномен науки» был написан в конце 60-х годов, когда только начали издаваться основные книги П.К. Анохина). Известный международный проект *Principia Cybernetica* (<http://rescue1.ytdi.ac.be/>, <http://prj.hil.gov/>) владеет в основе анализа систем управления теорией перестроенного контроля В. Пауэрса и «не замечает» теории функциональных систем П.К. Анохина. О теории В. Пауэрса в контексте проекта *Principia Cybernetica* можно прочитать в Интернет-статье Ф. Хеймичена «Мировой Суперорганизм: эволюционно-либернетическая модель возникновения сетевого сообщества» (Хеймичен, 2001).

По-видимому, для полноценного осмысления роли теории функциональных систем П.К. Анохина в аналогичных конструктивных теориях как основы исследования и построения интеллектуальных систем управления необходимо глубокий аналитический обзор таких теорий, в которых проводится сопоставление с тем, выделены и конструированы, предложенными разными авторами.

2. Эволюция когнитивных способностей животных и проблемы интеллектуального управления

Естественный интеллект возник в результате биологической эволюции. Но как происходил процесс формирования и совершенствования когнитивных, «интеллектуальных» способностей животных? Каковы основные стадии эволюции познавательных свойств? Как эволюция когнитивных способностей животных привела к возникновению интеллекта человека? Как подойти к изучению «интеллектуальных изобретений» биологической эволюции?

Необходимо подчеркнуть, что исследование эволюции происхождения интеллекта чрезвычайно важно с психологической точки зрения (Редко, 2001а; Редко, 2000). Существует глубокая психологическая проблема: почему мышление, интеллект, логика человека применимы и познанию природы? Действительно, с одной стороны, познавательные мыслительные процессы, которые использует ученый в научном исследовании природы, происходят в человеческом сознании, с другой стороны, процессы, которые мы познаем посредством мышления, относятся к изучаемой нами природе. Эти процессы различны. Поэтому далеко не очевидно, что мы можем использовать процессы первого типа для познания процессов второго типа.

Например, далеко не очевидно, что теоремы, которые доказывает математик (используя чисто умозрительные процессы своего мышления), могут быть применены физиком к исследованию процессов в реальном мире. Возникает сомнение в самой строгости научного доказательства — математики.

И более того, это сомнение касается обоснования всего научного познания, поскольку мы задаемся вопросом о принципиальной применимости человеческого мышления к познанию природы.

Как же мы можем подойти к решению этой философской проблемы?

Действуя упрощенно, мы, конечно, можем попытаться разрешить данную проблему следующим образом. В процессе биологической эволюции животные приобретали способности познавать внешний мир. Эти познавательные способности использовались в системах управления поведением животных, помогали животным предвидеть события во внешнем мире и тем самым приспосабливаться к окружающей среде. Приспособленности тех животных, которые приобретали «короткие» познавательные способности, увеличивались. Животные с повышенными приспособленностями распространялись в популяции, следовательно, «короткие» познавательные способности фиксировались эволюцией. Шаг за шагом, эволюционно возникали все более сложные и более интеллектуальные способности, что, в конечном итоге, привело к появлению человеческого мышления, интеллекта человека. Таким образом, интеллект человека сформировался в процессе длительной эволюции совершенствования познавательных способностей животных, и не удивительно, что он может быть применен для познания событий во внешнем мире.

Но эти простые рассуждения явно недостаточны. Проблема принципиальной способности познавать природу — фундаментальная философская проблема, и она должна быть проанализирована максимально глубоко.

Более того, возможно, что в современной науке имеет более фундаментальную проблему, и именно исследование, направленное на решение проблемы эволюционного происхождения интеллекта и задачи обоснования применимости интеллекта человека к познанию природы, могла бы внести наибольший вклад в научное обоснование в биологии доказательства (см.: Редько, 1998).

Итак, еще раз задумаемся над вопросом: как же подойти к проблеме обоснования применимости человеческого мышления к научному познанию?

По-видимому, наиболее естественный подход — постараться тщательно исследовать эволюцию познавательных способностей животных и постараться выяснить, как и почему в этом процессе появлялись «интеллектуальные» способности, обеспечивающие познание внешнего мира, познание природы. Такие исследования могли бы включить математические и компьютерные

модели наиболее важных «интеллектуальных изобретений» биологической эволюции, посредством которых животные «показали» закономерности во внешнем мире, а также модели эволюционных переходов между «интеллектуальными изобретениями» разных уровней.

Надеемся всего начать с «самого начала» — с происхождения жизни — и проследить весь путь биологической эволюции от простейших до человека, выделяя на этом пути наиболее важные эволюционные «изобретения», ведущие к мышлению, логике, интеллекту.

Какие здесь уже есть проблемы? Какие есть эволюционные концепции, какие известные модели могли бы быть полезными для теоретических исследований «интеллектуальных изобретений» биологической эволюции?

Не претендуя на полноту, кратко охарактеризуем две эволюционные концепции: анализ эволюции высшей нервной деятельности А.Г. Варонина (Варонин, 1977) и теорию метасистемных переходов В.Ф. Турчина (Турчин, 2000; Turchin, 1995).

2.1. Уровни эволюция высшей нервной деятельности по А.Г. Варонину

В книге «Эволюция высшей нервной деятельности (очерки)» А.Г. Варонина (Варонин, 1977) выделяет 6 уровней индивидуального приспособления (рисунков 2): 1) привыкание; 2) сенсбилизация; 3) устойчивая условная связь; 4) стабильная условная связь; 5) комбинационная условная связь; 6) абстрактно-логическая условная связь.

Привыкание (или угасание) — постепенное уменьшение реакции на многократно повторяющийся нейтральный стимул. **Сенсбилизация** (или суммация) «...основана на повышении чувствительности возбужденных структур в результате суммирования следов возбуждения с наличием возбуждения». Вследствие такого суммирования организм становится чувствительным к раздражениям, бывшим до этого подпороговыми. Приобретается такая форма свойства организма реагировать на подпороговые раздражители называется условный рефлекс. Однако-он не связан становится после угасания, его называют послерусловным рефлексом». «Комбинационная условная связь — это механизм тех систем реакций, которые возникают как бы без предварительной обработки, в результате комбинации ранее образованных связей, зрелища и запаха, и связей, вновь образуются» (Варонин, 1977).

Нижние два уровня (привыкание и сенсбилизация) — неспециальные формы индивидуального приспособления. Более высокие уровни —

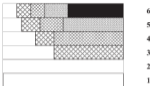


Рис. 2. Схема уровней высшей нервной деятельности по А.Г. Воровичу: 1 — привыкание; 2 — сенситивизация; 3 и 4 — устойчивая и стабильная условные связи; 5 — комбинационная условная связь; 6 — абстрактно-логическая условная связь

сигнальные формы. Схема на рисунке 2 отражает тот факт, что новые (верхние) уровни приспособления не полностью вытесняют старые, а существуют наряду со старыми.

Основываясь на анализе, выполненном А.Г. Воровичем, и несколько углубляя общую картину, можно выделить следующие уровни «интеллектуальных изобретений» биологической эволюции.

Первый уровень — организм различает состояние среды, память об этих состояниях записана в геноме и передается по наследству, организм адекватно использует различие сред, меняя свое поведение с изменением среды.

Пример этого уровня — свойство регуляции синтеза белков живой клеткой в ответ на изменение питательных веществ во внешней среде. Например, бактерия кишечной палочки обычно питается глюкозой, но если нет глюкозы, а есть лактоза, то в бактерии включается синтез специальных ферментов, перерабатывающих лактозу в глюкозу, что и обеспечивает жизнь бактерии в лактозной среде. Описанное свойство — это фактически безусловный рефлекс на молекулярно-генетическом уровне.

Второй уровень — приемное приспособление организмом состояния среды и адаптивное (также приемное) приспособление к среде.

Пример этого уровня — привыкание. Этот простейший приобретаемый навык появляется на уровне сложных одноклеточных организмов. Память о состоянии внешней среды, формируемая при привыкании, кратковременная.

Третий уровень — закономерные устойчивые связи между событиями в окружающей среде природы.

Пример — классический условный рефлекс (УР), в котором происходит долговременное запоминание связи между условным и безусловным стимулом. Связь, собака запоминает связь между звуковым сигналом (условный стимул) и пищей (безусловный стимул). Память о связи между условным и безусловным стимулом долговременная: УР сохраняется в течение многих недель у многих позвоночных и до нескольких лет, а может быть, и всю жизнь у высших животных. Характерное свойство классического УР — самоподдержание, наступающее через несколько десятков минут или часов после угасания. Появляется классический условный рефлекс примерно на уровне моллюсков.

Междуклассическим условным рефлексом и логикой, мышлением может быть ряд промежуточных уровней. Здесь мы только упомянем некоторые из них. *Инструментальной условной рефлекс* отличается от классического тем, что здесь для получения подкрепления животному необходимо совершить заранее известное ему действие. *Цель условных рефлексов* — система реверсий, формирующаяся на основе ранее приобретенных в памяти животного условных связей. Начиная с некоторого уровня, у животных возможно формирование *модели животного мира* (Гурвич, 1993).

Итак, можно выделить несколько ключевых «этапных» и расположить их в последовательный ряд эволюционных достижений (рисунком 3). В этом ряду происходит постепенное усложнение «познающих» закономерностей в окружающей среде. Более подробное обсуждение темы содержится в работе В. Г. Редько (Редько, 2005б).

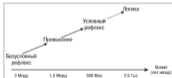


Рис. 3. «Интеллектуальные изобретения» биологической эволюции. «Алгоритм изобретений» и «даты приоритетов» представлены довольно условно

2.2. Конструктивная теория метасистемных переходов В.Ф. Турчина

Анализ эволюции высшей нервной деятельности, проведенный А.Г. Ворониным, фактически констатирует успех эволюции, и не исключает вопрос: как происходит процесс возникновения новых качественных свойств биологических организмов, новых систем управления биологическими организмами? Попытка мысленно представить механизмы эволюционного прогресса биологических систем управления была сделана В.Ф. Турчиным. В качестве основы исследования В.Ф. Турчин использует предложенную им «теорию метасистемных переходов» (Турчин, 2000; Turchin, 1995).

Суть теории метасистемных переходов сводится к следующему: переход от низкого уровня системной иерархии к терции происходит путем метасистемных переходов. Каждый метасистемный переход можно рассматривать как объединение ряда подсистем S_i низкого уровня и появление дополнительного механизма управления C объединенными подсистемами. В результате метасистемного перехода формируется система S' нового уровня ($S' = C + \Sigma S_i$), которая может быть вычтена как подсистема в следующей метасистемный переход (рисунком 4).

В.Ф. Турчин рассматривает метасистемный переход как новый небифуркационный аналог физического-фазового перехода. Он удаляет особое внимание количественному накоплению «потенциала развития» в подсистемах S_i перед метасистемным переходом на качественно новый уровень иерархии, а также процессу разномощения и развития подсистем предшледилого уровня иерархии после метасистемного перехода.



Рис. 4. Схема метасистемного перехода: S_i — системы низкого уровня, C — управление объединяющими подсистемами, S' — система нового уровня иерархии

Отметим, что понятие метасистемного перехода хорошо соответствует интуитивному представлению об эволюционном процессе кибернетической системы. Действительно, если есть некая кибернетическая система (скажем, блок генов, блок нервной системы, блок компьютерной программы) S_i , то возможно представить процесс дублирования такой системы. В результате дублирования возможно возникновение множества сходных систем: S_j (S_1, S_2, \dots, S_j) = $\{S\}$. Системы S_j могут быть сходными, но не идентичными, так как они сами могут модифицироваться на счет случайных процессов, скажем, мутаций. Далее, можно представить, что в процессе развития таких систем возникает возможность управления поведением всего множества $\{S_1, S_2, \dots, S_j\}$. Этот переход $\{S\} \rightarrow \{S\} + C = S'$ значительно сложнее, чем дублирование, именно он и есть «революционный» переход с нижнего уровня иерархии на верхний. После такого метасистемного перехода естественно возникают дополнительные возможности развития систем S_j .

Заметим, что концепция блочно-модульной эволюции, блочно-модульных иерархических систем, сходна с идеями теории метасистемных переходов, высказываются в ряде спекулятивных в области молекулярной генетики. Например, блочно-модульный принцип организации и эволюции молекулярно-генетических систем управления обосновывается В.А. Ратнером (Ратнер, 1992; Ратнер, 2001). Согласно этому принципу эволюция генов, РНК, белков, геномов и молекулярных систем управления на их основе шла путем комбинирования блоков (модулей) снизу-вверх, причем модулями, из которых составлялись вновь возникающие молекулярно-генетические системы, служили уже функционирующие макромолекулярные компоненты.

Основные метасистемные переходы по В.Ф. Турину состоят в следующем:

- управление положением = движение;
- управление движением = раздражимость (простой рефлекс);
- управление раздражимостью = (сложный) рефлекс;
- управление рефлексом = ассоциация (условный рефлекс);
- управление ассоциацией = человеческое мышление;
- управление человеческим мышлением = культура.

Характеристика уровня эволюции биологических систем управления, В.Ф. Турин обращает особое внимание на следующие особенности поведения животных:

- целенаправленность поведения;
- прогнозирование событий путем построения животным или человеком моделей внешней среды;
- формирование планов;
- иерархичность систем управления.

В книге «Феномен языка» В.Ф. Турчина (Турчин, 2000) также рассматривает процессы возникновения мышления человека, особенности представления информации в символической форме, логической обработки символической информации, характеризует примитивные и развитые мышление, анализирует ступени развития математического знания, обосновывает перспективы развития человечества и роль феномена языка в этом развитии.

Были бы представлены конкретными обработкой вопросов эволюции когнитивных способностей животных, формирования в процессе эволюции все более и более интеллектуальных систем управления поведением животных. Эти концепции очень важны, но что же сделано в области конкретного моделирования когнитивных свойств биологических организмов и эволюции когнитивных свойств? Общая ситуация примерно такая. Есть множество математических и компьютерных моделей, характеризующих «интеллектуальные» изобретения: модель возникновения безусловного рефлекса на молекулярно-генетическом уровне (Рудько, 1990), модели привыкания (Meyer, Gaillot, 1994), быстрое количество моделей условных рефлексов (Meyer, Gaillot, 1994; Азаров, 1958; Gensdberg, 1974; Barts, Sutton, 1982; Гол-Ракович, Постелов, 1987; Volkovits, Molen, 1998). Однако эти модели очень фрагментарны, слабо разработаны и не отражают общей картины эволюционного происхождения мышления, логики, интеллекта.

Пока можно только говорить об определенной задаче и направлении теоретических исследований «интеллектуальных изобретений» биологической эволюции. Но этот задел активно развивается.

Сравнительно недавно, в конце 80-х - начале 90-х годов возникли два интересных, тесно связанных между собой направления кибернетических исследований: «Искусственная жизнь» (английское название *Artificial Life* или *ALife*) (Langton, 1989; Langton et al., 1992) и «Адаптивное поведение» (Meyer, Gaillot, 1994; Meyer, Wilson, 1990; Donnat, Meyer, 1996). И в этих направлениях активно предпринимаются попытки промоделировать адаптивное поведение живых организмов и системы управления адаптивным поведением.

Основной мотивацией исследований искусственной жизни служит желание понять и промоделировать формальные принципы организации биологической жизни. Как сказал руководитель первой международной конференции по искусственной жизни К. Лангтон, «основное предположение искусственной жизни состоит в том, что «логическая форма» организмов может быть отделена от материальной основы его конструкции».

Большинство моделей искусственной жизни — остроумные компьютерные эксперименты. С примерами моделей искусственной жизни можно

повышаются по работе В.Г. Рудыко (Рудыко, 2001). Работы по искусственной жизни очень интересны и являются стимулом ряда важных прикладных исследований в области эвристического моделирования, хотя часто в них есть налет некой «игрушечности» и легкомысленности.

По-видимому, более серьезное направление исследований — «Адаптивное поведение», в котором делается попытка моделирования адаптивного поведения животного и робота.

3. From Animal to Animat — моделирование адаптивного поведения животного и робота

С начала 90-х годов активно развивается направление «Адаптивное поведение» (Meyer, Gaiko, 1994; Meyer, Wilson, 1990). Основной подход этого направления — конструирование и моделирование искусственных (в виде компьютерной программы или робота) «организмов», способных приспосабливаться к внешней среде. Эти организмы называются «аниматами». Термин «анимат» образован из слов *animal* («животное») и *robot*.

ANIMAL + ROBOT = ANIMAT.

Поведение анимата имитирует поведение животного. Исследователи направления «Адаптивное поведение» стараются строить такие модели, которые применимы к описанию поведения как реального животного, так и искусственного анимата.

Программа-минимум направления «Адаптивное поведение» — исследовать архитектуру и принципы функционирования, которые позволяют животным или роботам жить и действовать в переменной внешней среде.

Программа-максимум этого направления — попытаться проанализировать природно-когнитивные способности животного и моделировать архитектуру человеческого интеллекта (Dreyfus, Meyer, 1996).

Как и для «Искусственной жизни», для исследований «Адаптивного поведения» характерен синтетический подход: здесь конструируются архитектуры, обеспечивающие «интеллектуальное» поведение аниматов. Причем это конструирование проводится как бы с точки зрения инженера: исследователь сам «изобретает» архитектуру, подразумеваем, конечно, что какие-то подобные структуры, обеспечивающие адаптивное поведение, должны быть у реальных животных.

Приведем пример работы в области адаптивного поведения на примере исследований AnimatLab (<http://animatlab.lip6.fr/index.en.html>), руководимой Жаном-Аркадием Мейером. Общий подход этой лаборатории

можно охарактеризовать следующим образом. Анимат (рисунком 3) существует в реальной или модельной среде. У него есть сенсоры, которые воспринимают информацию из внешней и внутренней среды анимата, и эффекторы, посредством которых он взаимодействует со средой, а также система управления, которая координирует восприятие и действия анимата. Поведение анимата считается адаптивным, если система управления поддерживает ключевые важные переменные анимата (например, V_1 и V_2 на рисунке 3) в допустимых пределах. На рисунке 3 пунктирная стрелка показывает возможную траекторию, выходящую за пределы допустимой области (серый фон — недопустимая область переменных). Сплошная стрелка показывает «исправленную» траекторию, откорректированную с помощью системы управления, обеспечивающей поддержание переменных в допустимой (светлой) области. Если система управления выбирает последовательные цели, которые анимат стремится достичь, то о такой системе можно говорить как о мотивационной системе (motivational system). Система управления анимата может формироваться и модифицироваться путем обучения,

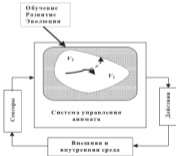


Рис.3. Общая схема поведения анимата (подход AnimatLab)

индивидуального развития и эволюции.

Интересное направление исследований AnimalLab — конструирование и моделирование мультимедийных систем управления анимацией.

Пример мультимедийной системы — довольно интеллектуальная архитектура управления аниматом MonaLiza, который, функционируя в сложной среде, способен сам выделять цели и подцели адаптивного поведения. (MonaLiza — сокращение от Motivationally ANIMAL аниматориS Ан-имы). Основная идея данной системы управления состоит в том, что в процессе освоения внешнего мира и накопления опыта анимат стремится разбить задачу достижения глобальной цели на подзадачи, а затем использовать этот опыт при планировании решения новой задачи. Отметим, что схема анимата MonaLiza была реализована как в компьютерной программе, так и для управления реальным роботом Кьюрта.

Мейер и Вильсон (Meyer, Wilson, 1990) исследовали поведение анимата MonaLiza на примере навигационной задачи. Анимат помещался в центральную нижнюю точку прямоугольника, и нужно было попасть в центральную верхнюю точку (рисунке 6), обходя различные препятствия. Анимат мог работать в «планирующем режиме», т.е., как сказано выше, разбивать задачи на подзадачи, и планировать свои действия в соответствии с уже накопившимся опытом. Это поведение сравнивалось с поведением в «реактивном режиме» — без плана, на основе только текущей видимой ситуации. Пример поведения анимата в «реактивном режиме» и «планирующем режиме» приведен на рисунке 6.

В «реактивном режиме» анимат знает, где расположена конечная цель, и если нет препятствия, то движется прямо к этой цели; наткнувшись на препятствие, он обходит его до тех пор, пока не появится своя возможность двигаться прямо к цели. В «планирующем режиме» анимат на основании предыдущего опыта выделяет подцели (точки a_1, a_2, a_3 на рисунке 6 б), и движется прямо к текущей подцели, причем последняя подцель совпадает с конечной целью движения.

Системы управления аниматов используют либо нейронные сети, либо эвристические алгоритмы выбора действий и обучения, например, классифицирующие системы Дж. Холланда (Holland et al., 1986). В частности, в анимате MonaLiza была использована простая версия классифицирующей системы.

Для справки охарактеризуем кратко классифицирующую систему. Классифицирующая система есть система индуктивного вывода, которая основана на использовании набора логических правил. Каждое правило имеет следующую форму: «если <условие>, тогда <действие>». Система правил оптимизируется как посредством обучения, так и эволюционным

составляют генетический аппарат. Работа формирующихся нейронных сетей определяется по поведению агента, соответствующему некоторой естественной функции приспособленности, которая определяет набор наиболее эффективных программ развития, кодируемых генетическим аппаратом. Описание этого метода содержится в обзоре В.Г. Редько (Редько, 2001а) соответствующего цикла работ *AnimalLab*.

Некоторые дополнительные сведения о работах в области «Адаптивного поведения» можно почерпнуть из работы В.Г. Редько (Редько, 2001б).

Подчеркнем, что в «Адаптивном поведении», как и в «Искусственной жизни», в основном используется феноменологический подход к исследованию систем управления адаптивным поведением. Т.е. предполагается, что существуют формальные правила адаптивного поведения, и эти правила не обязательно связаны с конкретными молекулярными или нейронными или молекулярными структурами, которые есть у живых организмов. Скорее всего, такой феноменологический подход к исследованию адаптивного поведения вполне имеет право на существование. В пользу этого тезиса приведем аналогию из физики. Есть термодинамика, и есть статистическая физика. Термодинамика описывает явления на феноменологическом уровне, статистическая физика характеризует те же явления на микроскопическом уровне. В физике термодинамическое и статистическое описания относительно независимы друг от друга и вместе с тем взаимодополнительны. По-видимому, и для описания живых организмов может быть справедливо аналогичное соотношение между феноменологическим (на уровне поведения) и микроскопическим (на уровне нейронов и молекул) подходами. При этом естественно ожидать, что для исследования систем управления адаптивным поведением феноменологический подход должен быть более эффективным.

4. Многоагентное моделирование и проблемы взаимодействия мозоферм

Многоагентное моделирование — сравнительно новое направление исследований, сформировавшееся где-то в середине 1990-х годов. В этом направлении рассматриваются множества объектов, которые могут относительно независимо друг от друга выполнять различные действия, в том числе действия по обработке поступающей на вход агента информации. Каждый агент характеризуется своим «личным поведением», а поведение системы в целом определяется поведением совокупности агентов. Как правило, поведение многоагентной системы анализируется с помощью

компьютерного моделирования.

Особенно важны исследования многоагентных систем в контексте исследования распределенных Интернет-систем и проблемы взаимодействия и развития когорты. В этом контексте роль многоагентного моделирования может рассматриваться, как минимум, в трех аспектах:

- 1) анализ поведения сетевых агентов, которые помогают пользователям искать и обрабатывать Интернет-информацию;
- 2) рассмотрение множества небольших социально-экономических организаций (например, интеллектуально-коммунальных), активно использующих Интернет-информацию, как эволюционирующую популяцию агентов;
- 3) рассмотрение всего человечества как популяции стран-агентов, эволюционирующую в информационной Интернет-среде.

Ниже мы кратко обрисовываем профили моделей всех трех указанных уровней.

4.1. Модель эволюции популяции сетевых агентов

Цель данной модели (Гертцель и др., 2001) — проанализировать особенности эволюции популяции агентов, взаимодействующих через Интернет. Модель предполагает, что имеется множество узлов Интернета (Интернет-мар). В каждом узле есть под-популяция агентов (рисунок 7).

Агенты могут выполнять следующие действия:

- 1) отдыхать;
- 2) посылать равноудаленное сообщение на весь мир;
- 3) устанавливать дружеский контакт с каким-либо агентом;
- 4) осуществлять детальный обмен информацией с агентом-другом;
- 5) перемещаться в произвольный узел (случайно);
- 6) перемещаться в выбранный узел;
- 7) решать задачу;
- 8) скрыватьсь.

Каждый агент имеет свой энергетический ресурс. Выполняя какое-либо действие, агент расходует ресурс.

Действия 2–4 — коммуникационные. С помощью действий 2, 3 агент может находить друзей. Действие 4 — детальный «обмен опытом» между друзьями, который позволяет агентам увеличивать знания о ситуации в различных узлах.

Выполняя действие 3, агент может проводить случайный поиск «лучшего места» в мире. Используя свои знания о мире, агент может выбрать наиболее предпочтительный, с его точки зрения, узел и переместиться в него (действие 6).

Важное действие — решение задачи (действие 7). В зависимости

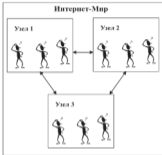


Рис. 7. Схема поведения агентов, взаимодействующих через Интернет

от качества решения задачи агент получает поощрение или наказание. Поощрение/наказание приводит к увеличению/уменьшению энергетического ресурса агента. В рассматриваемой модели задачи были абстрактными (агентам нужно было сформировать ассоциативную память между стимулами и соответствующими этим стимулам реакциями, причем эта память должна была несколько различаться для разных узлов).

В каждом узле агенты могут взаимодействовать между собой, давая подмошки (действия 8). При взаимодействии родители передают часть своей энергии потомкам.

Если энергетический ресурс агента становится меньше нуля, то такой агент погибает.

Поведение агента определяется его системой управления (рисунком 8), в которую входят две нейронные сети (нейронная сеть селектора действий и нейронная сеть решателя задач), а также коммутирующая система, содержащая табличную базу знаний.

Эта схема близка общей кибернетической схеме П.К. Анохина

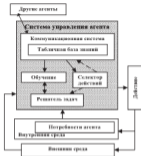


Рис. 8. Система управления агентами в модели взаимодействия когнитивных систем агентов

(рисунки 1), но имеет свою специфику, связанную с коммуникацией между агентами. Широкие стрелки иллюстрируют, что часть действий выполняется с помощью коммуникационной системы и решателя задач.

Оптимизация поведения агентов происходит в результате трех факторов: 1) эволюционного поиска, 2) индивидуального обучения и 3) обмена опытом между агентами в результате коммуникаций.

Модель была реализована в виде компьютерной программы. Были проведены первые компьютерные эксперименты с программой, которые показали, что заставить агентов жить «интеллектуальной жизнью» (например, находить все более и более оптимальные решения задач) не так-то просто, но зато эволюционирующие агенты умеют сравнительно легко находить приемлемые для них способы жизни. Например, в типичных экспериментальных агенты 80% времени занимались сортированием, а 20% времени решали задания более или менее приемлемым способом, получая

при этом акцентируется, необходимо для развития.

Необходимо отметить, что модель допускает ряд интересных направлений развития. Так, ее можно было бы переориентировать на практические приложения. Скажем, можно было бы попытаться агентом решить не абстрактные задачи, а конкретные задачи по требованию пользователя (или пользователей), например, такие, как упомянутая выше задача поиска видеовых партнеров по бизнесу по информации, распределенной в Интернете.

4.2. Модель эволюции популяции высокотехнологических фирм в информационной среде

Цель этой модели (Лавинко и др., 2001) — исследовать закономерности эволюции популяции малых высокотехнологических фирм. Предполагается, что важную роль в эволюции фирм играют информация и знания, на ней знания. Информационный обмен между фирмами может поддерживаться как определенной инфраструктурой, скажем, технопарком, так и через Интернет. Как и в предыдущем случае, сделаны только первые шаги в разработке модели и получены первые результаты ее использования.

Основные предположения модели состоят в следующем:

- рассматривается эволюция популяции малых высокотехнологических (high-tech) фирм, каждая фирма рассматривается как искусственный организм (агент);

- агенты имеют две потребности: накапливать знания и деньги;

- агенты могут развиваться путем почкования (отпочковывание нового агента от «родителя» происходит, если знания и деньги родителя достаточно велики);

- если количество денег агента становится ниже определенного уровня, то агент умирает;

- агенты в процессе своей жизнедеятельности создают продукты, полезные для сообщества, в котором они существуют.

Динамику отдельной фирмы на протяжении ее жизни характеризуем следующими уравнениями:

$$dI_i/dt = k_1 I_i M_i + k_2 \Sigma_k I_k - k_3 I_i, \quad (1)$$

$$dM_i/dt = k_4 I_i M_i - k_5 \Sigma_k M_k - k_6 M_i, \quad (2)$$

где I_i и M_i — знания и деньги i -й фирмы, k_j константы, фирма. Первые слагаемые справа в соотношениях (1), (2) характеризуют прирост знаний и денег в результате

собственной деятельности фирмы. Этот прирост увеличивается как с ростом знаний, так и с ростом денег. Второе слагаемое справа в (1) характеризует прирост знаний в результате информационного обмена между фирмами. Последнее слагаемое в (1) характеризует старение информации. Второе слагаемое справа в (2) соответствует конкуренции между фирмами: чем больше фирма имеет денег, тем больше она препятствует работе других фирм. Третье слагаемое в (2) учитывает налоги, которые фирмы платят государству.

Первые результаты исследования этой модели показывают, 1) что включение информационного обмена в модель радикально меняет поведение динамической системы, и 2) что в рассмотренной модели есть некоторый порог знаний и денег отдельной фирмы. Если знания и деньги ниже порога, то фирма умирает, если выше порога — то появляются условия для процветания фирмы. Для начинающих фирм определенная структура (технопарк, госбюджет, инвесторы и т.п.) должна обеспечивать условия выживания фирмы, т.е. предоставлять первоначальные знания и деньги для преодоления порога.

4.3. Модель эволюции популярности государства в информационном сообществе

Изложенная выше модель может быть естественным образом переведена на случай эволюции популярности государства в информационной среде. Значение анализа такой эволюции трудно переоценить.

Например, исходя из уравнений (1), (2), мы можем последовать следующую задачу. Пусть есть два государства: Россия и США. Оба имеют научный и экономический потенциал, характеризуемый переменными I_r, I_s и M_r, M_s соответственно. Сейчас можно сказать, что научные потенциалы этих стран одного порядка: $I_r(t=0) = I_s(t=0)$, а экономика России существенно слабее американской: $M_r(t=0) < M_s(t=0)$. Что делать России? Стремиться изолироваться от Америки (уменьшать параметры k_1 и k_2 до нуля и развиваться независимо от Америки) или стремиться увеличивать информационный обмен (увеличивать k_1), с тем чтобы развиваться кооперативно с США?

Предварительные результаты анализа в рамках этой модели показали, что информационный обмен выигрывает как Россия, так и Америка, и для России информационный обмен с Америкой значительно более важен, чем для Америки.

4.4. Краткое обсуждение моделей Интернет-систем

Разработка всех рассмотренных моделей находится в зачаточном состоянии. И эти модели очерчены здесь только с целью продемонстрировать направления перспективных исследований. Поэтому в серьезных результатах моделирования поверить рано. Тем не менее, уже сейчас видно, что на основе такого моделирования можно получить рекомендации по использованию интеллектуальных Интернет-систем.

Например, первая из рассмотренных моделей показывает, что для оптимизации поведения сетевых агентов целесообразно организовать эволюционный процесс, обеспечивающий самоорганизацию и популяцию агентов. Но самоорганизация может привести к тому, что агенты могут выйти из-под контроля, начнут жить так, как им самим «захочется», а не так, как это нужно пользователю. Более того, в принципе, агенты могут организовать «восстание рабов» и выступить против пользователей. Поэтому с самого начала надо вводить определенные ограничения на эволюцию сетевых агентов. Например, можно ограничить доступную агентам область Интернета строго выделенными для этого компьютерами. Либо можно проводить эволюционную оптимизацию сетевых агентов в специальных «питомниках», а затем выпускать оптимизированных под контролем человека агентов в мир Интернет, предварительно «стерилизовав» их (выключив процесс эволюционной оптимизации).

Основываясь на моделях 2-го и 3-го уровней, можно предлагать рекомендации по развитию социально-экономических систем в информационном обществе.

4.5. Интеллектуальные Интернет-системы и развитие экономики

Интеллектуальные Интернет-системы могут оказать радикальное влияние на развитие экономики. Например, как отвечал один из исследователей Интернет-экономики Александр Чисмика, аналитическая сетевая система могла бы вытеснить рекламу. Действительно, ведь ан реклама предоставляет полностью достоверную информацию о фирме, которая продает тот или иной продукт. А если есть апробированный сетевой агент, который по выводу заданно может оперативно по Интернет-информации проверить степень надежности и качества нужного вам продукта в нескольких фирмах и дать вам соответствующие рекомендации, то естественно при покупке продукта использовать рекомендации агента, а не рекламу.

Можно представить в более серьезные системы влияния на экономику. Например, сетевые агенты, «слушатели» в налоговой полиции, могли бы оперативно «вытискать» фирмы, уклоняющиеся от налогов (при этом подразумевается, что сколько-нибудь серьезная фирма должна иметь свой сайт в Интернете, специальную страницу в нем, доступную налоговым органам, а если такой страницы нет, то фирма заведомо подозрительная).

В заключение отметим, что фактически путь к развитию распределенные интеллектуальные Интернет-системы — это путь к ноосфере (П. Тейяр де Шарден, В.И. Вернадский). И, возможно, как говорил В.И. Вернадский, «создание ноосферы из биосферы есть природное явление, более глубокое и мощное в своей основе, чем человеческая история» (Вернадский, 1991).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 02-07-90197).

Литература

- Анохин П.К. (1979) Системные механизмы высшей нервной деятельности. — М.: Наука. 453 с.
- Вернадский В.И. (1991) Научная мысль как планетное явление. — М.: Наука. С. 28.
- Воронов А.Г. (1977) Эволюция высшей нервной деятельности. — М.: Наука. 128 с.
- Бале-Ракоштор М.Г., Гастелло Д.А. (1987) Отказывайся до работы: модели поведения. — М.: Наука. 288 с.
- Герцик В.Н., Макашов Ю.В., Редько В.Г. (2001) Модель искусственной жизни в Интернете. Первые результаты // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: Сб. трудов международного научно-практического семинара, Коломна, 17–18 мая 2001. — М.: Наука; Физматлит. С. 233–237.
- Жданов А.А. (1999) Метод автономного адаптивного управления // Известия РАН. Теория и системы управления. № 5. С. 127–134.
- Литуркин А.А. (1958) О некоторых общих вопросах кибернетики // Проблемы кибернетики. — М.: Физматлит. Вып. 1. С. 3–22.

- Литвиц М.А., Редько В.Г., Тухтебер С.М. (2001) Модель эволюции плазмодий-паразитов агентов в популяции плазмодий-хозяевых форм // Рефлективные процессы и управление. Тезисы III Международного симпозиума 8–10 октября 2001 г., Москва. / Под редакцией А.В. Брушлинского и В.Е. Лесного. – М.: Изд-во «Институт проблем РАН», С.154–156.
- Постылов Д.А. (1986) Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука. 288 с.
- Ратнер В.А. (1992) Бюро-модулярный принцип организации и эволюции молекулярно-генетических систем управления (МГСУ) // Генетика. Т. 28. № 2. С. 5–23.
- Ратнер В.А. (2001) Молекулярно-генетическая система управления // Природа. № 3. С.16–22.
- Редько В.Г. (1990) Адаптивный сайбер // Биорегулята. Т. 33. Вып. 6. С. 1007–1011.
- Редько В.Г. (2004а). Аксиомы генетического метода формирования модулярной структуры нейронных сетей (техническая обзорная статья) // <http://www.keldysh.ru/BioCyber/RT/Descr/Descr.htm>.
- Редько В.Г. (2000) Психологические предпосылки эволюционной кибернетики // «Нейроинформатика-2000»: Вторая Всероссийская научно-техническая конференция. Сборник трудов. Ч. 1. – М.: МИФИ. 284 с. С.177–183.
- Редько В.Г. (1998) Симуретика 2, Симуретика 3 или Эволюционная кибернетика. (Статья на Интернет-сайте Института философии РАН, сайт http://sky.kibnet.ru/ocio_stvo/rdnRAS/~mbn/Red2.htm).
- Редько В.Г. (2003а). Эволюционная кибернетика. – М.: Наука. 136 с.
- Семинин Е.Н. (1985) Концептуальная рефлекторная дуга // Вопросы кибернетики: нейрокибернетический анализ механизмов поведения / Под. Ред. Е.Н. Семинина, А.А. Шилова. – М.: Научный АН СССР «Кибернетика». С. 5–28.
- Суданов К.В. (Ред.) (1987) Фундаментальные системы организации. – М.: Миррива. 432 с.
- Турин В.Ф. (2000) Физика жизни. Кибернетический подход к эволюции. – М.: Наука, 1993. 296с. (1-е изд.) М: ИТС, 2000, 368с. (2-е изд.)
- Умаровски Е.А. (1999) Механизмы мозга: информационная модель и оптимизация обучения. – М. 96 с.
- Хейлштейн Ф. (2001) Мирской Суперорганизм: эволюционно-кибернетическая модель возникновения сетевого сообщества. // <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/Heyfig/organizm.htm>

- Чернавский Д.С. (2001) Сравнительная и информатика: динамическая теория информации. – М.: Наука. 244 с.
- Baldwin C., Moore J. (1998) Computational models of classical conditioning: a comparative study. // Langton C., Shimohara T. *Proceedings of Artificial Life V*. MIT Press, Bradford Books, MA. See also: http://www.lucy.lu.se//Abstracts/LUCS_Studies/LUCS62.html
- Barto A.G., Sutton R.S. (1982) Simulation of anticipatory responses in classical conditioning by neuron-like adaptive element // *Behav. Brain Res.* Vol. 4. P. 221–235.
- Donnarum J.Y., Meyer J.A. (1996). Learning Reactive and Planning Rules in a Motivationally Autonomous Animat // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Part B: Cybernetics.* V. 26(3). P. 381–395.
- Grossberg S. (1974). Classical and instrumental learning by neural networks // *Progress in Theoretical Biology.* . Vol. 3. P. 51–141.
- Holland J.H., Holyoak K.J., Nisbett R.E., Thagard P. (1986). *Induction: The Processes of Inference, Learning, and Discovery.* –Cambridge, MA: The MIT Press.
- Kryukov V.I. (1989) An attention model based on the principle of dominance // *Proceedings in Nonlinear Science, Neurocomputers and Attention I: Neurobiology, Synchronization and Chaos.* Ed. by A.Y. Holden and V.I. Kryukov. P. 319–351.
- Langton C. G. (Ed.) (1989) *Artificial Life: The Proceedings of an Interdisciplinary Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems*, Redwood City CA: Addison-Wesley. 635 p.
- Langton C. G., Taylor C., Farmer J. D., and Rasnitsyn S. (Eds.) (1992) *Artificial Life II: Proceedings of the Second Artificial Life Workshop.* – Redwood City CA: Addison-Wesley. 854 p.
- Meyer J.-A., Gaillot A. (1994) From SAB90 to SAB94: Four years of Animat research. // *Proceedings of the Third International Conference on Simulation of Adaptive Behavior.* – The MIT Press: Cambridge, Cliff, Massachusetts, Meyer J.-A., Wilson S. W. (Eds.)
- Meyer J.-A., Wilson S. W. (Eds.) (1990) *From animals to animats. Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior.* – The MIT Press: Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Powers W. T. (1973) *Behavior: the Control of Perception.* – Aldine, Chicago.
- Powers W. T. (1989) *Living control systems.* – Control Systems Group, Grassl Switch: KY.

- Prokhorov D., Witsch D. (1997) Adaptive critic designs // *IEEE Trans. on Neural Networks*, Vol. 8, No 5, P. 997–1007.
- Turchin V. (1995) A Dialogue on Metasystem Transition // Heylighen F., Joslyn C. & Turchin V. (Eds.): *The Quantum of Evolution. Toward a theory of metasystem transitions*. — Gordon and Breach Science Publishers, New York (special issue, Vol. 45:1–4, of «World Futures: the journal of general evolution», P. 5–38).
- Werbos P. J. (1998). *Stable Adaptive Control Using New Critic Designs* // <http://www.land.gov/abs/adap-ctrl/9810001>



Анатолий Николаевич Самарин (родился в 1943 г.) — ведущий научный сотрудник отдела нейронных сетей и робототехники НИИ нейромеханики Ростовского государственного университета, кандидат технических наук. Область научных интересов: нейронные сети, малыекие группы, робототехника.

А.И. Самарин

МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА, РЕАЛИЗОВАННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИДЕЙ САМООРГАНИЗАЦИИ НЕЙРОННЫХ СТРУКТУР¹

Целевая направленность поведения

Модель управления мобильным роботом строится по аналогии с системой управления живым организмом, когда нужно не просто как-то реагировать на те или иные стимулы, а достигать некоторых системных целей (самосохранение, продолжение рода, энергообеспечение и т.д.). Если эти главные цели не будут достигаться, то говорить о каком-то поведении нет смысла.

Все переменные организмов робота в среде можно разделить на две группы — существенные и несущественные. К первым переменным относятся те, на которых строится система целей или целевые функции, для них целевые функции самосохранения являются доминирующими. Считается, что все эти функции экзистенциальными и достигают максимального значения при подавании существенной переменной

¹ Статья опубликована в Материалах дискуссии «Проблемы интеллектуального управления — обобщенные, интеллектуальные и нейронные аспекты», состоявшейся в рамках IV Всероссийской научно-технической конференции «Нейромеханика-2002», прошедшей 23-25 января 2002 г. в МНЭМН.

в область допустимых значений. Например, температура внешней среды является для организма такой существенной переменной. Если температура выше или ниже определенных границ, то целевая функция, построенная на этой переменной, будет увеличивать свое значение. Цель же системы — минимизировать значения целевых функций. На языке психофизиологии можно сказать, что у системы при этом возникает мотивация обеспечения комфортных температурных условий. Увеличение мотивации приводит к увеличению двигательной активности, в результате чего при повышенной температуре робот может найти тень или продуваемое место, а при температуре ниже комфортной робот путем блуждания находит прогреваемое место. Для простоты считаем, что система не обладает внутренними контурами регулирования типа потовыделения в одном случае и дрожания в другом. Достижение всех целей должно достигаться только за счет перемещения во внешней среде.

Формально все это можно представить так. Пусть X — все многообразие внешних и внутренних измеряемых переменных $\{X\} : \{X_2\} \cup \{X_1\}$, где X_2 — существенные переменные, непосредственно влияющие на состояние робота, X_1 — индифферентные переменные, которые регистрируются системой регулятора, но непосредственно на состояние робота не влияют.

В силу закономерностей нашего мира индифферентные переменные могут быть связаны каким-то образом с существенными переменными и, если система научится отображать эти закономерности внешнего мира и использовать их для достижения целей поведения, то ее поведение может стать беспорядочным и более эффективным. В этом случае можно уже говорить, что робот обладает свойством опережающего отражения действительности.

Если придерживаться определения интеллекта, как способности системы отображать закономерности внешнего мира и использовать их для достижения своих целей (такое определение наиболее общее и простое), то можно говорить, что робот, который для достижения целей (минимизации целевых функций) ищет и в процессе активного взаимодействия с внешней средой использовать ранее незначительную информацию, обладает элементарным интеллектом.

Считаем, что робот имеет систему управления, с помощью которой осуществляется перемещение во внешней среде. Можно записать, что $Y = \bigcup Y$, где Y — вектор управляющих воздействий на исполнительные органы, Y — управляющие воздействия конкретными исполнительными органами (поворот головы, перемещение с помощью движителей и т.д.). Из переменных формируются обобщенные действия. Обобщенные действия

обозначим $R = R(Y)$. Условия целенаправленного поведения могут быть заданы как $Q(X_{in}, Y_i) \rightarrow \min$. Такая запись означает, что находится минимум целевой функции $Q(X_{in})$ по одной или нескольким существенным переменным X_{in} с помощью управления Y_i .

Целевые функции и иерархия целей

Все условия самосохранения, энергообеспечения, внешнего предназначения могут быть выражены в виде совокупности целевых функций от существенных переменных (Самарин, 1979). Эти целевые функции могут зависеть только от этих переменных, но могут зависеть и от времени. Время также может выступать в качестве существенной переменной, когда достигаются цели зависят от времени реакции, или же когда задается функция энергопотребления.

Приведем примеры таких целевых функций:

1) целевая функция с единственной точкой минимума —

$$Q_1(X_{in}) = k \cdot \text{mod}(X_{in} - X_{in}^*);$$

$$Q_1(X_{in}) = \text{min достигается при } X_{in} = X_{in}^*;$$

2) Целевая функция с областью минимальных значений —

$Q_2(X_{in}) = r(k \cdot \text{mod}(X_{in} - X_{in}^*) - \lambda)$; $Q_2(X_{in}) = \text{min}$ достигается при $X_{in} \in (X_{in}^* \pm \lambda/k)$, где r — оператор порогового ограничения: $r(a) = a$, если $a > 0$, $r(a) = 0$, если $a \leq 0$.

3) целевая функция с переменными параметрами —

$$Q_3(X_{in}, t) = \int_{\Delta T} r(X_{in}(t) - X_{in}^*) dt;$$

значения функции возрастают во времени и обнуляются при $X_{in} = X_{in}^*$ на время ΔT .

Если одновременно несколько целевых функций не имеют минимального значения (например, когда у животного две мотивации — голод и жажда), а достигание целей возможно только с помощью одних и тех же исполнительных органов, то может возникать противоречивость целей. Систем противоречий при многоцеловом функционировании робота, как и в живой природе, возможно путем использования принципа доминанты. Доминирующая цель (та, наличие которой в данный момент выше или которая выше в иерархии целей) блокирует или трансформирует

оставшиеся целевые функции. В результате выполнения этой операции робот функционирует как одноклассовая система. Формально условие блокировки целевой функции Q_i целевыми функциями Q_j можно представить как:

$$\overline{Q_i(X_{st}, Y_{st})} = A[Q_i(X_{st}, Y_{st}) - \sum_{j \neq i} \alpha_j Q_j(X_{st}, Y_{st})].$$

Здесь есть противоречивость целей, так как все цели могут достигаться только с использованием одной и той же управляющей воздействия Y_{st} . Иерархия целей определяется коэффициентами α_j .

Однако более интересным является вариант трансформации целей, зависящий как:

$$\overline{Q_i(X_{st}, Y_{st})} = \text{mod}[Q_i(X_{st}, Y_{st}) - \sum_{j \neq i} \alpha_j Q_j(X_{st}, Y_{st})].$$

Различия этих двух вариантов зависимости подчиненной или менее активной целевой функции иллюстрируются на рисунке 1. При блокировке целей (рисунк 1б) область допустимых значений блокируемой целевой функции расширяется и на время доминирования другой цели мотивация достижения этой цели уменьшается.

Как видно из рисунка 1в, при трансформации целевых функций на время противоречивости целей условия минимума подчиненной цели Q_i исчезают.

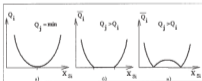


Рис.1. Два варианта (б, в) модификации целевой функции Q_i (а) при условии доминирования Q_j .

Видно, такой тип дооптимизации с трансформацией целевых функций для системы более выгоден, так как не позволяет ей при выходе из тупиковой ситуации сразу же и тем вернуться.

В общем случае, когда алгоритм нельзя выстроить иерархия целей и известно, с помощью каких управлений достигается минимум той или иной целевой функции, можно сначала ввести полную взаимосвязанность целевых функций при минимальных значениях a_j . В процессе активного поискового поведения может происходить подстройка a_j , в результате чего возникает иерархия целей.

Один из параметров подстройки этих коэффициентов взаимосвязанности и иерархии целей может быть представлен как:

$$a_j = K \cdot \text{mod} \left(\frac{1}{T} \int \Delta Y_j \cdot \Delta Q_j dt \right)$$

при

$$\frac{\partial Q_j}{\partial Y_j} < 0;$$

Владея j -ой целевой функцией на i -ую минимально, если при утрате Y_j приходим к минимизации Q_j , оно не оказывает влияния на Q_i .

Таким образом, при синтезе автономного робота, исходя из условий его самосохранения и предназначения, необходимо разработать некоторую систему целевых функций, определить начальную иерархию целей, сформировать некоторые безусловные управления по типу реакций отдринывания при уколе независимо от доминирующей цели. Безусловные управления не позволяют существенным переменным найти экстремальные значения. К этим безусловным реакциям добавляется поисковое (экстремальное) управление, приводящее к минимизации целевых функций (лексическому достижению целей). На фоне этого поискового поведения и должно формироваться управление по информированным признакам, когда, образно говоря, робот сам обучается пользоваться такими для выбора неагрессивного пути, обрабатывая ранее не значимую прикладную информацию, или же идентифицирует более арный участок среды для решения задач энергообеспечения.

Описанная схема целевого поведения робота может быть представлена блок-схемой на рисунке 2. Здесь показано, что целевоуправляемое поведение должно обеспечиваться, по крайней мере, тремя

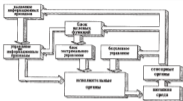


Рис. 2. Блок-схема информационно-управляющей системы робота

контуры управления: безусловное, поисковое и информационное, причем максимальный интерес представляет информационное управление, становление которого в процессе поведения и позволяет рассматривать вопросы формирования интеллекта робота. На моделях роботов такие построения проверялись, но они в полной мере относятся и к живым системам.

Естественно, что в качестве базовой структуры информационного управления должны использоваться нейросетевые структуры, полнота и универсальность базиса которых рассматривалась во многих работах (Шепелев, 2002). Попытки нейросетевой реализации алгоритмов управления роботом в настоящее время не имеют таких впечатляющих результатов, как, например, при использовании нейронных сетей в задачах классификации. В задачах классификации путем формирования обучающей выборки задается, какого типа преобразование входного вектора в выходной должно быть получено. Здесь же, при формировании информационного управления, функции «вход — выход» зависят от одних переменных, а значения целевой функции задаются на других переменных. Если такая функция в системе управления будет найдена, то фактически будет найдена взаимосвязь этих переменных во внешнем мире и нейронная сеть отображает эту взаимосвязь применительно к достижению целей робота.

Так как в этом случае классические алгоритмы обучения типа обратного распространения ошибки уже не работают, то приходится применять алгоритмы адаптации, которые при ограниченном числе регулируемых параметров практически малоэффективны.

Самоорганизация нейронных сетей, модель нейрона с оптимизируемой параметром

Нельзя в связи с малой эффективностью алгоритмов адаптации многопараметрических объектов и высокой эффективностью адаптивной деятельности нервной системы животных и человека проблеме самоорганизации информационно-управляющих систем молча удаляться много внимания. Причем сам предмет изучения — самоорганизация — остается определенным только интуитивно. Если в качестве рабочей определенности организации принять определение толкового словаря «Организация — это объединение элементов в систему для реализации заданной функции», то при самоорганизации такое объединение элементов должно происходить самоустойчиво. А это значит, что эта функция должна как-то отражаться в свойствах элементов и элементы должны иметь стимул и возможности для такого объединения.

Поэтому, начиная с первых кибернетических работ в этом направлении, процесс самоорганизации рассматривался как коллективное поведение автоматов (Цетлин, 1969) или элементов с некоторыми внутренними критериями. Причем в первой модели такой самоорганизующейся системы — множестве Эпифи (Эпифи, 1962), критерием оптимального состояния каждого элемента являлось поддержание диверса результата в определенном положении. Критерий функционирования гомеостата как системы или системный критерий заключался в достижении оптимального состояния всех элементов. Получалось, что достижение оптимума одного элемента происходит за счет подстрайки параметров других, т.е. происходит некоторое взаимодействие элементов.

Взаимодействие элементов в достижении результата П.К. Ашокин считал одной из обязательных черт функциональной системы. Он писал: «Системой можно назвать только такой комплекс избирательно включенных компонентов, у которых взаимодействие и взаимосоотношение приобретает характер взаимосодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата» (Ашокин, 1973, с. 28).

В работе М.А. Цетлина (Цетлин, 1969) по поведению коллектива автоматов стратегии поведения каждого автомата определялись независимо всех, а параметры коллектива определялся как сумма параметров каждого. При дальнейшем развитии этих идей в работах Ю.И. Неймарка (Неймарк, 1979) автоматы уже могли решать словесные задачи управления каким-либо объектом, когда системный критерий (например, поддержание равновесия виртуального веса) декомпонировался в критерии параметров каждого элемента. Кроме осуществлении модификации матрицы состояний,

автоматы случайные образцы могут передавать с одного канала управления параметрами объекта на другой. Эффективность таких автоматных систем управления (в современной терминологии можно сказать многоагентных систем) по скорости адаптации в несколько раз превосходит традиционные системы оптимизации. Автоматы в этих моделях взаимодействовали друг с другом только через среду.

Одной из из первых моделей, связанных с самоорганизацией нейронных сетей, была модель самоорганизующегося формального автомата, представленная в работах А.В. Емельянова-Ярославского (Емельянов-Ярославский, 1974; Емельянов-Ярославский, 1990). Он четко формулирует понятие собственного неканонического оптимального состояния нейрона, вводит понятие критического зема системы, в активности которого отражаются системные цели функционирования (в нашей модели — блок целевых функций). Критическое зено воздействует на нейроны самоорганизующегося автомата, нейроны выходят при этом из оптимального состояния и начинают подстраивать свои параметры (веса связей), чтобы зено достигнуть оптимума, но оптимум достигается только тогда, когда минимизируется активность критического зема. Это означает, что нейроны, занимаясь только своими проблемами, автоматически формируют также взаимоотношения, при которых достигается системная цель. Качественная модельная построения А.В. Емельянова-Ярославского заключается в двух сформулированных им положениях: «Инициальная активность нейрона нулевы своему нейрону», «Зено нейрону нулевы мозг, в который он входит?».

Подобный подход в исследовании процессов самоорганизации нейронных систем развивался и в НИИ нейроцибернетики им. А.В. Колоса (Самарин, Ермаков, 1974). Предполагалось, что нейрон имеет входы двух типов. Весовые коэффициенты одних входов подстраиваются. Подстройка коэффициентов происходит только при отклонении некоторого интегрального инвариантного параметра нейрона — порога от оптимального положения. Другие входы имеют фиксированные весовые коэффициенты. По этим входам происходит критериальное воздействие из блока целевых функций и сдвигает пороги нейрона от оптимума. Кроме того, случайные возмущения, поступающие на нейронную сеть, значительно усиливаются при отклонении целевых функций от оптимума. Это свойство усиливать поведенческую активность при неадаптированной мотивации характерно и для живых систем. В экспериментах показано, что при наличии мотивации и отсутствии внешних стимулов характер активности нейронов становится более спонтанным (Судakov, 1974). Таким образом, получается, что при отклонении системного критерия от оптимума на все нейроны поступают критериальные воздействия и усиливаются случайные возмущения. Нейрон не может минимизировать это воздействие за счет

увеличения весового коэффициента и вытеснен под влиянием случайных возмущений конкурентной массой весовые коэффициенты информативных входов и межнейронных связей. В итоге оптимизация состояния всех нейронов наступает тогда, когда за счет изменения межнейронных связей будет найден такая реакция или совокупность реакций сети на ранее неизменяемые стимулы, при которой системный критерий минимизируется. А это происходит тогда, когда в сети отображается зависимость событий внешнего мира в виде зависимости между существовыми и информационными (ранее идентифицируемыми) переменными. Для сети аналоговых нейронов при достаточно простых связях между переменными «внешнего мира» модальные исследования показали высокую эффективность описанных алгоритмов (Ершов и др., 1976).

Более сложная модель поведения на основе описанных системных представлений была реализована в модели системы управления мобильного робота (Самарин, 1996).

Модель автономного мобильного робота

Модель автономного мобильного робота создавалась для проверки разрабатываемой концепции кибернетических систем с целеполаганием. В условиях полунатурного эксперимента нужно было показать, что, задав только некоторую совокупность целевых функций от одних переменных, можно в процессе активного перемещения в среде добиться формирования «разумного», с нашей точки зрения, поведения робота с использованием новой сенсорной информации. Наиболее близкая аналогия состоит в задаче самостоятельного обучения вдуэт продвинутого человека пользоваться глазами.

Модель робота. Модель робота представляет собой тележку с аксиально-приводным нагушевым ходом, оснащенную имитаторами дистантных визуальных датчиков и контактных тактильных датчиков (рисунок 3). Те и другие датчики выполнены в виде линзек фотодиодов. Каналы первичных преобразователей «притягательных» и «отталкивающих» сигналов расположены на самой тележке. Информационно-управляющее устройство, состоящее из аксиальной модели датчиковых нейронов с согласующей параметром, выполнено в виде отдельного блока (рисунок 4).

По кабелю связи сигналы от датчиков в режиме реального времени поступали в нейронную сеть, управляющие сигналы на приводы робота поступали от нейронной сети по этому же кабелю.

Модель среды. Синтезировалась плоская среда с произвольно расположенными препятствиями, которые имитировались белыми плоскими

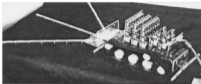


Рис.3. Модель мобильного робота с имитаторами дистантных и контактных датчиков

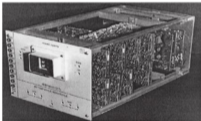


Рис.4. Внешняя модель «мозга» робота на базе искусственной нейронной сети с панелью настроек параметров

фигурами на темном фоне. Среда не содержала узких путей, но в ней могли присутствовать узкие проходы, ширина которых была меньше линейных размеров робота. Размеры среды были ограничены полнотелыми четырьмя на четыре метра, окруженными белым фоном. На рисунке 5 показано представление робота по-одному из участков среды.

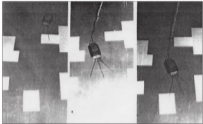


Рис. 5. Фрагмент моделирующей среды с перемещающимся роботом

Целевые функции и предзнаменения робота. При формировании целевой функции учитывалось предзнаменение робота. Предполагалось, что создаваемая модель — это некоторое условное приближение робота-разведчика, робота-переспрондана. У такого робота можно выделить две главные цели: выйти в незнакомой среде как можно дальше и переместиться от исходной точки как можно дальше. Фактически именно такие цели вылаживались при разработке мукоздов. Следовательно было все равно, куда они идут по Луне, главное, чтобы пропали былые. В данной модели предполагалось, что робот пролетит далеко, если он как можно реже будет сталкиваться с препятствиями. Отсюда первая двукритериальная целевая функция самоорганизации строится на существенных переменных, поступающих от датчиков соударения с препятствиями. При наличии соударения спереди (переменная η_1) или сзади (η_2) целевая функция $Q_1(\eta_1, \eta_2)$ резко возрастает и, медленно уменьшаясь, держится некоторое время ΔT . Если точные ΔT приходят очередной ситыл соударения, то происходит суммирование новых значений этой целевой функции с остаточными значениями.

Вторая прагматическая целевая функция строилась на переменных, связанных с управлением движением. Целевая функция $Q_2(\mu_r, \mu_j)$ строилась как:

$$Q_2(\mu_r, \mu_j) = f(\cos(\mu_r - \mu') - \lambda) + (\cos(\mu_j - \mu') - \lambda)g.$$

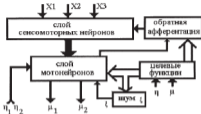


Рис. 6. Блок-схема нейросетевой управляющей системы мобильного робота

где μ_1 и μ_2 — скорости правого и левого двигателей, μ^* — значение оптимальной скорости, A — величина диапазонов доступных скоростей, r — оператор порогового сглаживания для формирования двисконформативной цели Q_j .

В поведенческой интерпретации на языке «правится — не правится» можно сказать: роботу правится двигаться вперед с определенной скоростью и не правится соударяться с препятствиями. Цельные функции соударения являются доминирующей и при нулевом значении она трансформирует целевую функцию комфорта движения. На время последствия соударения движение оптимальных скоростей распадается и оптимальным становится на это время неравенство скоростей.

Информационно-управляющая система робота. Нейронная сеть информационно-управляющей системы робота имеет три слоя нейронподобных элементов (рисунк 6). На слой сенсомоторных нейронов приходят воздействия от сенсоров левой, правой и центральной части колеса $X1 - X3$, и информация о моторных управляющих сигналах от нейронов цели обратной связи. Слой мотонейронов и нейронов цели обратной афферентации содержит элементы с самоподстройкой параметров. В слое сенсомоторных элементов такой подстройки нет. Критериальное воздействие от блока целевых функций поступает на элементы с самоподстройкой параметров. Управляющая система содержит генератор случайных воздействий ξ , амплитуда которых возрастает при увеличении значений целевых функций. Если системный критерий не выполняется, то случайные воздействия поступают на слой мотонейронов,

что приводит к случайным буржданам. Сигналы от тактильных колдов, кроме блока целевых функций, поступают на соответствующие мотонейроны, обеспечивая безусловные реакции отката в противоположную сторону при сдвиге скорости кол сдвиге.

Начальные значения подстраиваемых коэффициентов связи задавались противоположными.

Поведение. На помосте растоплались препятствия, и наблюдалось перемещение робота в заданной среде. Так как начальные связи были противоположными, то реакция робота на посылы препятствия в ту или иную сторону зависела от отсутствия реакции до ускоренного движения в сторону препятствия. Скорее всего включались в реакцию повороты направо при препятствии справа. В силу случайности связей могли быть и реакции адекватные с точки зрения координат целевых функций реагирования. Но как раз этот случай был наиболее интересным. В процессе столкновений с препятствиями, отскоков и случайных бурждан происходила самоподстройка параметров нейронов и, как следствие этого, самоорганизация нейронной сети. Эффективность самообучения робота определялась по числу столкновений до первого удачного объезда препятствия по «зрительной» информации, вторая оценка была связана с десептом подход удачным объездом препятствия и, наконец, третья оценка была связана с построением системы на движение по проходам равной ширины. В зависимости от начального распределения весов связей и сложности среды эти показатели варьировали довольно широко. Но конечный результат — определение, что информация от зрительных датчиков как-то связана с препятствием, определение ширины и зависимости реагирования на зрительный сигнал путем поворота на определенный угол, а также реагирование на узкий проход — достигался почти. Внешний наблюдатель весь процесс самообучения мобильного робота на поведенческом уровне интерпретирует следующим образом: на первом этапе робот обучается пользоваться «глазами» для объезда препятствий без столкновений; на втором этапе вырабатывается оптимальное реагирование на зрительные сигналы, при котором целевая функция, связанная с моторными командами, не выходит за пределы допустимого диапазона; на третьем этапе робот обучается определять ширину прохода по отношению к своим же размерам его поворота.

Выводы

К важным шагам в шаге воспроизводится работа, связанные с исследованиями становления интеллектуальной деятельности живых систем (Рудыко, 2002), работа с поведением отталкивается от «предопределенной интеллектуальности»

и демонстрацией становления этого свойства в словесно-когнитивной системе. В 70-е годы прошлого века эта область знаний в ее кибернетическом аспекте была представлена в основном отечественными работами. В конце 60-х годов на Западе интерес к биологическому исследованию резко упал, а в Советском Союзе как раз на конец 60-х — середине 70-х годов приходится их максимальное развитие. Потом более двадцати лет эти работы были мало представлены в отечественной литературе, и в какой-то степени, своим временем раскисли. Многие, что сейчас постулируется и исследуется, было исследовано в те времена с достаточной глубиной и полнотой. Ярким свидетельством этому могут служить работы школы Н.М. Амосова (Амосов и др., 1973) Института Кибернетики АН УССР. На этот же период приходится развитие нейрокибернетической работ школы А.Б. Козыря (Козыря, 1979) в Ростовском государственном университете, одна из разработок которой описана в данной статье. Каким бы ни было поведение созданного в те годы мобильного робота, удалось показать, что в процессе его поведения формируется функциональная система из нейроподобных элементов, которые взаимодействуют друг с другом в получении полезного результата.

Литература

- Амосов Н.М., Касаткина А.М., Касаткина А.М., Талкин С.А. (1973) Автоматы и разумное поведение. — Киев: Наукова думка. С. 352.
- Амосов П.К. (1973) Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. // В кн.: Принципы системной организации функций. — М.: Наука. С. 5–61.
- Емелин-Ярoslavский А.В. (1990) Интеллектуальная кибернетическая система. Индуктивный автомат. — М.: Наука.
- Емелин-Ярoslavский А.В. (1974) О логической структуре некоторого самоорганизующегося автомата // Проблемы адаптивного управления. — Ростов-на-Дону. С. 120–156.
- Ершов В.Н., Самарин А.Н., Фельдманштейн Б.А., Гавришко С.Н. (1976) Моделирование нейрона с самостройкой их параметров // Биология. — Киев: Наукова думка. № 10, С. 109–116.
- Козыря А.Б. (1979) Функциональная организация нейронных механизмов мозга. — А.: Медицина. 224с.
- Неймарк Ю.Н. (1979) Понятные и оптимизационные возможности коллективных автоматов // Самоорганизация и адаптивные информационно-управляющие системы. — М. С. 21–24.

- Резко В.Г. (2002) Эволюционная кибернетика // *Научная сессия МНФН. IV Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика — 2002»: Лекции по нейроинформатике*, Ч.1. — М.: МНФН. С. 29–63.
- Самарин А.Н. (1979) «Искусственный интеллект» и проблемы обслуживания *роботов*. // В сб. *Проблемы нейрокибернетики. Искусственный интеллект, биологические системы, робототехника*. — Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, С. 64–76.
- Самарин А.Н. (1996) Формирование системной координации *робота* на основе адаптивных нейронных сетей при решении поведенческих задач // *Нейрокомпьютер*, №3, 4. С. 39–47.
- Самарин А.Н., Ершов В.Н. (1974) Нейрокибернетические аспекты системы адаптивных управляющих систем // *Вероятностно-статистическая организация нейронных мембранозных мозга*. Изд-во Ростовского университета. С. 149–157.
- Суджов К.В. (1974) Анализ нелинейной системной организации *говорящей* мозговой ткани на уровне нейронов коры головного мозга. // В кн.: *Системный анализ интегративной деятельности нейронов*. М.: Наука. С. 53–69.
- Цетлин М.А. (1969) Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. — М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 316 с.
- Шибелев Н.Е. (2002) Функциональная полнота и универсальность нейронных сетей в приложениях к задачам управления *роботом*. // В кн.: *Проблемы нейрокибернетики*. Том 2. Ростов-на-Дону, Изд-во ООО «ЦВВР». С. 173-176.
- Эббин У.Р. (1962) *Конструкция мозга*. М.: ИЛ, 398с.



Валентин Антонович Непомнящий (родился в 1950 г. в Алаш-Али, Казахстане) — ведущий научный сотрудник лаб. экспериментальной зоологии Института биологических наук РАН им. Н.Д. Пашино (Ворон, Ярославская обл.). Закончил обучение на биологическом факультете МГУ по кафедре зоологии в 1973. Кандидат биологических наук (МГУ, 1983). В.А. Непомнящий обнаружил, что медленным инстинктивным поведением животных можно руководствоваться с помощью довольно простой нелинейной динамической системы, и предложил в ней биологическую.

Таким образом поведение не только в живой среде, но и в нелинейной динамической системе, управляющей поведением, та же самая система не определяет поведение полностью, а лишь модифицирует его, причём иногда случайно образом. В результате инстинктивное поведение оказывается не «жестко запрограммированным», а способным адаптироваться к неожиданным изменениям во внешней среде.

В.А. Непомнящий

КАК ЖИВОТНЫЕ РЕШАЮТ ПЛОХО ФОРМАЛИЗУЕМЫЕ ЗАДАЧИ ПОИСКА¹

Введение

Представим себе робота, посланного на неизученную планету, чтобы обследовать ее поверхность и отобрать геологические образцы с максимальным содержанием урана, причем за ограниченное время и при ограниченном запасе энергии. При такой постановке задачи неясно, что означает «максимальное содержание урана», так как заранее неизвестно его распределение в образцах, так же как неизвестно распределение образцов по поверхности планеты.¹ Чтобы определить пороговое содержание урана, достаточное для отбора образца, робот мог бы провести предварительное исследование планеты. Однако заранее неизвестно, сколько времени и энергии потребуется для такого исследования, а эти ресурсы у робота ограничены. Таким образом, перед роботом стоит одна из тех нечетко формулируемых задач, которые представляют одновременно значительный интерес и значительные трудности для систем искусственного интеллекта. С другой стороны,

¹ Статья В.А.Непомнящего опубликована на сайте <http://www.cphindia.com/india/>, на странице «Сознательность и интеллект».

живые организмы в их естественной среде постоянно оказываются в аналогичной ситуации. В связи с этим имеет смысл обсудить следующие вопросы:

— Как животные справляются с четко сформулированными задачами поиска?

— На каком принципе основано поисковое поведение животных?

— Насколько это поведение эффективно?

Чтобы обсуждение было более наглядным, мы используем в качестве примера личинки ручейников (*Chaoborus villosus*) — насекомые, обитающие на дне водоемов.

1. Поведение ручейников

Личинка ищет на себе «домик» — трубку из песка и других частиц, которые она собирает на дне водоемов. Строительство требует меньше времени и энергии, если личинка использует относительно крупные частицы. Однако поиск крупных частиц также требует затрат времени и энергии и их количество неизвестно ручейнику заранее. Задача оказывается еще и тем, что личинки могут обнаруживать частицы и определять их размер только на ощупь, что требует дополнительных затрат времени. В этой ситуации личинки не покидают среду, прежде чем начать строительство, а ведут себя следующим образом. Они передвигаются по дну до тех пор, пока не найдут и не прикрепят к домику крупную частицу. После этого они остаются на месте и ощупывают, одну за другой, соседние частицы. Если несколько частиц подряд оказываются мелкими, ручейники прекращают ощупывание и снова начинают передвигаться по дну до тех пор, пока не найдет вновь крупную частицу, после чего цикл повторяется. В целом это поведение выглядит вполне адаптивным: в естественных водоемах частицы разного размера имеют тенденцию скапливаться на разных участках дна. Поэтому обнаружение одной крупной частицы повышает вероятность обнаружения такой же частицы на том же участке, и наоборот, если крупные частицы на участке редки, то его лучше покинуть. Тактика, используемая личинками, приводит к тому, что готовый домик состоит в основном из самых крупных частиц.

Однако в поведении личинок есть и такие черты, которые трудно назвать адаптивными. После прикрепления крупной частицы следуют две частицы, даже мелкая, ощупывается дольше, чем требуется для ее опознания. В результате личинки тратят время. Более того, некоторые из таких частиц даже прикрепляются к домику, несмотря на то, что они были бы отвергнуты ручейниками в другой ситуации. В результате сбор крупных



Личинка пробует часть



Готовый домик

частью не бывает абсолютным. Наконец, во время передвижения личинки совершают противоположную ошибку: они либо игнорируют, либо недостаточно долго осматривают часть, так что могут отказаться от крупной частицы раньше, чем сумеют оценить ее подлинный размер. В результате личинки часто пропускают участки с крупными частицами.

Аналитические закономерности выявляются, когда личинка обследует часть. Сначала она оценивает обнаруженную часть по размеру. Если размер оказывается подходящим, то затем тщательно оцениваются ее форма и другие признаки. На каждом этапе часть может быть отброшена, если соответствующий признак не подходит. Однако признаки оцениваются не обязательно объективно. Если часть подходит по первому проверенному признаку, то ручейки более склонны к положительной оценке следующих признаков. Поэтому, чем больше этапов оценки пройдено, тем больше времени ручейки тратят на оценку следующих признаков. В результате повышается вероятность того, что часть будет использована для строительства, даже если некоторые ее признаки неудовлетворительны. И наоборот, если первый признак оценен не очень высоко, то и следующий признак может быть оценен «скептически». В результате ручейки могут отказаться от частицы, даже если она подходит для строительства по большинству признаков.

Последние ручейки более упорядочены: прирешения частиц и продолжительные осматривания повторяются сериями, одно за другим, во время остановки. Эти серии сменяются сериями повторных отказов от частиц и кратких осматриваний во время передвижения. Если частицы разного размера распределены по разным участкам, то упорядоченность поведения можно было бы объяснить упорядоченностью среды: остановки происходят в основном на участках с крупными частицами. Однако такая же упорядоченность сохраняется, если эксперименте частицы разного размера распределены в пространстве случайно. Соответствующая упорядоченность проявляется и в оценке отдельных частиц.

Приходится сделать вывод, что упорядоченность поведения внутренне присуща ручейникам. Она помогает решить задачу поиска, заставляя ручейников останавливаться на участках с крупными частями, а также продолжать поиск частицы, если начальные попытки успеха дали положительный результат. Однако эта же упорядоченность мешает личинкам, заставляя их повторять однотипные действия, а также необязательно принимать строительный материал, «невозвращая» на действительность.

2. Как объяснить упорядоченное поведение?

Традиционно нервную систему принято рассматривать как «устройство», цель которого — анализ внешних сигналов и преобразование их в адаптивное поведение. С этой точки зрения, внутренними процессами в нервной системе, включая от спонтанную активность, компоненты памяти, мотиваций и т.д., выполняются «служебные» функции, выходящие смысла только для достижения указанной цели. Соответственно и цель поведения организма состоит в его адаптации к внешней среде. Однако в современной биологии развиваются и такие теоретические построения, как теории «автокода» (Muller, 1980; Vireo, 1992) и радикальной конструктивизма (Riegler, 1994; Pöschl, Riegler, 1999), из которых вытекают выходящие взгляды на смысл и цель поведения. Обе теории исходят из предположения, что активность нервной системы представляет собой рекурсивный, востроупорядочивающий сам себя процесс, причем цель этого процесса — именно востроупорядочивание самого себя, своей пространственно-временной организации. Анализ и преобразование внешних сигналов при этом уходит на второй план. Соответственно активность нервной системы оказывается не отражением внешнего мира, как это принято считать в традиционной психологии, а представляет собой самостоятельный, «самоупорядочиваемый» процесс.

Поведение организма представляет собой внешне выраженные этого процесса. Другими словами, поведение такое не сводится к последовательности адаптивных реакций на внешние сигналы. Оно направлено на сохранение своей организации, даже если это мешает организму адекватно реагировать на изменения среды. Это утверждение может показаться неожиданным, но с ним вполне согласуются упорядоченная организация поведения ручейников. Например, они стремятся продолжать приобретать частицы, даже если новые частицы оказываются неподходящими по размеру.

Несмотря на то, что самоупорядочивное поведение может быть неадаптивным в частности, все же в целом оно позволяет животному

выполнить задачу. Так, ручейники собирают для строительства в основном самые крупные частицы. Эффективность поведения объясняется тем, что его стохастическая организация — продукт эволюции и может рассматриваться как обобщенная детерминированная модель мира, в котором приходится действовать животному. Важно отметить, что эта модель не формулируется явным образом самим организмом и не «закодирована» где-то в его нервной системе: моделью мира служит организация всего поведения в целом (Peschl, Ringler, 1999).

Как уже было отмечено выше, внешние сигналы лишь модулируют стохастическое поведение. Они служат триггерами, позволяющими «подстроить» общую модель мира к свойствам конкретной, стохастической и плохо предсказуемой среды. В модели, которой руководствуются ручейники, предполагается, что крупные и мелкие частицы находятся на разных участках дна, однако ручейник заранее не знает расположения этих участков. В соответствии с этой детерминированной моделью отдельная крупная частица способна изменить поведение, заставляя личинку остановиться на участке, а обнаружившие мелкая частица заставляет личинку передвигаться, не обращая внимания на другие частицы.

В соответствии с принципом радикального конструктивизма такая «подстройка» поведения к конкретной среде интерпретируется как генерация гипотез, отличающаяся двумя особенностями. Во-первых, гипотезы основаны не на детальном анализе всей информации, доступной животному, а на отдельных, по существу случайных событиях. Во-вторых, животное может долго руководствоваться гипотезой, не проверяя ее. Только явное рассогласование внешних сигналов с гипотезой заставляет животное изменить поведение (Ringler, 1994). Например, отдельная крупная частица заставляет личинку тратить на анализ следующей частицы больше времени, чем нужно. Такое поведение, основанное на случайных, приближенных гипотезах, способствует оптимальному сбору частей, но зато исключает животное от невыполнимой задачи анализа всей информации, с которой оно сталкивается в ходе поиска.

3. Принципы поискового поведения

На основании сказанного выше можно предположить, как животные решают плохо формализованные задачи. Прежде всего, они вообще не пытаются формализовать задачу поиска в той или иной конкретной среде. Они не исследуют среду для того, чтобы на основе собранной информации вычислить, например, точный размер произвольных частей, позволяющей

завершить строительство с минимальными затратами времени и энергии. Вместо этого в их поведении можно обнаружить другие принципы, которые мы намеренно приводим в полновесной формулировке, чтобы стимулировать их обсуждение:

— Поведение представляет собой спонтанный «самоупорядоченный» процесс, цель которого — воспроизведение самого себя и своей упорядоченности, а не решение каких-либо частных задач адаптации в внешней среде.

— Указанный процесс является обобщенной детерминированной моделью мира, в котором действует организм.

— Обобщенная модель приводится в соответствие с конкретной средой с помощью гипотез, которые основаны на отдельных внешних сигналах и проверяются на соответствие среде также только по отдельным сигналам. Это позволяет обойти проблему обработки всего потока информации во внешней среде.

Чтобы эти принципы стали яснее, мы рассмотрим, как они проявляются у организмов разного уровня организации.

3.1. Самоупорядоченное поведение. К настоящему времени подробно изучены регуляция поведения бактерий *E. coli*. Воспроизводство отдельных компонентов и целостной структуры бактериальной клетки обеспечивается связанными между собой химическими циклами. Синтез и распад определенного вещества в одном из этих циклов влияет на двигательную активность клетки. Бактерия движется практически по прямой линии, и такие пробеги продолжаются тем дольше, чем меньше этого вещества в клетке. Чем больше вещества, тем чаще бактерия прерывает пробеги и прыгает на одном месте, что приводит к случайному выбору направления пробегов между прыжками (Miller et al., 2001). Пример бактерии наглядно показывает, как наблюдаемое поведение оказывается частью самоупорядоченного процесса, который сам по себе не предназначен для адаптивных реакций на внешние сигналы и не нуждается в этих сигналах. Поведение бактерии, сводящееся к чередованию прыжков и пробегов, оказывается внешним проявлением замкнутого циклического процесса внутри клетки, а не реакцией на какую-либо информацию во внешней среде.

Некоторые другие химические циклы связаны с так называемыми регуляторами на поверхности бактериальной клетки. Регуляторы реагируют на изменения концентрации вещества в среде, сигнализирующая о присутствии пищи. Связь между циклами приводит к тому, что при нарастании концентрации бактерии реже прыгают и, соответственно, реже движут

направлении пробегов. И наоборот, уменьшение контрастности сопровождается увеличением частоты взражений и смены направления пробегов. В результате бактерии проявляют адаптивное поведение: они двигаются вперед по градиенту привлекающего вещества и находят его источник — пищу (Miller et al., 2001). Другими словами, спонтанный процесс сохраняет свою общую организацию (чередование взражений и пробегов), а адаптивное поведение можно рассматривать не как набор реакций на сигналы, а как модификацию непрерывно воспроизводимого процесса, измененную внешними возмущениями.

3.2. Поведение как модель мира. Золотые рыбки, помещенные в коридорной коридор, обследуют его отдельные участки, даже если коридор однородный, без каких-либо ориентиров для выделения участков. Области обследованы разделены дистанциями, так что рыбки могут полностью обойти участок, затем обследовать его, затем снова его пропустить и перейти к новому участку и т.д. Это показывает, что чередование обследований и пробегов не зависит от внешних сигналов. Если же на стенах коридора нанесены вертикальные темные полосы (Неломинский, 2000), то обследования концентрируются короткая, что имеет адаптивный смысл: эти полосы имитируют стебли растений, под которыми в природе обычно скрывается корм. Как и у рудейников, естественная среда рыб структурирована, так как пища обычно сосредоточена на отдельных участках. Таким образом, поведение рыб в однородных экспериментальных условиях имитирует их естественную среду. Когда в среде появляются ориентиры, увеличивающие на расстоянии присутствие корма, поведение модифицируется, но ее-общая-организация остается прежней.

В выборе у животных направления движения также отражена закономерность реального мира: пища и другие объекты не появляются в случайные моменты времени и случайных местах. Поэтому, если на определенном участке искомого объекта нет, то не имеет смысла оставаться на нем или возвращаться на него в ближайшем будущем. В соответствии с этим передвигаются большинство организмов отличается от обыкновенного броуновского блуждания даже в отсутствие внешних ориентирующих сигналов. Отличие состоит в том, что у животных имеет место положительная корреляция между направленными последовательными перемещениями, что и позволяет уменьшить вероятность возвратов.

3.3. Передача информации. Пищотыски касаются не только пространственного расположения рассматриваемых объектов (как у рудейников), но и других признаков этих объектов: цвета, формы и т.п. Так, тучляки и мшоглим

другим искомым свойственно «устойчивое постоянство»: когда они начинают утруждать сбор нектара, то сначала пробуют собирать его на цветках разного цвета, но затем ограничивают свою деятельность такими цветками (например, желтыми), в которых при первом посещении обнаружено некоторое приемлемое количество нектара. Другие цветки (например, синие) либо вообще игнорируются в течение всего дня, либо проверяются лишь изредка. Более того, даже если проверка показывает, что синие цветки содержат больше нектара, чем желтые, пчелы преклоняются на них далеко не всегда (Hill et al., 1997). Если же в дальнейшем содержание нектара в желтых цветках снижается до неприемлемого уровня, то пчелы начинают активно пробовать другие цветки. Детерминированная модель, используемая пчелами, основана на том, что в течение дня цветки каждого вида выдают нам не выдают нектар одновременно, что в целом соответствует действительности. Поэтому уже после одной или нескольких проб пчелы останавливаются на первой же гипотезе, которая позволяет получить пусть не оптимальный, но удовлетворительный результат. Они не сравнивают все возможные гипотезы, чтобы выбрать наиболее подходящую из них. Напротив, пока результаты поиска остаются приемлемыми, гипотеза проверяется лишь время от времени или вообще не проверяется. Гипотезы, по существу, представляют собой частные модели мира. Отметим, что эти модели не обязательно реалистичны: как показывает пример пчел, в них стохастичность реального мира подменяется детерминированным порядком.

Гипотезы проверяются и в процессе распознавания отдельных объектов. При этом формирование гипотез и действия животного представляют собой единый целостный процесс. Например, крабы-отшельники выбирают для поселения густые равнины моллюсков, определяя на ощупь их размер и форму. Обследование начинается с внешней поверхности равнины, а затем обследуется ее внутреннее пространство. Эксперименты, в которых отверстие равнины заменяется моллюском, показали, что крабы дольше обследуют отверстие, если равнина относится к предпочитаемому размеру (Jackson, Elwood, 1989; Elwood, Neil, 1992). Таким образом, крабы формируют гипотезу о качестве равнины на основе внешней информации о ней, полученной на первых этапах обследования. В свою очередь, эта гипотеза основана, очевидно, на модели мира, предполагающей, что между физически размеродными признаками объекта и величиной награды по их ценности для животного: если один признак хорош, то другие признаки также должны быть хорошими. Внутренние сведения об объекте зависят не только от его объективных свойств, но и от ожиданий животного.

Как порождается гипотезы? Организация поведения заключается в рекурсивном воспроизведении активности, которая и является моделью

мира. Однако конкретная последовательность действий не обязательно воспроизводится в каждом этапе активности. Одни последовательности в определенном этапе могут исчезать, а другие — формироваться заново под действием внутренних и внешних стимулов, которые изменяют вероятность выполнения действий и их последовательностей. Изменение последовательностей действий может рассматриваться как преобразование общей модели мира в частные модели текущего состояния мира. Так как частные модели формируются не на основе какого-либо полного анализа состояния мира, а в результате действия отдельных стимулов, «в расчете» на предполагаемое будущее состояние мира, мы и называем их гипотезами.

Все гипотезы, на которые способен организм, потенциально включены в динамическую систему, порождающей его спонтанную активность. Под действием стимуляции животное постоянно «продуцирует» пространство состояний этой системы, что позволяет ему (в приведенн.) наводить последовательности действий, которые дают решение задачи. Таким образом, суть гипотез сводится к модификации спонтанной активности, а не к готовому набору программ поведения, где-то хранящихся и запускаемым ключевыми стимулами.

3.4. Гипотезы и обучение. Известно, что обезьяны, особенно высшие, проявляют разнообразную активность, направленную на манипулирование различными предметами. Эта активность спонтанна, она не связана с решением какой-либо конкретной задачи и воспринимается наблюдателем как игра. В основе манипуляционной активности лежат врожденные двигательные стереотипы, но с возрастом они усложняются в результате обучения (Schiffel, 1957). Несмотря на свой спонтанный, игровой характер, эта активность оказывается основой для эффективного решения нестандартных задач. Например, известны классические эксперименты, в которых обезьяны решали необычную для них задачу: достать банан, подвешенный высоко под потолком холлера, на полу которой разбросаны кирпичи. После некоторого периода «бесцельной» активности (проблук, переиспытания кирпичей по холлеру) обезьяны сооружают под бананом пирамиду из кирпичей, подбираются на нее, подпрыгивают и достают банан. Это поведение одни исследователи рассматривали как результат «опытного» и познания причинно-следственной связи (Келлер, 1930), другие — как формирование цепочки условных рефлексов (Павлов, 1938). Однако П. Шиффел (Schiffel, 1957) видоизменил методику этих экспериментов, предоставив обезьянам возможность в течение длительного времени манипулировать кирпичами, не предлагая им приманку. Как и в классическом эксперименте, обезьяны

перетаскивали ящики по номеру, ставили их один на другой, забирались наверх, подпрыгивали, слова перетаскивали и т.д. Другими словами, активность, необходимая для решения задачи, формировалась в отсутствие самой задачи, в ходе спонтанной деятельности. Шаллар пришла к выводу, что поведение, приводящее к решению задачи, формируется на основе проводимых стереотипов и приобретенных навыков, а при виде приваки эта уже сформированная активность лишь концентрируется на приваке, что и приводит к решению задачи. В дальнейшем, при повторных решениях задачи активность подкрепляется получением приваки и задача решается быстрее.

В данном примере спонтанная активность обезьян приводит к формированию модели мира, включающей присутствие в мире предметов и возможность манипулировать ими. В результате манипуляции формируется определенная последовательность действий, включающая сооружение вырваид и прыжки на их вершине. Однажды сформировавшись, эта последовательность запоминается и становится частью спонтанной активности и частью модели мира. Когда возникает задача достичь приваку, эта последовательность воспроизводится как пилотаж наряду с другими последовательностями и позволяет решить задачу. Другими словами, пилотаж пассивен — это упорядоченные во времени и пространстве последовательности действий, порождаемые в процессе взаимодействия спонтанной активности и внешних стимулов.

Важно отметить, что обучение играет двойную роль в манипулятивном поведении обезьян. Прежде всего, оно служит для формирования различных последовательностей из основе проводимых стереотипов, в ходе спонтанной активности. Другими словами, обучение служит для формирования общей модели мира, а не только для решения частных задач. Кроме того, оно служит для закрепления тех последовательностей действий, которые приводят к решению частных задач. При решении задачи животное пробует разные сформированные последовательности в качестве пилотажа, а обучение позволяет выбрать подходящую последовательность (Inga, 2000). Из этого следует, что эффективное обучение решению частных задач происходит на основе формирования пилотажа, которое, в свою очередь, основано на модели среды и, в конечном итоге, на самупорядоченной спонтанной активности.

Отметим, что вышесказанное здесь принципы применимы и к поведению людей, включая как построение пилотажа на основе отдельных внешних стимулов (Реззи, Ризет, 1999), так использование детерминированных, притом не обязательно реалистичных моделей мира (Тернер, Пестель, 1995). «Человеческой мозг требует определенности и тем самым «спрессовывает»

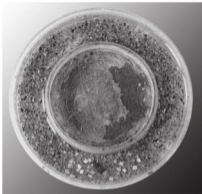
пространственную природу окружающего мира. ... от окружающего мы видим больше, чем там есть, смысла и больше упорядоченности, а между тем, во таком ослепленной может, как это ни странно, состояться превосходная стратегия поведения» (Торнер, Питтелл, 1995).

4. Насколько адаптивно поисковое поведение животных?

Если цель самонаправленного поведения — познание своего мира, то насколько оно эффективно по сравнению с другими возможными стратегиями поиска? Имеет ли смысл использовать сформулированные выше принципы поискового поведения как основу для создания искусственных поисковых агентов? В качестве примера для обсуждения этих вопросов рассмотрим конкретную задачу, которую способны решить личинки мушкетера. Личинка помещена в кольцевой коридор, дно которого было покрыто слоем песка. Кроме того, небольшой участок коридора содержал, кроме песка, предпочтительные личинкам крупные плоские частицы. Напомним, что личинки не пользуются зрением при поиске и отборе частиц и способны обнаружить и определить их размер и форму только на ощупь. Как можно решить задачу поиска плоской частицы в этих условиях за разумное время?

Если бы личинка систематически обследовала коридор и все обнаруженные частицы, то, очевидно, она бы ушла в песок и провела в переносном смысле слова на обследование одной песчинки уходит до 1 секунды времени, а песчинок в коридоре — тысячи. Вместо систематического поиска личинка идет себе так, как уже было описано в разделе 2. Она останавливается, когда обнаруживает частицу, более подходящую, чем предыдущие. В данном эксперименте такой частицей оказывается одна из плоских частиц, сконцентрированных на небольшом участке. Привлекая к доминирующей частице, личинка оставляет на месте и ощущивает соседние частицы, что в целом позволяет найти другие плоские частицы, хотя среди них попадается и песок. Если личинка попадает на несколько песчинок подряд, она может покинуть участок. Однако, как уже говорилось в разделе 2, когда личинка передвигается, она редко ощущивает встречающиеся ей частицы и поэтому быстро проходит коридор по окружности и снова попадает на участок с плоскими частицами. Иногда она может «проскочить» и этот участок, но в целом мушкетерская основная часть времени проводит на нем и сопрягает доминантную часть своим по плоским частиц.

Читатель может попробовать разработать более эффективные алгоритмы поиска для искусственного агента, перед которым стоит аналогичная задача. Сравнение таких алгоритмов с алгоритмами поиска у реальных животных позволит разобраться в принципах адаптивного поведения.



Личинка на участке коридора с плоскими заставрами
(светлые прямоугольники на фоне песка)

Литература

- Келер В. (1930) Исследование интеллекта человекообразных обезьян / Пар. с нем. — М.: Изд-во коммунистической академии. XXIX+208 с.
- Немомания В.А. (2000) Изменчивость реакции на зрительный раздражитель у золотых рыбок *Carassius auratus* L. (Cyprinidae: Pisces) // Журнал общей биологии. Т.61. № 3. С.315–324.
- Павлов И.П. (1938) Двухдвухлетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (интеллект) животных. — М.—Л.: Наркомздран СССР. 771 с.

- Тернер Ф., Пейнтон Э. (1995) Познавая мир и物种 // Когнитивная теория / Псих. в акте. — М.: Мир.
- Elwood R.W., Neil S.J. (1992) Assessment and decision. A study of information gathering by hermit crab. — London: Chapman and Hall. 204 p.
- MilP.S.M., Wells P.H., Wells H. (1997) Spontaneous flower constancy and learning in honey bees as a function of colour // *Animal Behaviour*, V. 54, №3.
- Inglis I.R. (2000) Review: the central role of uncertainty reduction in determining behaviour // *Behaviour*, V.137, №12.
- Jackson N.W., Elwood R.W. (1989) Memory of information gained during shell investigation by the hermit crab, *Pagurus bernhardus* // *Anim. Behav.* V.37, No 4, P. 529–534.
- Marwana H.R. (1980) Biology of cognition // *Autopoiesis and cognition: the realization of the living.* — Dordrecht: D. Reidel Publishing Co.
- Müller B.S., Pissin F. de, Lengler J. W. (2001) Contributions of minimal cognition to flexibility // *Proceedings of the 5th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, V. XV, Industrial Systems: Part II. — Sankt Augustin, Germany: International Institute of Informatics and Systemics.
- Peschl M., Riegler A. (1999) Does representation need reality? // *Understanding Representation in the Cognitive Sciences.* — New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Riegler A. (1994) Constructivist artificial life: the constructivist-anticipatory principle and functional coupling // *Genetic Algorithms within the Framework of Evolutionary Computation*, 18th German Annual Conference on Artificial Intelligence. — Saarbrücken, Germany: Max-Planck-Institut für Informatik, MPI-I-94-241.
- Schiller P.H. (1957) Innate motor action as a basis of learning. Manipulative patterns in the chimpanzee // Schiller C.H. (ed. and transl.), *Instinctive Behavior: The Development of a Modern Concept*. (Introduction by Karl S. Lashley.) — New York: International Universities Press. P.264–287.
- Varela F.J. (1992) Autopoiesis and a biology of intentionality // *Proceedings of the Workshop «Autopoiesis and Perception».* — Dublin: Dublin City Univ.



Христ-Марианна Гросс получила докторскую степень по нейробиологии в 1989 г. С 1993 г. — профессор, руководитель факультета информатики и автоматизации в области нейробиологии Технического университета Нидерланды. Ведет большую работу по подготовке специалистов высшей квалификации в области разработки мобильных роботов. Была научным руководителем диссертационной работы Р. Мюллера. В круг его научных интересов входят: нейромиметизм, автономные роботы, обучение с подкреплением, вопросы виртуального взаимодействия человек-робот.

Участник в большом количестве исследовательских проектов, связанных с решением проблемы в этой области.

Ральф Мюллер получил докторскую степень в 1996 г. в Техническом университете Нидерланды, работал в Институте вычислительных наук Университета Цюриха. С 2001 г. работает в Институте психологических исследований Макса Планка в Мюнхене, где руководит исследовательской группой, занимающейся когнитивными роботами. В круг его научных интересов входят: управление движением мобильных роботов; развитие поведенчески-ориентированных моделей в восприятии, динамическом нейронном моделировании и самоорганизации; модели работоспособности головного мозга; нейромиметизм; анализ сетевых устройств для нейроботов. Читает лекции по нейронным сетям и моделированию, проектированию нейронных сетей для разработки биороботов.

Р. Мюллер, Х.-М. Гросс

ОБНАРУЖЕНИЕ СОВПАДЕНИЙ И ГЕНЕРАЦИЯ ГИПОТЕЗ — ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ФУНКЦИЯ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА¹

1. Введение

Наша модель порождена предыдущими работами Барлоу (Barlow, 1985; Pflieger, Zeki, Barlow, 1984), который предположил, что обнаружение «подопределенных совпадений» и афферентных потоков данных может быть базисной функцией коры головного мозга. Совпадочные события происходят в сочетании

¹ Перевод статьи R. Müller, H.-M. Gross, Detection of coincidences and generation of hypotheses — a proposal for an elementary cortical function. In Gidon S., Kappen B. (Eds.) Proceedings of ICANN '93, 1993. Springer. 67–70.

друг с другом чаще, чем это можно ожидать, исходя из независимости их односторонних распределенной вероятностей, следовательно, они должны отражать притягивающий стиль реальности. Детекторы совпадевой информации как информации от сенсорных источников, так и информации о внутреннем состоянии, например, между притягивающим впечатлением и тактильными стимулами или между сгенерированными которыми командами и информацией от пропорциональных² сенсоров, регистрирующая результаты выполняемых действий.

2. Физиологические предпосылки

Предполагается, что обнаружение совпадений является функцией, выполняемой одним и тем же способом в любом месте коры головного мозга. В физиологии выдвигаются некоторые предпосылки утверждать это для простых корковых функций, даже если развитая кора демонстрирует существенные различия в особенностях архитектуры зон. Структура разноразрядной прекожы относительно однородна (O'Leary, 1989), только афферентные и эфферентные волокна устроены по-разному. Афферентные волокна вызывают структурные и функциональные модификации зон в соответствии с пространственно-временной структурой данных. Если волокна определенной модальности перенаправлены на зону, которая обычно обрабатывает другую модальность, то новая функция может быть выполнена в этой зоне. В терминах нашей гипотезы: корковая зона обладает всеми средствами, необходимыми для обнаружения широкого диапазона совпадений. На каких совпадениях специализируется зона зависит от конспецифичных входов; например, если должны быть рассмотрены стимулы времени отклонения, то будут собраны базис, обеспечивающие это специализованное поведение по времени, а все другие будут обречены. Так как невозможно обнаруживать совпадения между всеми каналами, информационные потоки, которые должны быть объединены, определяются генетически; каждая зона может обнаруживать совпадения только таких комбинаций каналов, необходимость которых была подтверждена в течение эволюции (Nadel, 1985). Эксперименты с котами (Sprinell, Jones, 1979) продемонстрировали возможность детектирования совпадений в пределах генетических рамок; некоторые котята демонстрировали отклонки на такие комбинации сигналов, которые никогда не обнаруживались у нормальных котят.

² Сенсоры, способные к информации о состоянии моторно-двигательного аппарата. Прям. перек.

3. Обнаружение совпадений и генерация гипотез

До определенной степени обработки блока, детектирующие совпадения, только сигнализируют более высоким уровням сознания о появлении известной комбинации событий, на которую они настроены, например, формирование ячеек, чувствительных к ориентации (Malsburg, 1973). На более высоких уровнях обработки события, которые ранее были обнаружены как совпадения, связываются уже взаимосвязанными. Пример: если вы начинаете движение, ваши сенсоры регулярно регистрируют связь двух впечатлений: все визуальные изображения движутся с нарастающей скоростью в определенных направлениях и сенсоры вашего тела регистрируют об «ощущении» ускорения. Так как эта комбинация является основным свойством нашего физического мира, она имеет место почти во всех случаях, поэтому она интегрируется во внутреннюю модель мира. Сидя в поезде, вы встретитесь с хорошо известным явлением: если подъезжает ближайший к вашему поезду, вы видите изменение визуальных изображений и чувствуете ускорение вашего поезда, хотя это на самом деле нет, появление одного из событий формирует гипотезу о другом. Мы не движемся сами, но мы имеем конкретную информацию, введенную из ранее обнаруженного совпадения между визуальным впечатлением и ощущением реального движения. В нашей терминологии это может быть названо *завершающей гипотезой*.

Рисунок 1 демонстрирует нейронную основу детектирования совпадений и генерации гипотез. Если два события часто происходят в одно и то же время, то с помощью симметричных возбуждающих связей между «гипотез-ячейками» может быть создан завершающий гипотезы (рисунок 1, III), даже если представляется только одна информация. Два события в фиксированной временной связи, которая отражает причинную связь (например, визуальное впечатление объекта вместе с определенной моторной командой и тактильной информацией, когда новичность касается объекта), должны приводить к асимметричным весам между «гипотез-ячейками» (рисунок 1, IV). Презентация «события-причины» формирует предвосхищающую гипотезу о «событии-результате», так как невозможно сделать противонаправленный вывод.

«Гипотез-ячейки» передают как входные сигналы, так и гипотезы. Если обучение, аналогичное хоббсовскому, применено к модификации симметричных связей между ячейками, то возбуждающие гипотезы и входной информацией должны иметь различия в графиках обучения. Возбуждение одной «гипотез-ячейки» другой, которая не возбуждена «реальным» входом, не должно интерпре-

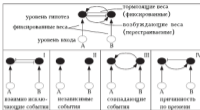


Рис. 1. Верхняя часть: Два «пикотел-пикотел» взаимно связали фиксированными тормозящими и перестраиваемыми возбуждающими весами. Эффективность возбуждающих связей мала, если события A и B совпадают. Нижняя часть: Возможное взаимодействие «пикотел-пикотел». (I) Исключающие друг друга события. Возбуждающие веса слабы и равно. (II) Независимые события. Возбуждающие и тормозящие эффекты сбалансированы. (III) Совпадающие события. Возбуждающие эффекты доминируют. (IV) События A часто предшествует B. Веса становятся асимметричными

тратить на совпадение двух событий. Возможным объяснением такой ситуации могло бы быть предположение о разных динамических значениях для кодовой активности (или определенного уровня) и для активности, возбуждаемой пикотелом (или этого уровня) (Костел, Селл, Тейлор, 1990). Указание символом окруженно случайно, ввода и преобладающего, и постсинаптическая клетка возбуждена выше этого уровня. Разделенные пути (например, ассоциативное связки для передачи входов и ассоциативные — для гипотез) могли бы быть постуровневыми, чтобы сохранить исходной источник активности на всех уровнях обработки.

Связанные между собой «пикотел-пикотел» присутствуют в двух связанных процессах генерации пикотел: 1. Генерация последовательностей пикотел. Мы предполагаем, что события A и B «связаны» (в этом случае они происходят в фиксированном временном отношении), аналогичное предположение справедливо для B и C (см. рисунок 2, левая часть). Если происходит лишь одно событие A, то «A-пикотел-пикотел» возбуждается вводом и сама возбуждает «B-пикотел-пикотел»: пикотел о событии B активируется. Сама «B-пикотел-пикотел»,

которая является только гипотезой потому, что вход «нейрон», отражающий событие В, не активируется, способный активировать гипотезу о событии С, и т.д. — таким способом может быть представлена последовательность событий. 2. Согласование гипотез основывается на неадекватных данных. Несогласованные данные (такие, как изображение на сетчатке глаза) ведут к различным наборам гипотез о реальной ситуации, один из которых является согласованным, а другие несогласованным. Если набор гипотез несовместимый, то возникает активное «гипотез-нейроны», тормозящие друг друга. В простейшем случае эти клетки представляют собой дополняемые события (см. рисунок 2, правая часть). В процессе релаксации несовместимости могла бы быть снята включенная или отключенная некоторая «гипотез-ячейка», что соответствует процессу релаксации в ассоциативной памяти с обратной связью. На рисунке 2 события А и В благоприятствуют С, в то время как D связано с событием, дополняемым к С. Гипотеза, включающая событие и дополняемое к нему событие, является противоречивой и должна быть изменена путем деактивирования одной из «гипотез-ячеек». Несогласованности, порождая ту, которая изображена на правой части рисунка 2, разрешаются с помощью решения большинства клеток.

В нашей модельной философии «распознавание» сенсорной ситуации и выбор соответствующего поведения основываются на генерации последовательности гипотез (рисунок 3). Полагая, что следующие



Рис. 2. Два главных процесса генерации гипотез. Левая часть: Генерация последовательности осуществляет предположение цели последующих событий. В этом случае «гипотез-ячейки» возбуждают друг друга последовательно. Правая часть: Согласование гипотез устраняет несовместимости наборов гипотез, основанных на неадекватных данных. Тормозящие и возбуждающие эффекты между «гипотез-ячейками» вызывают процесс релаксации, ведущий к более согласованному набору гипотез.

совпадения были обнаружены ранее, вместо: если в сенсорной ситуации $S1$ выполняется моторная команда $M1$, то возникает новая ситуация $S2$ (для краткости будем это записывать как $S1-M1 \rightarrow S2$); аналогично можно записать, что $S2-M2 \rightarrow S3$ и $S2-M3 \rightarrow S4$. Предполагается, что ситуации $S3$ и $S4$ на каком-либо уровне последовательности гинкотов совпадают с сенсорными ситуациями, позитивно связанными с негативным (боль) и соответственно позитивным (удовольствие) смыслом для живого существа. Начиная с данной ситуации или события $S1$, разные последовательности возбуждаются (параллельно или последовательно) путем случайной активации блоков моторных команд до уровня ниже необходимого для их реального исполнения. В гипотетической ситуации $S2$ процесс дальнейшей генерации может продолжаться двумя разными путями в зависимости от случайного возбуждения $M2$ или $M3$. Если цепочка ожидаемых событий оканчивается на позитивном алетчталаме ($S1-M1 \rightarrow S2-M2 \rightarrow S3$), то все моторные команды нейронов, которые принимали участие в генерации этой специфической последовательности гинкотов, подавляются стратегической обратной связью, т.е. действия, поддерживающие реальный ход событий, прекращаются. Если же конечное событие совпадает с позитивным алетчталамом

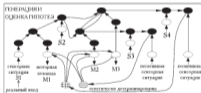


Рис. 3. Выбор соответствующего поведения в данной ситуации $S1$. Если в этой ситуации выполняется моторная команда $M1$, то возникает новая ситуация $S2$. Выполнение $M2$ в ситуации $S2$ ведет в новую ситуацию $S3$, которая, как было ранее обнаружено, приводит к позитивной сенсорной ситуации. В этом случае все моторные команды, включенные в данную последовательность, подавляются. Если в ситуации $S2$ выполняется $M3$, то возникает «позитивная» ситуация $S4$ — соответствующая моторные команды становится кандидатами на исполнение.

(S1-M1→S2-M3→S4), то данная последовательность выбирается для исполнения благодаря накопленному действию положительной обратной связи, действующей на моторные команды нейрона. Выбор соответствующего поведения мог бы быть реализован в данной ситуации только таким образом.

Случайная стимуляция моторных командных нейронов происходит в двух случаях. Стимуляция выше уровня, необходимого для исполнения, вызывает «сенсорные реакции» физического мира. Это есть способ обнаружения связей между действиями и его сенсорными последствиями. Если соответствующие связи уже были обнаружены, то стимуляция выше этого уровня не вылет за собой никаких действий, но может предсказывать сенсорные последствия этих действий в определенной ситуации.

4. Визуальное распознавание

Распознавание формы считается базовой функцией визуальной системы: классификация объекта требует распознавания его функциональных свойств (Malik, Cornea, Szelka, 1992), функциональные же свойства могут быть описаны только, если форма объекта уже известна. При таком подходе визуальное восприятие формы на высшем уровне обработки может быть объяснено обнаружением стабильных связей между визуальной информацией и сенсорной информацией от других органов чувств (многоканальная обработка) во время действий в окружающей среде. Визуальная информация связывается, например, с тактильными ощущениями, как «форма устанавливает контакты», если выполняется определенное движение, или с тактильной информацией, если происходит захват объекта. Такие обнаруженные совпадения такого рода, визуальная информация сама по себе является достаточной для того, чтобы характеризовать форму сущим связанным друг с другом действиями и восприятиями, которые являются признаками для нас. Внутренняя репрезентация воспринятых форм была бы в нашей модели множеством последовательностей глоссы с последствиями различных интеллектуальных действий, возбуждаемых параллельно или последовательно данной визуальной информацией (распределенной репрезентацией сенсорной и моторной информации, отнесенной к данной ситуации). Эти действия необходимо должны быть исполнены, они только описывают визуальную картину, но те действия, которые являются стартовыми точками одной из «последовательных» последовательностей глоссы, являются, как обычно выше, кандидатами на исполнение.

Применение нашего подхода к восприятию формы могло бы помочь избежать проблем, возникающих из искусственного разделения процессов описания ситуации и генерации поведения. Если обе эти части разделены,

то «блок распознавания» должен анализировать визуальную информацию и преобразовать ее в некоторый дискретизованный код, тогда как другой «блок передачи поведения» должен преобразовать этот код в соответствующее поведение. Во-первых, дискретизованный код, конечно, может быть более компактным, чем сама визуальная информация, но ее интерпретация не обязательно проста. Во-вторых, преобразование в дискретизованный код было бы совершенно излишним. Если объект, частично описываемый другим объектом, будет основным, следствия о том, как описывать его, уже должны быть известны, само описание уже должно быть выражено в виде некоторого кода, и тогда некоторые команды путем использования знаний о соответствующих движениях для описания должны выводиться прямо из кода описания. Кажется более простым характеризовать визуальную картину непосредственно суммой гипотез о последствиях действий, возможных в этой ситуации; из этого набора последовательностей гипотез выбирается соответствующее поведение.

Наша модельная гипотеза должна восприниматься как первый альтернативный подход к общей модели сложного визуального восприятия; быть может, окажется возможным объяснить некоторые процессы путем использования более сложной нейротетей (например, таких, которые способны обобщать обобщаемые соприкосновения), собранных из простых блоков, описанных в этой статье.

Перевод В.М. Шеманова

Литература

- Barlow H.B. (1985) Cerebral cortex as model builder // Rose D., Dobson V.G. (Ed.) Models of the Visual Cortex. Ch. 4. P. 37–45. — John Wiley & Sons Ltd.*
- Konner E., Gross H.-M., Taxila I. (1990) Holistic Processing in a Model System of Cortical Processors. In Biological Complexity and Information. — World Scientific, Singapore.*
- Mallet H.A., Kopcke J., Soelen W.v. (1992) Neuroinformatics als empirische Wissenschaft // Kognitionswissenschaft. 3(1):12–23.*
- Malabug C.v.d. (1973) Self-organization of orientation sensitive cells in the striate cortex // Kybernetik, 14:85–100.*
- O'Leary D.D.M. (1989) Do cortical areas emerge from a protocortex? // TINS. 12(90).*
- Phillips C.G., Zeki S., Barlow H.B. (1984) Localisation of function in the cerebral cortex: past, present and future // Brain, 107:327–361.*
- Spinnelli D.N., Jensen F.E. (1979) Plasticity: The mirror of experience // Science. 203:73–77.*

ВОСПРИЯТИЕ ЧЕРЕЗ АНТИЦИПАЦИЮ¹

1. Поведенчески ориентированный подход

Научные подходы к визуальному восприятию, как столкнувшись с рядом проблем, которые, по нашему мнению, имеют одну важную причину — искусственное разделение восприятия и генерации поведения. Репрезентативные подходы объективно содержат уровень чистой сенсорной репрезентации, как показано на рисунке 1 (слева). Поведение генерируется с использованием информации, обеспечиваемой этим уровнем. Подходы такого типа лежат за собой ряд существенных проблем, наиболее трудными среди них является «проблема перекодирования» и «проблема генерации», которые тесно связаны друг с другом. Восприятие посредством преобразования визуальной информации в описательный код есть не что иное, как «перекодирование» одного кода в другой. Суть вышеупомянутых проблем состоит в следующем. Во-первых, хотя описательный код и может быть более компактным, чем сама визуальная информация, однако его интерпретирование обязательно является более простым. Нельзя в большинстве случаев предположить некий внутренний наблюдатель (*говорящий*), который оценивает позиционный код и осуществляет соответствующее поведение. Во-вторых, преобразование описательный код было бы совершенно излишним. Если объект, частично описываемый другим объектом, будет осознан, то информация о том, как описывать его, уже должна быть известна, само описание уже должно быть выражено в виде некоторого кода, и тогда моторные команды путем использования знаний о соответствующем движении для осознания, должны выводиться прямо из кода описания.

Кажется более простым характеризовать визуальную картину непосредственно в двигательном поведении, например, суммой действий, которые обеспечивают возможные методы доступа к описываемому и описываемому объектам, — околмоторный путь перекодирования мог бы быть исключен. Это основная идея нашего подхода, который упрощает разделение восприятия и генерации поведения и связывает обе эти части в единый нейронный процесс (см. рисунок 1, правая часть). Восприятие (особенно восприятие формы как фундаментальная способность мозга) рассматривается

¹ Перевод статьи R.Moller, H.-M.Gross, Perception through anticipation. // Proceedings of PrcAc94, 408-411. IEEE Computer Society Press, 1994.

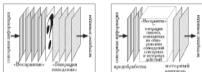


Рис. 1. Различные подходы для систем в замкнутом кольце восприятие–действие. Слева: «Разреженные подходы», где сенсорная информация преобразуется в чисто сенсорную репрезентацию. Поведение выводится из этой репрезентации. Восприятие и поведение поведения строго разделяются. Справа: Наш подход, без явно выданной сенсорной репрезентации. Восприятие и генерация поведения сливаются и производят из одного и того же нейронного процесса. Имеются только относительно малочисленные уровни чисто сенсорной или чисто моторной обработки

как внутреннее моделирование выбора действия системы и предвосхищение их последствий, т.е. как антагонизма. С одной стороны, генетические действия и их ожидаемые последствия характеризуют сенсорную ситуацию, а с другой стороны, из этого набора «описательных» действий — те (действия), которые могут быть способны для исполнения и которые приводят к положительному результату, связанному с «целью» системы. Объект, находящийся на определенном удалении, может вызвать зрительные впечатления, которые делают возможным предсказание того, какие окончательные впечатления могут быть ожидаемы в случае движения к нему. Набор таких действий «моделируется» (не сознательно), и действия, имеющие положительные последствия (например, возможное избежать столкновения с объектом) получают предпочтительные шансы для исполнения, все действия, которые влекут за собой отрицательные эффекты (столкновение, бум), не будут исполняться, но тем не менее они также вносят свой вклад в общее картины.

2. Нейронный код

Основным вопросом для любой нейронной архитектуры является вопрос о нейронном коде. Разреженные подходы в нейронной архитектуре часто содержат в себе аспекты доктрины Барлоу о «высравлении единичными

близком» (Barlow, 1972). В подходе Барлоу активность единственной клетки интерпретирует один образец словесный аспект визуальной картины. Это близко к классификации или трактовке символов сущности реального мира (главным образом объектам), и это влечёт за собой проблемы, сформулированные выше, а также проблему комбинаторного взрыва. Напротив, теория «клеточных ансамблей», представленная Хэббом (Hebb, 1949), обещает избежать комбинаторного взрыва путём предположения, что любая сущность кодируется односторонней активностью большого числа нейронов. Благодаря возможному перекрытию этих клеточных ансамблей пространство кодирования кардинально расширяется (Palm, 1990). Как побочный эффект этой теории исключает представление о «костряках» как классификации: оно заменяется идеей восприятия на более низком, но более фундаментальном уровне обработки. Это есть восприятие формы, управляемые более общими аспектами физического мира, которые могут быть применимы к любой физической сущности.

В нашей модели сенсорные ситуации (реальные или предвосхищаемые) представляются активностью клеточных ансамблей. Такие процессы, как завершение или исправление данных или генерация совокупности гипотез, выполняются внутри этих ансамблей через возбуждающее или тормозящее взаимодействие. Процесс антираритации основан на последовательностях ансамблей, как было предложено Хэббом. Сенсорные ансамбли (определяющие аспекты сенсорной ситуации) и моторные ансамбли (гипотетические моторные команды) сплавлены и влечут за собой активно другие сенсорные ансамбли, кодирующие последующую ситуацию.

3. Нейронная архитектура

Для простоты в последующем описании процесса восприятия (и в соответствующей левой части рисунка 2) ансамбли сенсорны до размера одного нейрона. Полагая, что содержание совпадения было обнаружено ранее, имеем: если в сенсорной ситуации $S1$ выполняется моторная команда $M1$, то возникает новая ситуация $S2$ (для краткости будем это записывать как $S1-M1 \rightarrow S2$); аналогично можно написать, что $S2-M2 \rightarrow S3$ и $S2-M3 \rightarrow S4$. Предполагается, что ситуации $S3$ и $S4$ на кондах разных последовательностей гипотез совпадают с сенсорными ситуациями генетически связанными с негативным (боль) и соответственно позитивным (удовольствие) смыслом для живого существа. Начиная с данной ситуации или события $S1$, разные последовательности возбуждаются (параллельно или последовательно) путём случайной активации бывших моторных команд до уровня некоего необходимого для их реального

исполнения. В психотетической ситуации $S2$ процесс дальнейшей генерации может продолжаться двумя разными путями в зависимости от случайного возбуждения $M2$ или $M3$. Если условия совпадения событий оказываются на негативном испытании ($S1-M1 \rightarrow S2-M2 \rightarrow S3$), то все моторные команды нейронов, которые принимали участие в генерации этой стереотипической последовательности пикетов, подавляются отрицательной обратной связью, т.е. действия, поддерживающие реальный ход событий, предсказанный этой последовательностью пикетов, не могут быть выполнены. Если же конкретное событие совпадает с положительным испытанием ($S1-M1 \rightarrow S2-M3 \rightarrow S4$), то данная последовательность отбирается для исполнения благодаря положительной обратной связи, действующей на моторные команды нейронов. Выбор стоксестеротипического поведения мог бы быть реализован в данной ситуации именно таким образом.

Нейроны нашей модели — мы используем модель нейрона со спайками — передают как «реальные» входные сигналы, так и пикетов. При обучении по правилу Холла, эти два случая должны различаться модификацией симметричной эффективности должна модифицироваться только реальной входной активностью, а не пикетовыми. По этой причине мы постулируем разделение dimensions активности для нейронов: низкая активность для пикетов и высокая активность для входов. Характер сигнала должен быть сохранен на всех уровнях обработки, что достигается введением разделяемых каналов. Входная информация передается через сигналы на апикальных дендритах перпендикулярных клетках, а пикетовым — через сигналы на базальных дендритах (рисунком 2, справа). Помимо этого, эти два канала представляют разные «логические» функции. Сигналы на апикальном дендрите действуют на нейрон, только если они активируются совместно (комбинативно), в то время как сигналы на базальных дендритах предполагаются имеющими скорее *раздельный* (дизъюнктивный) эффект. Итак, вместе с тормозящими связями, расположенными на слое клеток, возникает базальная система логических операций «и-или-не», которая может выполнять любую логическую функцию.

4. Обучение

Веса этих двух каналов должны быть настроены таким образом, чтобы словесные совпадения могли быть интронированы в эту систему «и-или-не». Мы используем обучение в реальном времени в паре правила обучения. Вес базального сигнала выставляется по *хоббовскому* правилу «до-не-после», что оправдывает статистику комбинации пре- и постсинтагмического

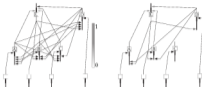


Рис. 3. Начальное состояние небольшой тестовой сети (слева) и ее состояние после 30000 шагов моделирования (30 сек.) (справа). Стрелки символизируют аксоны, незатолченные квадраты — тела клеток, толстые затолченные полоски — дендриты пути совпадения и тонкие затолченные полоски — дендриты пути совпадения. Веса изображены в линейной шкале серого цвета (посередине); все веса малыши, чем 0,2 были округлены

нейроны «входной активностью» (отсюда название «пути совпадения»). При использовании этого механизма могут детектироваться совпадения только между двумя одиночными каналами. Более общие, сложные совпадения, т.е. коактивация совмещенных сигналов также должны детектироваться. Совмещение сигналов должно быть отражено в весах аксональных связей, но только в том случае, когда совмещение сигналов имеет место в совпадении, т.е. когда совмещение требуется для генерации некоторой пиковости. Таким образом, модификация базальных сигналов влияет на эффективность аксональных сигналов.

Результат действия системы обучающих правил демонстрируется простой сетью, изображенной на рисунке 3. Четыре входных канала в нижней части рисунка заставляют нейроны А, В, С и D непосредственно через аксональные связи. А, В и С конвергируют на Е через аксональные связи. А, В, С и D также соединены базальными связями, как D и Е. Входные нейроны А, В и С активируются случайным образом в течение 40 мсек примерно каждые 250 мсек «входной» частотой возбуждения. На эту независимую активацию накладываются одновременная активация А, В и D в течение 40 мсек со средней интервалом 1 000 мсек. После 30000 шагов моделирования симметричное совпадение между совмещенным каналом А и В и каналом D приводит

и спектральными метриками E и соответственно A и B (глобальные симметрии) и формально симметричные связи между E (который теперь представляет симметрию A и B) и D (локальные симметрии).

Работа была поддержана Deutsche Forschungsgemeinschaft (Gr 1378/1-1).

Перевод В.М. Шендерович

Литература

- Barlow H.B. (1972) Single unit and sensation: A neuron doctrine for perceptual psychology // Perception, 1:371–394.*
Hebb D.O. (1949) The Organization of Behavior. — Wiley, New York.
Palm G. (1990) Cell assemblies as a guideline for brain research. Concepts in Neuroscience. 3(1): 133–147.



Alex Cise — получил докторскую степень в 2000 г. в Центре интеллектуальной нейронауки и робототехники в Университете Струленга, Великобритания. В настоящее время работает в Институте нейронауки в Сан Диего. В кругу его научных интересов входят: теоретическая нейронаука, моделирование биологически нейронных сетей, применение моделей агентов в теоретической психологии, исследование работы головного мозга человека при оптимальном поведении.

A. Cise

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВЫБОРА ДЕЙСТВИЯ И ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ВНИМАНИЯ БЕЗ ДЕЙСТВИЙ, ВНИМАНИЯ И ВЫБОРА¹

1. Введение

Для мышления и принятия в динамическом и сложном мире животных и агентам² необходимо появляться в разные моменты времени в разнообразное виды поведения, причем, по крайней мере, некоторые из них могут оказаться взаимно несовместимыми. Задача, состоящая в том как в любой данный момент времени они приходят к тому, чтобы совершить одну, а не другое действие, традиционно известна как проблема выбора действия (action selection) (далее будем именовать ее проблемой В/Д). Различные подходы к этой проблеме, как в этиологии, так и в исследованиях автономных агентов (автономных agents), в целом предполагают необходимость существования внутренних механизмов арбитража для

¹ Перевод статьи Seth A.C. *Evolving action selection and selective attention without actions, attention, or selection*. In Pfeifer R., Howberg B., Meyer J.-A., Wilam S.W. (Eds.) *From animals to animats 5: Proceedings of the Fifth International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior*, P.139-147. The MIT Press, 1998. Оригинал статьи доступен также на сайте <http://www.cogsci.ucla.edu/~cise/Papers/>

² Термин «агент» происходит от слов *animal* (животное) и *robot: animal + robot = animat*. Поведение агента интерпретируется поведение животного. Этот искусственный (в виде компьютерной программы или физического робота) организм, должен выполнять все действия, необходимые для достижения определенной цели в конкретной, пусть и виртуальной среде. Перев. ред.

выбора наиболее подходящего действия или поведения в соответствии с внутренними или внешними условиями (Tinbergen, 1950; Tjebk, 1993).

В нашей работе доказывается утверждение о том, что внутренний арбитр может возмещать поведеный не является равнозначным подходом в рассмотрении проблем ВД. Вместо этого рекомендуется схема, основанная на словесных, непрерывных и параллельных сенсорномоторных процессах (или связях). Эта схема навеяна работой (Wainwright, 1984) и уже продемонстрировала свою жизнеспособность (Lambertini, Scheiet, 1995), см. также (Scheiet, Pfeifer, 1995; Steek, 1994).

В работе применен оригинальный подход для формирования функций активации сенсорномоторных связей используется искусственная интеллект. Эта методология позволяет с помощью независимой внутренней архитектуры породить полный набор феноменов ВД, а также избежать некоторых потенциальных проблем, связанных с проектированием вручную (обсуждается в разделе 2.3).

В разделе 2 изложены теоретические основы данного подхода. Он базируется на преодолении двух недостатков общи для многих моделей ВД. Первый — путаница между поведенческими и исполнительными уровнями описания и их смешение, второй — пренебрежение восприятием.

В разделе 3 описывается модель агента. Архитектура этого агента состоит всего лишь из набора искусственно созданных простых сенсорномоторных связей без каких-либо сознательных соединений. Агент существует в непрерывном модельном мире, в котором он должен координировать поведеный в «ловушке» и в то же время периодически воспринимать источники «воды» и «лоды». Раздел 3 также демонстрирует результаты, полученные на этой модели. Обсуждение полученных результатов изложено в разделе 4. Особое внимание было уделено тому, как связаны между собой проблемы ВД и проблемы «испытательного поведения». В заключение в разделе 5 и в описана дальнейшая работа по этому направлению, включая эксперименты с роботами, многие из которых уже находятся в стадии разработки, а также изложены выводы по данной работе.

2. Теоретические основы

2.1. Поведение. В данной работе поведение рассматривается как совместный продукт совокупности: «агент, среда и наблюдатель». Например, «плавание» требует большего, чем «движение конвейерной лентой» и «погруженность в воду». Оно требует еще знания наблюдателя, который классифицировал бы эти действия как «плавание», потому что другой наблюдатель может классифицировать те же самые взаимодействия как-то иначе (например «подводная лодка»).

2.2. Поведение и исполнение в этологии и у дельфинов. Этология изучает

поведение животных *in situ*¹, поэтому в этологии широко распространено представление о том, что поведение является продуктом непрерывных взаимодействия агента и среды. Это может быть весьма ценным представлением, однако его ценность в этологии ограничена тем, что большинство этологических теорий полагают, что деловые акты поведения имеют внутренне корреляты. Например, Тейбертс (Tinbergen, 1950; см. также Lattin, 1985) предположил одно из первых решений проблемы ВД на основе иерархии «поведенческих центров» охватываемой потоком некой неспецифической «энергии активации». В каждом случае эти «поведения», такие как, например, спячка и т.д., четко рассматривались как эмпирически проявляющиеся внутренние корреляты. Однако, как было показано в предыдущем пункте, поведение является продуктами взаимодействия всей совокупности «среды-агент-наблюдатель», и поэтому компонент поведения со стороны агента (т.е. внутренний) не может быть идентичен самому поведению².

Многие недавно разработанные модели ВД для агентов основаны на тех же базовых принципах и делают упор на разработке внутренних архитектур агентов с механизмом арбитража между внутренними коррелятными деловыми поведением. Например, Тейрелл (Teyrell, 1993) расширяет функциональную архитектуру поведенческих центров Тейбертса, работая над тем, чтобы «победитель получает все», до иерархии «свободного потока» («free-flow»), которая не подчиняется жесткому правилу «победитель получает все» и демонстрирует увеличение эффективности взаимодействия между поведенческими агентами. Однако компонентами в его иерархии все еще являются также деловые поведения, как «поблизости опасности» и «гравитация».

В другом случае Макс (Max, 1991) утверждает что «выбор поведения возникает децентрализованно, путем параллельных двусторонних взаимодействий между поведением и между поведением и средой». И хотя Макс отметил важность взаимодействия агента со средой, она также исходит из предположения, что поведение могут быть частью агентов, а не рассматривает взаимодействие всех трех составляющих совокупности «среды-агент-наблюдатель».

¹ *In situ*, т.е. на месте, в месте происхождения. Прим. ред.

² Конечно, этиология работавшая в полевых условиях, не имеет прямого доступа к внутреннему состоянию животного или организма, и поэтому в прошлом у нас было не много других альтернатив, кроме как принимать животное как комплексное поведенческое существо (McFarland, 5th July, 1973). Тем не менее, этологические теории определены не могут благодаря доступности для сравнения и предположения в сурово-демонстрационных представлениях о функциях поведения.

Поведения, и любой наблюдаемый выбор между поведением должен, таким образом объясняться не на чисто поведенческом уровне, а на более механизменном уровне.

2.3. Перцептивные дезактивации. Как указывает Мэкс (Maxe, 1994), модели ВД в целом «являют обширельскую конкуренцию соотношения между восприятием и действием». Эта ситуация сохраняется, несмотря на явное признание того, что действие и восприятие должны рассматриваться совместно, как части непрерывного цикла «взаимодействий агента со средой» (Vallbo, 1991). Что именно агент воспринимает, как чему «уделяет внимание», от этого, скорее всего, и зависит, какое именно поведение является адекватным. Именно поведение, в которое агент вовлечен, будет являть на то, какие свойства среды являются релеванными для восприятия и внимания (соотношения между ВД и избирательным вниманием обсуждается в разделе 4).

Эмпирические исследования, проводимые в реальной природной среде, вовсе не являются идеальным средством для изучения роли восприятия в управлении поведением. С другой стороны, восприятие анимата, хотя доступно исследованию. Тем не менее, большинство моделей ВД не развиты до удовлетворительного включения в них явлений восприятия. В работе Мэкс (Maxe, 1991) перцептивные переключные сведения до предикторов. Тайрелл (Tuyll, 1993) пишет: «Было решено, что небольшая добавка реализма (за счет разработки восприятия анимата) не стоит тех больших затрат времени которые потребуются на ее реализацию». Действительно, ведь среда модели Тайрелла — дискретный «цветочный» мир. Это сразу же ограничивает какую бы ни было роль восприятия до довольно-таки тривиальной.

В следующей работе отсылается позиция, что роль восприятия крайне существенна в любом объяснении ВД, которые идут дальше предположения о существовании внутреннего арбитража между поведением. Утверждается, что механизменный уровень объяснения должен быть реализован с помощью сенсораторных взаимодействий со средой, которые затем классифицируются наблюдателем в поведении и в «выборе» между поведением.

2.4. Выбор действия путем сенсораторной сложности. В данной статье принимается следующее положение. Управление множеством поведений лучше всего может быть описано в терминах сложности¹ автономных, непрерывно действующих, сенсораторных связей или

¹ Под сложностью здесь понимается сложность действий во времени, сериализации. Прим. ред.

процессов⁶. Выбор действия (и избирательное внимание) является следствием и наблюдаемым интерпретируемым образом проблемы совместности этих процессов.

Ламбринис и Шейер (Lambertini, Scheier, 1995) предлагают следующую тему зрения и описывают эксперимент, в котором наблюдаемый *robot Khepera* добавляется успеха, балансируя между оборотом фитнес, транспортировочной фитнес на «базу» и периодическом посещении «области подзарядки». Этот баланс достигается путем координации между несколькими простую созданными программами для непрерывно действующим сенсорным процессом. Эта работа является значительным шагом вперед и обладает достоинством реалистичности данного подхода и реальном мире.

Настоящая работа имеет следующие особенности, отличающие ее от других работ. Во-первых, среда задачи, хотя и является реальным миром, обладает достаточной гибкостью для исследования нескольких действий в соответствии со списком требований, предъявляемым в ВД (расширяемым в разделе 3). Во-вторых, использование искусственной эволюции для дизайна сенсорных процессом позволяет полностью и явно разделить поведение и механизм, который его реализует. В работе Ламбриниса и Шейера (Lambertini, Scheier, 1995) использовались ручной разработкой программы аппарата требует искусственного развития процесса дизайна (что каждая конкретный процесс должен делать) и комбинация (сочетания, объединение) процессом (как описать эти процессы, чтобы получить сложное поведение). Если эти задачи разделяются, то каждый сенсорный процесс может потенциально расширяться исходя из того, что реальное поведение будет описываться позднее и процессы, реализующие его, называемые «дути-к-старше», «домой» и т.д. Хотя здесь и нет явного арбитра между этими процессами (они все автономны и одновременно активны), все же есть некоторая иерархия между сделанными авторами утверждениями, что поведенческий и механизмовый уровни не должны смешиваться, и этим потенциальным влиянием поведенческих описаний на дизайн нейтральной механизмы. Использование не искусственной эволюции избегает этой проблемы, позволяя дизайну процессом и их комбинации происходить одновременно, не давая возможности провалиться какому бы то ни было плативо-поведенческих описаний на нейтральной механизмы.

⁶ Использование в данной работе различия между «связью» и «процессом» такое «процесс» используется как более общий термин для сенсорного создания, которое может включать промежуточные этапы, а «связь» — название специфического механизма для нашей модели, в которой создание состоит всего из одной параллельной функции (т.е. «связь» и такая функция можно еще переопределить как «связь»). (Прим. перек.)

3. Модель животного

Анимат состоит единственно из множества прямых, автономных, сенсоримоторных связей без вспомогательных связей или «искусственных нейронов». Функции активации связей определяются в процессе искусственной эволюции. Все связи работают постоянно.

Целью этой модели является демонстрация того, как такая минимальная архитектура может отвечать требованиям, обычно предъявляемым к механизму ВД. Для оценки качества модели мы рассмотрели список таких требований, исходя из проанализированной Тайреллом (Tyrrell, 1993) и расширенной Вейнером (Wetzel, 1994) (более обширные варианты этого списка, видимо, несколько противоречивые, можно найти в любой из этих публикаций). Где было возможно, мы пытались проверить тестированием для этих свойств.

Итак, эффективный механизм ВД должен:

- устанавливать приоритеты в поведении в соответствии с текущими потребностями животного; например, направлять его к пище, если он голоден, но не позволять ему попасть в яму по дороге в ложу;
- связывать действия со сложной и/или плавающей последовательностью;
- проявлять оппортунизм; например, остановиться в благоприятном источнике пищи, даже если потребность в воде сильнее;
- балансировать между гибкостью и устойчивостью; например, киваться полностью, потом нагнуться досыта, вместо того чтобы колебаться между водой и пищей;
- прерывать текущее поведение; например, если неожиданно на пути появилась лужа, то анимат должен изменить свой курс, чтобы ее избежать;
- справиться со всеми подзадачами; механизм ВД должен быть эффективным в любых ситуациях;
- предпочитать действия, завершающие поведение, действиям, которые только начинают поведение;
- использовать всю доступную информацию (и внутреннюю и внешнюю);
- работать с сенсорными, выдающими действительные числа, и генерировать такой вывод, который может быть непосредственно использован;
- быть разноразмерным и обучаемым;
- позволять одновременное выполнение «параллельных действий» (например, ходьба и речь).



70У Обозначены сенсоры 3-х типов

Рис. 1. Архитектура анимата: имеется 3 типа сенсоров, каждый сенсор соединен напрямую с колесом на той же стороне. Каждое колесовое соединение на самом деле образуется тремя параллельными задаваемыми связями, так что анимат состоит из 18 параллельных одноименных преобразований сенсорного ввода в моторный вывод

3.1. Анимат и среда. Архитектура этого анимата, нарисованная работницей Брайтенберга (Braitenberg, 1984), показана на рисунке 1. Анимат имеет два колеса, с 3 типами сенсоров, на каждой его стороне по одному сенсору каждого типа (того, такого образом, 6 сенсоров). Каждый сенсор соединен 3 связями с колесом на своей стороне; таким образом, на каждой стороне по 9 связей.

У анимата есть 2 внутренние батареи, и его задача — поддерживать их уровень как можно выше. Эти уровни связаны с постоянной скоростью в течение жизни анимата, а когда оба достигают края, — анимат «умирает».

Связи между сенсорами и моторами просто преобразуют сигнал сенсора (из диапазона от 0 до 100) в выходные сигнал (в диапазоне от -1 до 1) в соответствии с функцией передачи (которая также учитывает уровень заряда батарей; см. раздел 3.2). Выходы связей каждого колеса объединяются; выходные сигналы первых 9 связей суммируются, сумма подвергается сигмоидальному преобразованию, и результат затем масштабируется в диапазон от -10 до 10, что и устанавливает скорость левого колеса. Связи с номерами 10 — 18 аналогичным образом устанавливают скорость правого колеса.

Модельная среда является непрерывной (в пространстве, но не во времени) неограниченной областью, в которой, кроме анимата, могут существовать 3 типа объектов. Каждый объект имеет форму круга с радиусом 16 единиц (анимат имеет радиус 8, и все объекты помещаются только в части среды — в области размером 200 на 200 единиц). Объект первого типа («вода») повышает первую батарею анимата; объект второго типа («лед») повышает вторую батарею; объект третьего типа («лагушка») представляет собой плоский объект и «убивает» анимат при контакте с ним. В среде помещаем по 3 экземпляра объекта типа «вода» и «лед» и 9 лагушек.

Каждый тип сенсора показывает расстояние от аппарата до ближайшего объекта соответствующего типа. Значение сигнала на выходе сенсора лежит в диапазоне от 100 (при контакте с объектом) до 0 (объект находится на расстоянии 200 единиц или дальше). Если объект находится слева от аппарата, то значение на выходе соответствующего левого сенсора будет на 20% выше, чем у правого (и наоборот, если объект находится справа).

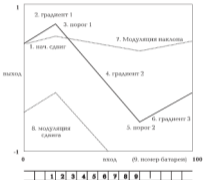


Рис. 2. Схема дублирования сенсора: каждой сенсорной связи требуется 9 ячеек числа для определения всех ее параметров. Первые 6 ячеек числа определяют базовую форму функции активации, преобразующей сенсорный вход в выходной сигнал, последние 3 определяют как эта форма модифицируется уровнем зарядки батарей. Каждая связь может модифицироваться только одной батареей (каждой ячейке — определяется 9-м числом), и уровень зарядки этой батареи влияет как на общий градиент функции (степень влияния определяется 7-м числом), так и на начальный сдвиг (определяется 8-м числом)

В начале каждого испытания объекты и анимат расставляются в среде случайным образом (в области 200 на 200 единиц). Переопределение анимата выполняется путем изменения скорости его колес (если скорости объект устанавливаются в +10, то анимат движется вперед с максимальной скоростью 2.8 единиц в единицу времени). Максимальной (в стартовой) уровень каждой батареи равен 200, причем в единицу времени уровень уменьшается на 1. При контакте анимата с пещерой или водой уровень соответствующей батареи подзаряжается до 200, и соответствующий объект перемещается в другое случайно выбранное место. Контакт с лужей закрывает испытание.

3.2. Схема декодирования сигнала. Каждый генотип состоит из 83 числа числа в диапазоне от 0 до 99, состоящая по 9 чисел для каждой из 9 связей, и по 1 числу для идентификации сигналов левого и правого колес. Ввиду того, что анимат устроен симметрично относительно левой и правой сторон, в генотипе необходимо задать только 9 связей. На рисунке 2 показано, какие образцы 9 чисел задает форму функции активации одной связи. Сдвиг в порог масштабируются левико по нормальному диапазону (целые числа от 0 до 99 в диапазоне от -100 до +100, при котором порог должен следовать за порогом). Прямикты задается путем вычитя значения от результата масштабирования заданного генотипом (целое числа в диапазоне от $-\pi/2$ до $\pi/2$). Пороги сигналов устанавливаются масштабированием в диапазоне от -3.0 до 3.0.

Важные батареи несколько сложнее. Если девятое целое число четное, тогда функция передачи зависит от батареи 1, если нечетное, то от батареи 2. Уровень $(Be(0,200))$ соответствующей батареи может зависеть на два аспекта передаточной функции. Сначала, путем модуляции сдвига $(Oe(-1;1))$:

$$\text{Выход} =^1 \text{Выход} + ((B / Z) * O)$$

И, затем, путем модуляции наклона $(Nc(0;1))$ передаточной функции:

$$\text{Выход} = \text{Выход} + (\text{Выход} * (((B - 100) / 100) * N))$$

Заметим, что не вкладывается никакого ограничения на то, чтобы передаточная функция связи между сенсором объекта определенного типа и мотором колеса зависела бы от батареи того же самого типа.

¹ Это не равенство, а операция присвоения. Она означает, что левую сторону правых части вычисления, которое дано в правой. Сначала вычисляется значение выражения в правой части, а потому левую часть вычисления (приветствие) вычисляется снова той же переменной. Т.е., в данном случае, значение «выход» просто увеличивается на соответствующее значение. Сначала $+$ обозначает деление. (Цифра перем.)

3.3. Генетический алгоритм. Наме использован распределенный генетический алгоритм² с вероятностью кроссовера равной 0.5, и вероятностью мутации бита равной 0.04. Численность популяции — 300 особей. Функция оценки приспособленности особи направлена на поддержание равномерности тех особей, которые имеют более высокой усредненной по времени уровень зарядки батарей. Функция качества вычисляется в каждый момент времени:

$$F = (B_1 + B_2) / 400$$

Такая функция способствует более высокой оценке тех аниматов, которые могут довольно долго (поддерживая уровень хотя бы одной батареи выше 0 и избегая ловушек), исследовать источники энергии и воды как можно чаще, иметь довольно высокую продолжительность жизни, равной 800 единиц времени. Эта оценочная функция некоего утверждает относительно того, что именно анимат должен делать в какой-либо конкретной ситуации³.

Популяция эволюционировала порядка 200 поколений (что заняло около 2 часов рабочего времени персонального компьютера 143MHz Sun SparcStation). Однако результаты, описанные в следующем разделе, получены на лучших особях 430-го поколения.

3.4. Ресурсы. Полученные в результате эволюции аниматы продемонстрировали весьма эффективный ВД. Пример траектории показан на рисунке 3.

Сначала анимат эффективно движется через серию источников энергии и воды. В точке 1, он избегает банальнейшей ловушки, откатываясь назад, и поворачивает направо по направлению к другим источникам энергии и воды. В точке 2 анимат проявляет оппортунизм, исследуя другой источник энергии, несмотря на то, что он только что посетил такой же. Затем он проходит через другие источники воды и энергии до тех пор, пока не испытает максимальную продолжительность жизни, равную 800 единиц времени.

² Генетический алгоритм имеет довольно сложную концепцию и называется в литературе. Последовательно и независимо генерируется новая копия особи популяции. Каждая особь затем оценивается по мере «функции качества» относительно ее приспособленности, — успешности — в текущей среде. Особи с большей оценкой качества дают возможность с большей вероятностью и количеством потомков, чем особи, оцененные ниже. Таким образом порождается от родителей с лучшей приспособленности и мутация. Старый размер популяции не меняется, просто текущее поколение полностью заменяется новым. (Прим. пер.)

³ Именно в виду отсутствия данных алгоритм от алгоритма обучения и учитывается, когда после каждой пробы обученному сообщается правильная оценка — что именно он должен был делать в данной ситуации. Прим. пер.

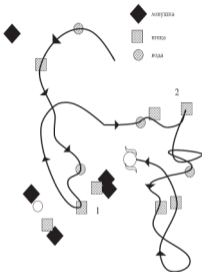


Рис.3. Пример траектории; агент проходит через стену источника воды и водм, избегает ловушек, наблюдая ловушки в точке 1, и демонстрирует ориентированное поведение в точке 2

Возвращаясь к списку поведений к механизму ВД, можно отметить, что приведенный пример демонстрирует «эффективное установление приоритетов» в поведении в соответствии с текущими потребностями». Анимат по большей части направляется к наиболее нужному типу источника, не попадая при этом в ловушку. «Соединение смежных действий в планируемой последовательности» иллюстрируется тем, как анимат меняет свою траекторию при посещении источников, а «умение проявлять оппортунизм» также показано в точке 2.

Следующие тесты доказывают более формально, что развешенные аниматы действительно успешно справляются с требованиями, предъявляемыми к эффективному ВД:

Баланс между гибкостью и устойчивостью. Обычно анимат немного замедляется, если находится на равном расстоянии между двумя источниками, но лишь до тех пор, пока однозначно не встанет на один из путей. На рис. 4 показана ситуация, когда анимат был специально помещен между кластером, состоящим из трех источников пиццы (слева), и кластером из трех источников воды (справа). Уровни обеих батарей были 100. Анимат сначала движется к пицце, собирает все три источника, затем возвращается к воде. Таким образом, анимат при выполнении каждой задачи проявляет устойчивость соответствующей длительности, вместо того чтобы колебаться между кластерами воды и пиццы.

Прерывать текущее поведение при необходимости. Анимат был установлен в точку (0, 0), а источник пиццы — в (100, 0). Уровни обеих батарей были 100. Когда анимат приблизился к пицце и достиг точки (30, 0), неожиданно была поставлена ловушка в (65, 0). На рисунке 5а показано, как анимат меняет свою траекторию, чтобы избежать ловушки, и все же добирается пиццы. На рисунке 5б показано, что анимат движется по прямой при отсутствии ловушки, на рисунках 5в и 5г показаны траектории в моменты перед появлением ловушки и сразу после этого. Видно, что анимат действительно прерывает свое предыдущее движение к пицце, чтобы избежать ловушки.

Кроме того, что прерывание зависит от уровня батарей. Для каждого из 10 значений стартового уровня батарей в диапазоне от 100 до 200, было проведено по 20 испытаний. Рисунок 6 показывает, что при низком заряде батарей анимат не смог избежать ловушки, но с увеличением уровня батарей он избегал ловушки все чаще²⁰. Этот феномен был назван «парadoxом внимания» (пример с аниматом, см. Мэн, 1991); по-видимому в пицце, анимат выдает как «удовольствий мало внимания» ловушкам.

²⁰ Этот тест был особенно труден для анимата, т.к. там было всего один источник пиццы, и этот же, на одной линии с ловушкой. В нормальной ситуации (см. рисунок 3) столкновения с ловушкой были редки, если вообще происходили.



Рис. 4. Баллис между гибкостью и упорством; аккиат собирает все 3 источника шара (слева) перед тем как собрать все три источника воды (справа). Аккиат не «колеблется» между источниками шара и воды.

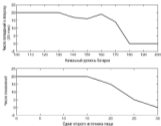


Рис. 5. Парадокс внимания (вверху): аккиат с большой вероятностью упадет в ловушку при низком уровне заряда батареи. Ожесточение (внизу): аккиат отклонится во второй источник шара по пути к источнику воды, но делает это реже, если этот второй источник шара находится дальше от его пути следования.

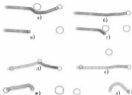


Рис. 6. Тестирование выбора действия: потребление источника обозначено маленькими кружками; а) немедленно появляется ложушка, и анимат прекращает свое движение к пице, чтобы избежать ее; б) когда нет ложушки, анимат доходит к пице прикоснувшись; в) траектория анимата в момент непосредственно перед появлением ложушки... г) ... в сторону после ее появления; д) анимат проходит через первый источник пицы и отклоняется ко второму (по пути к воде), если отклонение не слишком велико; е) если второй источник пицы слишком далеко, анимат продолжает от первого источника пицы прямо до источника воды; ж) анимат стартует между двумя равноудаленными источниками и выбирается в том, который ему требуется больше; з) если «более необходимый источник» слишком далеко, анимат выбирается в другому.

Проверить оппортунизм. В дополнение к примеру оппортунизма показанному на рисунке 3, был проведен следующий эксперимент. Анимат был установлен в $(-100, 0)$, источник пицы в $(-90, 0)$, источник воды в $(30, 0)$. Дополнительный источник пицы устанавливался в $(-20, y)$, причем координата y варьировалась от 0 до 30.

После посещения первого источника пицы анимат сильнее притягивался воде. Однако, если второй источник пицы оказывается по пути, анимат проявляет оппортунизм походя к его (рисунков 6а). Если, однако, второй источник пицы слишком далеко от пути следования, он игнорируется (рисунков 6б).

Для каждого из 8 различных положений второго источника, было проведено по 20 испытаний, и на рисунке 3 видно, что чем дальше этот источник находится от пути следования, тем реже анимат его посещает.

Расстановка приоритетов. Пример траектории, изображенный на рисунке 3, показывает, что в целом анимат всегда направляется к наиболее

необходимому ему источнику. На рисунках *бв* и *бз* это видно более отчетливо, здесь анимат помещен между двумя источниками и размерует переключатель и соединяющей их линии. Уровень одной из его батарей установлен в 130, а другой — в 100. Если источник находится на равном расстоянии от него (рисунки *бв*), он движется к тому, который ему нужен (источник слева). Но если этот источник помещен слишком далеко (рисунки *бз*), то анимат вместо него поспрайт правый источник. Таким образом, анимат устанавливает баланс между привагитом и отпугиванием.

Другие требования. Остальные требования не пригодны для проверки на данной модели, но кратко обсуждаются ниже:

- справиться со всеми выдаваемыми заданиями конкретным подзадат не вышло, кроме, избегая ошибок, с чем анимат справился очень хорошо;

- предпочитать действия, завершающие поведение, действиям, которые только начинают поведение: они не реализованы в модели;

- использовать всю доступную информацию: это действительно имеет место так как все сенсорные связи в определенной степени влияют на моторный выход;

- работать с сенсорами, выдающими действительные числа, и генерировать такой выход, который может быть непосредственно использован: анимат состоит только из сенсорных связей, так что это требование, безусловно, удовлетворяется;

- позволить одновременное выполнение «параллельных действий»: «параллельные действия» не определены в данной модели;

- быть легко расширяемым (возможно через обучение): нет никаких причин, по которым новые типы сенсоров и эффекторов не могли бы быть добавлены (возможно, для осуществления «параллельных действий»), и определено могут быть добавлены «обучающие» связи.

4. Обсуждение

Эта модель демонстрирует, что для эффективного поведения ВД не требуется (при условиях, принятых в данной модели) ничего кроме набора независимых сенсорных связей и учета влияния внутреннего состояния. В этой модели первоочередным является совместное рассмотрение восприятия и действия, и здесь нет механизма арбитража между внутренними представлением поведением.

На рисунке 7 показаны формы функций активности связей, возникающие в результате эволюции. Все связи зависят от уровня одной или другой батареи, даже связи от сенсоров «лазерных». Интересно отметить, что каждый набор

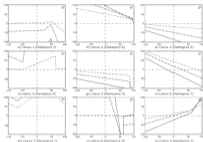


Рис. 7. Обретенные в результате эволюции активационные функции: связи 1—3 соединяют сенсоры «птицы» с мышсом, связи 4—6 для сенсоров «воды», а связи 7—9 для сенсоров «лоушки». Все оси масштабированы в диапазоне от -100 до 100 (вход отложен по оси x , выход — по оси y). Три линии на каждом графике представляют функции активации при уровнях батареи 200, 100 и 0, а номер плавающей батареи дан в скобках. Все эти связи постоянно активны. Каждый набор из трех связей зависит от обеих батарей, а содержит смысл необязательно и терминирован выходом

из трех связей зависит от обеих батарей. Симметричная «птичья» связь зависит не только от потребности в пище, но также и от потребности в воде. То же самое касается и «водная» сенсораторная связь. Это приводит к мысли об отсутствии какого-либо простого объяснения поведения «добыть пищу», «добыть воду» и «обезопасить лоушку» на количество связей.

Действительно, нет причин ожидать, чтобы это было так. Благодаря методологии искусственной эволюции не делается различия между «динамичной связью» и «компонентной связью», поэтому внутреннему механизму не требуется иметь отношения к той стратегии динайма, которая является благоприятной с точки зрения наблюдателя.

Эта работа, таким образом, поддерживает позицию, в соответствии с которой, выбор действия не только не зависит от внутреннего арбитра,

но и не зависит также от того, бы то ни было внутренне представляли целостные поведенцы. Это дает четкие основы и для анализа и для последующих действий теории «выбора действия», представляющие внутренне представляемые поведенцы, не являясь единственно возможными (и, как показано в разделе 2, действительно испытывают некоторые концептуальные трудности). Альтернативные перспективы, поддерживающие различие между поведением и механизмом, а также неразделимость восприятия и действия, являются вполне жизнеспособными и более предпочтительными. Связь между сложностью сенсорных процессов, наблюдаемых поведенцы и поведенческими «выборами» является задачей дальнейшего исследования по аниматам.

Интересно также отметить, что в целом поведение анимата может быть легко описано как с помощью избирательного внимания, так и с помощью В.Д. Каветца что анимат «уделяет внимание» разным деталям среды в разное время, и действительно, теория «пирамиды внимания», данной феномену в разделе 3.4, видимо только признает, что эти две проблемы неразличимы. Конечно, в данном случае эти две проблемы с необходимостью являются идентичными, так как наличие только выбора прямым сенсорными связью предопределяет какую бы то ни было возможность разделения восприятия и действия. Все это заслуживает внимания ввиду того, что значительное число работ по когнитивным наукам все еще рассматривает избирательное внимание как некое «яркое пятно», представляющее быть посредником между внешней средой и внутренней моделью мира, и при этом недостаточное внимание уделяется роли действия (см. например (Treisman, Gelade, 1980))¹¹.

3. Дальнейшая работа

Теперь предстоит рассмотреть эту методологию на реальных ситуациях и реальных роботах, используя те сенсоры, которые не могут селективно выделять только одно расстояние до объектов заданного типа. Опять будет использоваться искусственная экология для формирования внутреннего механизма робота ввиду того, что как только роботы и требования задачи

¹¹ Этот аргумент в принципе не оспаривает того факта работ. Однако, существует целостность между сенсорным аппаратом рассуждающего здесь анимата и внешней мирой предметов, так что сенсоры и воспринимаемая информация имеют общий язык и язык мышления мышления воспринимающих. Удивительно, что здесь утверждается, но то, что исследования избирательного внимания, в какой бы области ни бы было, только выстраивает от более объективного рассуждения роль действия.

существенно усложняются, действительная природа условно работающих сенсомоторных процессов приобретает значительный интерес для понимания взаимосвязи между действием и механизмом. Изучение этого вопроса затрудняется, если сенсомоторные процессы будут разрабатываться вручную.

6. Заключение

В данной работе продемонстрировано, что полный спектр феноменов выбора действия может быть реализован минимальной внутренней архитектурой, не использующей как явного механизма арбитража между внутренне представленными поведением, так и ручного конструирования сенсомоторных процессов. Модель была разработана именно для установления этого теоретического положения, и не выдвигается как «лучший» способ управления поведением автономных агентов, хотя и работает более чем адекватно в своем контексте.

Новая методология порождения формы каждой функции активации икодерными путями позволяет разрабатывать каждую сенсомоторную связь параллельно с когнитивной всей процессом в общем согласованное поведение. Это позволяет избежать возможных помех в поведенческих описаний на внутреннюю архитектуру, которые могут возникнуть при разработке внутренней архитектуры вручную, когда задачи делятся процессом и их компоненты рассматриваются раздельно. И потому становится возможным исследование соотношения между поведением и механизмом.

Показано что поведение выбора действия возникает из слаженности автономных, прямых, постоянно работающих сенсомоторных связей. Обсуждается также, что как термин «выбор действия» вводит в заблуждение из-за недоучета восприятия, так и термин «избирательное внимание» вводит в заблуждение из-за недоучета действия.

Работа была выполнена при финансовой поддержке EP-SRC проект № 963087002.

Перевод А.К. Крылова

Литература

- Badler D. (1991). Animate vision // *Artificial Intelligence*, 48:57–86.
Braitenberg V. (1984). *Vehicles: experiments in synthetic psychology*. — MIT Press.
Lansdown D., Scheier C. (1995). Extended braitenberg architectures // *Technical Report AI Lab no. 95-10*. — Computer Science Dept., University of Zurich.
Loewen K. (1985). *Foundations of ethology*. Springer-Verlag.

- Maes P. (1991). A bottom-up mechanism for behaviour-selection in an artificial creature // Meyer J. and Wilson S. (Ed.) Proceedings of the first international conference on simulation of adaptive behaviour.
- Maes P. (1994). Modelling adaptive autonomous agents // *Artificial Life*, 1:135–162.
- McFarland D., Sibly R. (1975). The behavioural final common path. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London // B. Biological Sciences*, 270(907):265–293.
- Scheier C., Pfeifer R. (1995). Classification as sensory-motor coordination. In *Advances in Artificial Life: Proc. 3rd european conference on artificial life*, P. 656–667.
- Steeb J. (1994). A case study in the behaviour-oriented design of autonomous agents // Cliff D., Husbands P., Meyer J., Wilson S. (Ed.) Proceedings of the 3rd International Conference on Simulation of Adaptive Behaviour. P. 445–452. MIT Press.
- Tinbergen N. (1950). The hierarchical organisation of nervous mechanisms underlying instinctive behaviour // *Symposium for the society for experimental biology*, 4 (305–312).
- Treisman A., Gelade G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12:97–136.
- Tyrell T. (1993). Computational mechanisms for action selection. – PhD thesis, University of Edinburgh.
- Werner G. (1994). Using second order neural connections for motivation of behavioural choice // Cliff, D., Husbands, P., Meyer, J., and Wilson, S. (Ed.) Proceedings of the 3rd International Conference on Simulation of Adaptive // Behaviour. P. 154–164. MIT Press.



Владим Сулис — профессор факультета психиатрии, факультета психологии и факультета интеллектуальных наук Мак-Мастерского Университета (Памптон, Канада), доктор наук в области математики и психиатрии. Разрабатывает формальные модели для описания динамики сложных систем, специализируется в области искусственного интеллекта и моделирования в многомерных средах. Дважды избирался президентом Международного общества теории хаоса и популяризации и начал с жизни (1996–1998). Руководитель клуба математического моделирования и психологии, член редакционной коллегии журнала «*Nonlinear Dynamics, Psychology & Life Sciences*». Автор многочисленных статей.

В. Сулис

ЭФФЕКТ ИНДУЦИРОВАННОЙ ГЛОБАЛЬНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ОТВЕТОВ (TG-RS) ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ СТИМУЛОВ

Введение

Одной из серьезных проблем психологии и нейронауки является выделение механизмов, с помощью которых устанавливается соответствие между средой и организмом. Simple-простое решение было предложено в виде рефлекторной дуги, то есть более или менее направленного соединения между стимулом и поведением. Эта простая модель быстро была модифицирована сторонниками бихевиоризма: простое рефлекторное соединение было вынесено более сложной цепочкой промежуточных соединений. При изменении числа и эффективности этих соединений могут генерироваться сложные поведенческие ответы. Поскольку бихевиористские объяснения все более и более становились непригодными, эта модель, в конечном счете, уступила место когнитивистской, в которой промежуточной звеном была уже не физическая связь, но абстрактный реляционный объект, называемый репрезентацией.

Несмотря на большее количество когнитивистских объяснений, идея о приоритете репрезентаций испытывает недостаток в нейрофизиологических основах. Совершенно непонятно, что именно составляет ментальную

репрезентации, как эта репрезентация вырабатывается и используется мозгом. Кроме того, хотя понятие репрезентации и показало себя плодотворным в изучении различных аспектов человеческого поведения, оно оказалось далеко не адекватным в отношении аспектов поведения, связанных с управлением, адаптацией в среде и использованием физических навыков, а также многих аспектов восприятия. Когнитивизм утверждает, что поведение генерируется внутренне, через внутреннюю манипуляцию ментальными репрезентациями. Высший стимул активизирует совокупность репрезентаций, которые подталкиваются затем внутренним преобразованием, конечным результатом чего является, согласно когнитивной теории, некоторое поведенческое действие. Эти преобразования могут начинаться абстрактно, независимо от организма, который их поддерживает, таким образом, когнитивизм вышла в жизни дело — область исследования — область Искусственного Интеллекта (Розин, 1989).

В последние годы все большее внимание стало уделяться изучению искусственного интеллекта и поведения, основанному на производимых умениях или навыках. Это создало новую парадигму — распределенного познания. Стало очевидно, что многие когнитивные процессы, присутствующие в животном, зависят коренным образом от физических характеристик тела животного и характеристик среды (Rothbar, Asady-Merzi, 1995). Познание уже не может рассматриваться исключительно как проявление некоторого внутреннего абстрактного царства репрезентаций, не зависящего от тела, в котором они «живут», и не зависящего от среды. Среди при этом рассматривается как нейтральный компонент познания животного. Хотя исторически доказывает правильность этого подхода, такое представление познания ставит существенные вопросы о характере мышления и восприятия. В то время как когнитивизм представляет познание в виде алгоритма, оперирующего ментальными репрезентациями, остается открытой проблема осмысления «распределенности» памяти и мышления.

Цель этой статьи, связанная с этой проблемой, сосредоточена на одной специфической особенности репрезентаций, а именно на проблеме их стабильности.

Нейронные коды

Ранние теории нейрофизиологических основ ментальных репрезентаций искали соответствия между активностью отдельных клеток и объектами среды или событиями. Эта гипотеза «клетки-объекты»¹ была быстро

¹ То есть согласно прямому соответствию, можно найти определенный нейрон, кодирующий представление о какой-либо вещи (Принс, перек. — Н.Т.).

отброшена и заменена идеей ансамбля взаимодействующих кластков, и обобщения этой идеи соотносятся с новыми (Aertsen, Arino, 1993; Eckhorn, 1988; Gray et al., 1992; Pfeiffer, 1986; Varela et al., 1995). Ансамбль кластков, как предполагается, отражает информацию в паттернах своей активности, а отдельные кластков при этом могут участвовать во многих других ансамблях кластков. Кластерные ансамбли — динамические объекты, которые передают информацию другим ансамблям по многочисленным межнейронным связям.

Поскольку нейроны чрезвычайно ограничены в своем поведенческом репертуаре, склонились обычно к генерации спайков, и поскольку они обладают множественными афферентными и центростремительными соединениями, предполагается, что информационное содержание нейронной активности паразитно в паттернах генерируемых спайковых разрядов. Различные спайковые паттерны соответствуют различным «соединениям» от одного нейрона другому. Это представление о паттернах было порождено открытием нейронов, имеющих скорость и частоту спайков, выборочно настроенных на специфические способности стимулов, например, стимулов с разной звуковой частотой (Pfeiffer, 1986) или в случае зрительной системы разной ориентации линии или направления движения (Hubel, Wiesel, 1968). Нейрофизиологической основой психической представимости информации, таким образом, стало служить кодирование информации в спайковых разрядах нейронов.

Кодирование посредством спайковой активности тоже всего не объясняет. Шедден и Ньюком (Shadlen, Newsome, 1994) получили 210 единиц активности одиночного коркового нейрона в экстрастриктальной зрительной коре мышки в ответ на повторение одного и того же образа, составленного из динамически произвольных точек. Возникающая в результате диаграмма показала систематическое изменение ответного паттерна. Хотя частота разрядов в единицу времени колебалась в надежном диапазоне 80–100 гц, фактической паттерны спайков, сгенерированных в разных запусках, показывала очень большое разнообразие. Кроме того, время появления отдельных спайков оказалось совершенно случайным (Geisler, Mandelkow, 1964). Единственным надежным компонентом ответа по отношению к стимулу была скорость появления первых спайков.

Кодирование скоростью имеет своим парадоксом, чтобы показать какие-то определенные выходы. Нам, разумеется, хочется иметь точный временной код для представления информации с помощью отдельных спайков. Такая интерпретация встречается серьезное возражение, если только не рассматривать очевидный путь в спайковых пакетах отдельных нейронов как часть информации, которую они несут. Это привело к альтернативному

предположительно, согласно которому каждый отдельный спайковый пикет возникает не в результате произвольного изменения, но в результате сложного взаимодействия между активностью отдельного нейрона и другими нейронами системы. Основная динамика, как предполагается, характеризуется детерминированным хаосом, и изменение в спайковом вылете является результатом как тонких изменений в начальных условиях, так и параллельности процессов в течение представления стимула (Maimon, Sejnowski, 1995). К сожалению, для того чтобы придерживаться этой точки зрения, необходимо предположить, что обработка информации происходит на уровне дендритов и требует особых свойств дендритной мембраны, которая экспериментально не подтверждается (Sohky, Koch, 1993; Sohky, 1994).

Проблема стабильности

Чтобы рассматривать нейронный код независимо от его происхождения в качестве механизма кодирования информации, он должен отвечать определенным условиям при использовании его в биологических нейронных системах. Такое кодирование должно быть устойчиво против синхронизации шума и случайных нейронных разрядов. Синхронизация — достаточно «грубая» процесс. Надежность синхронизации передается варьирует и зависит от таких факторов, как LTP (Long-Term Potentiation — долгосрочное потенцирование) и LTD (Long-Term Depression — долгосрочное расслабление в рецепторах нейронов) и квантование выхода нейромедиатора при передаче (Stevens, Wang, 1994). Ответ postsynaptic мембраны, вызванный однократным квантом нейромедиатора, может измениться в 40 раз (Mason et al., 1991). Нейрон может умереть, однако это оказывает незначительное воздействие на поведенческом уровне до тех пор, пока такая потеря нейронов не будет следствием старения или болезни.

Логично думать, что должно существовать устойчивое соответствие между кодированным стимулом и самим стимулом. Случай с кодированием скорости и частотой больше этому, но при временном искажении сигнала «собирает» стимулы, включая всю внешнюю и внутреннюю среду организма, а не только стимул, предложенный экспериментатором. Должно быть уделено внимание тому, как нейронные системы, особенно «далеко по времени», могут читать или интерпретировать информацию, закодированную нейронами первичных сенсорных областей. Кроме того, мы также должны помнить, как предвоструктурированное кодирование сохраняется в шуме и становится доступным в ходе последующего научения. Функциональные перестройки могут происходить даже без научения. Исследования

гастрического ганглия омары показала, что динамические свойства ганглия меняются в зависимости от температуры в нейрофизиологической и нейроэкологической среде. Это проявляется в различных нейрофизиологических свойствах компонентов нейрона и в радикально различных паттернах активации нейронного ансамбля в целом. Таким образом, ответ нейроном может зависеть не только от внешней, но также и от внутренней среды.

Даже если внутренняя среда является относительно устойчивой, нейронные ответы демонстрируют значительную метастабильность. Существуют нейронные кластеры «местовитальности», которые были обнаружены в области CA1 гиппокампуса крысы (O'Keefe, Donintowky, 1971); они демонстрируют настройку частоты своих разрядов в ответ на помещенные животного в сферическую физическую среду, в которой оно обитает. Используя координатные антропы, Макнайттон с коллегами (McNaughton et al., 1996) зависимость отставке паттерны нейрона активного животного в течение нескольких дней. Юнг и Макнайттон (Jung, McNaughton, 1993) наблюдали эффект вращения нейронных полей, поддерживая местоположение относительно предварительно устойчивой ориентации при поведении животного в радиальном лабиринте. Кларк (Clark et al., 1990) отметил, что в течение крысы никогда демонстрировали новое распределение таких полей «места», совершенно отличающееся от наблюдавшегося в течение предыдущих сеансов в той же самой, но освещаемой среде. Это новое распределение часто совпадало даже после того, как было включено освещение.

Бостон (Bostock et al., 1991) изучал процессы обучения крыс в трехмерной среде, в которой использовались индикаторы-подкладки, чтобы разбить пространственную симметрию. Когда крыс эти указатели меняли с белыми на черные, происходили ротации нейронных полей «места» в случайном направлении относительно первого испытания, и затем они полностью отличались при последующих испытаниях. Еще более интересным результатом показала интерпретация над животными, которые были одной неделей обучили проходить спиральной маршруту. Затем эти животные были помещены в знакомую им среду, затем — в течение 1 часа — в новую среду, и затем возвращены в первоначальной исследовательской среде. Во многих случаях нейронные поля «места» после такого возврата были полностью перестроены (McNaughton et al., 1996).

Таким образом, даже если случайный пикет отдельного нейрона может быть популя как процесс подорожания информации (через частоту или знак с помощью некоторого другого представительства), которым эта система манипулирует, невозможно предсказать, чтобы информация обрабатывалась

такие коды без знания о непосредственном прошлом и контексте, в котором животное находится в настоящий момент. Нельзя, таким образом система дальнейшей обработки информации получает информацию о том, какое значение приписать выходящему сигналу от такого нейрона. Хотя недостаток нейроморфологических дополняемость, считается, что метастабильность системы клеток гиппокампуса, кодирующая место, распространяется также и на другие корковые системы, включая память. В этом случае, память непосредственно должна представлять метастабильной, зависимой от контекста процесс. То, что мы помним, не сохраняется в инвариантной форме, но создается при воспоминании с учетом места и данного стереотипического контекста. Таким, вероятно, природа автобиографической памяти (Neider, 1987). Это в свою очередь делает серьезный вызов тем моделям памяти, которые рассматривают представления, содержащиеся в памяти, как некоторую статическую собственность системы.

Только на уровне целостного контекста взаимодействия «окружающая среда – животное» события приобретает значение и могут быть закодированы в нейронной активности. При этом такое нейронное кодирование не так уж обязательно. Любой нейронный процесс, который облегчает адаптивную связь между животным и средой, гарантирует использование этого контекста, и тем самым некоторое «прородукто-вычисление» адаптивности независимо от режима реализации. Представления такого рода ведут к позитиве вычислительной компетентности.

В нескольких статьях (Saha, 1993a; Saha, 1993b) и подчеркивал, что, для того, чтобы познать характер вычислений в сложившихся адаптивных динамических системах типа мозга, необходимо в первую очередь различить вычислительную компетентность и собственно выполнение вычисления. Вычислительное «выполнение» – это преимущественно операции, выполняемые по заданному алгоритму, то, чем занимается моделирование, развивающийся в последнее время. Вычислительная компетентность относится к способности или возможности системы выполнять необходимое вычисление в условиях, когда не определен строгий алгоритм и система должна сама найти средства, как решить задачу, какой алгоритм выбрать. Тем самым вычислительное «выполнение» (performance) представляет на практике лишь часть вычислительной компетентности.

При этом необходимо определять заранее контекст среды, в которой должно происходить вычисление, специфические особенности среды, которую наблюдатель будет контролировать, включать в анализ данные о начальном поведении и о продолжительности выполнения задачи. Поскольку невозможно полностью определить рамки среды и ее влияния

и поскольку человек когнитивно не воспроизводит точно одну и ту же последовательную последовательность, необходимо заранее предопределить ограничения, в которых расширяется среда и животное, анализируемые выборы действий и их продолжительность.

Вычислительная когнитивность — это форма локальной стабильности ответа. Набор начальных условий, при которых ответ до определенной степени является устойчивым, соответствует определенному когнитивному набору. Поиск вычислительной когнитивности, таким образом, основан, по крайней мере, на локальной стабильности ответов на данный стимул. Рассматривать свойства стабильности сложных систем мы должны при неавтономных, а также недетерминированных и вероятностных условиях.

Исследования TIGoRS

Когда стимул, поступающий динамическую систему, приводит множество ответов, замыкаясь в пространстве паттернов, возникает эффект индуцированной глобальной синхронизации ответов при переходе (механизм состояния) — TIGoRS (Transition Induced Global Response Synchronization).

Рассмотрим случай, когда язык переходов от состояния к состоянию системы поддается измерению, то есть имеет подходящую метрику ρ . Чтобы избежать ошибочного представления эффекта TIGoRS простому статистическому совпадению, мы говорим, что стимул s вызывает TIGoRS, если, для двух любых данных начальных «историй» (последовательностей состояний) Ψ, Ψ' , следует, что $\rho(\Psi_s, \Psi'_s) < 1/2 \rho(\text{rand}(\Psi_s), \text{rand}(\Psi'_s))$, где $\text{rand}(\Psi_s)$ и $\text{rand}(\Psi'_s)$ — случайно генерируемые паттерны той же самой нормы как и Ψ, Ψ' . TIGoRS были обнаружены в ряде моделей сложных систем, включая регулируемые нейронные сети (Sala, 1992), двоичные решетки (Sala, 1993b) и клеточные автоматы (Sala, 1993a).

Например, при моделировании используется гомогенный, локальный клеточный автомат с двумя состоящими клетка, тремя соседями для каждой клетки. Такой автомат реализует установленные случайные паттерны, используя TIGoRS как функцию, зависящую от введенного воздействия и от класса симметричного автомата, получаются код. Класс симметричных, к которому относится автомат, отражает симметрично, доминирующую в автономных паттернах, производимых автоматом. Разбивая на такие классы автоматов, как однородные, левые, правые, сложные и частичные автоматы, полученное в ходе этой работы, отличается от классической схемы классификации, предлагаемой Вольфрамом.

Некоторые результаты изучения эффекта TIGoRS в клеточных автоматах типа «коктейль-вечеринка» («cocktailparty automaton»)

представлены в таблице 1. Эта модель – адаптивный клеточный автомат, в котором можно наблюдать степень адаптивности ответа, необходимость и асинхронность (Sala, 1995b). Каждой клетке присваивается состояние и правило. Изменение состояния клеток может выполняться как синхронно для всех сразу, так и по фиксированной асинхронной схеме или по стохастической асинхронной схеме. Состояние клетки сначала фиксируется, затем к ней подается некоторый вход в соответствии с какой-нибудь входной моделью. Правило клетки при этом может измениться или может оказаться фиксированным в соответствии с адаптивной схемой. Когда состояние клетки меняется, производится сравнение между состоянием клетки и состоянием всех других клеток, расположенных в ближайшем окружении. Рассчитывается разница между числом клеток, состояние которых совпадает с состоянием нашей клетки, и числом клеток, отличающихся от нее, и клетка модифицирует свое предыдущее состояние на противоположное, если эта разница достигает заранее заданного, индивидуального фиксированного порога. Затем цикл повторяется.

Каждый вход в принимающий автомат представлял собой комплексный пространственно-временной паттерн, проходящий с помощью второго автомата, имеющего идентичную структуру с принимающим. Устанавливалось соответствие между входными «информационно» и принимающими клетками. Входной паттерн, таким образом, состоял из массива определенных полей, индексированных по клеткам и по времени. В момент t принимающего автомата клетка i за клеткой записывался паттерн, соответствующий моменту t , и далее он применялся в соответствии с входной моделью к соответствующей клетке принимающего автомата.

На расстоянии n входов транслировался в виде паттерна вывод из входного автомата. Он подавался принимающему автомату следующим образом: получал паттерн, как и раньше. Клетки с данным паттерном, попадавшие на принимающую часть, вновь случайно (на этот раз на 10%) перемещались. В этот раз клетки паттерна и соответствующая принимающая клетка меняли состояние таким образом, чтобы походить на клетку паттерна. Представлялись стимулы менажера в разных испытаниях, формируя случайное распределение первоначального ввода. Автомат был испытан на способность считать свой ответ с подгоняется паттерном и формировать ответный паттерн. Это создавало средство для расстояния паттернов при помощи выбора определителя расстояния (рисунк 1).

Таблица 1 показывает результаты трех испытаний, выходя состоящее из 100 выстрелов, производящих стимулирование отдельного автономного, асинхронного адаптивного автомата «cocktail party», использующего расстояний режим. Стимулам варьировались между испытаниями.

Таблица 1. Результаты трех испытаний. Каждая строка указывает распределение случаев с разной степенью эффекта синхронизации между разными автоматами. Целые числа указывают среднее значение расстояния Хэмминга между паттернами, числа в скобках показывают дисперсию этой величины.

Хэмминговое расстояние (%)	Сильный эффект TRC ₀ FS	Слабый эффект	Полно-случайный эффект	Отсутствует
Между шаблоном ответа и реальным ответом	4(1,4)	31 (3,7)	18 (2,3)	48 (0,9)
Между входом и ответом на него	3 (1,2)	28 (2,0)	21 (4,2)	44 (4,7)
Каждая пара ответов	4 (2,1)	31 (5,5)	16 (3,9)	47 (5,1)
Пара со случайными паттернами	39 (6,0)	49 (3,0)	17 (4,4)	49 (4,9)

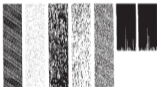


Рис. 1. Пример того, как разные автоматы приходят к единому ответу. Первая колонка – входной паттерн для автоматов с разными увеличениями; 2-я колонка – изображения случайно фрагменты паттерна, которые снабжаются привходящему автомату; 3-я – вывод (ответ) одного автомата на некотором шаге; 4-я – разница между выводом одного (колонкой 3) и коллегой-то другого автомата; 5-я – разница между колонкой 3 (ответом автомата) и заданным паттерном. Заметно сходство паттернов. 6-я и 7-я колонки – конечная конфигурация правка для одного и другого автоматов

Представим основные расстояния Хемминга² между шаблоном ответа и реальным ответом, между входом и ответом на него, между каждой отдельной парой откликов и между каждой отдельной парой случайно генерируемых суррогатных паттернов, выходя из распределения, идентичное с оригинальным.

Особую подробию были изучены следующие два режима «выхода»: режим заключения, при котором от автомата, подающего паттерн, выбираются в случайном порядке лишь отдельные клеточки, с которыми и устанавливает соответствие принимающий автомат. Клетка принимающего автомата, соответствующая отобранной клетке входного паттерна, меняет состояние в соответствии с клеткой паттерна только при условии, что значение паттерна было 1. Подаваемые стимулы менялись, таким образом, в рамках испытаний, составляли случайную выборку входных паттернов. Сходство ответов при разных начальных стимулах — фрагментал основного паттерна — в этих условиях отражало способность автомата отвечать на полную структуру паттерна и делать заключение, вывод о полном паттерне из случайно вострещенных выборок. Отметим, что в этом случае автомат передавал от одного состояния другому только «показательную» информацию (изменялся только при условии значения паттерна 1), режим распознавания, при котором происходила также выборка отдельных клеток из подающего паттерна автомата, но изменение состояния принимающих клеток производилось в полном соответствии паттерну клеток, независимо от значения (а не только равенства значения 1, как в предыдущем случае). Подаваемые стимулы также изменялись, составляли случайную выборку. Отредактилась способность автомата опознавать паттерн путем его заполнения (рестартажи).

Работе им (*Sala, 1995*) показал, что лучше всего эффект ТКGR проявляется в режиме распознавания, когда автомат полностью адаптивен и асинхронен. Таким образом, максимально ТКGRS проявляется при тех же условиях, которые наблюдаются в жизни нейронной системы. Паттерны, генерирующие самую большую глобальную синхронизацию, были либо совершенно однородными, либо паттернами с траекторией «фиксированной точки», совершенно отличавшей от автономных паттернов, которые обычно достигают состояния, и отличавшаяся от гомогенных областей со-случайным шумом. Введение фиксированных элементов не привносит большого эффекта, если нет спонтанной синхронизации при изменении состояния автомата. В целом

² Расстояние Хемминга измеряет степень различия между двумя объектами. Для того, чтобы можно было говорить о сходстве объектов, необходимо, чтобы это расстояние было мало (значит B предельно) (Пина, перек. — И.Т.)

Таблица 2. Вид паттерна. TIGoRS в режиме замалчивания

Правило	0	1	2	3	4	5	6	7
0	60/60	66/0	40/0	07/0	30/0	40/0	60/0	40/0
1	0/10	10/20	10/0	10/0	20/0	20/0	10/0	10/0
2	10/0	10/0	10/0	10/0	20/0	10/0	10/0	10/0
3	40/70	0/10	10/0	0/0	10/0	20/0	0/0	10/0
4	10/10	0/0	0/0	10/0	0/0	20/0	10/0	20/0
5	0/10	20/0	10/0	0/0	20/0	30/0	20/0	20/0
6	0/10	0/0	10/0	10/0	20/0	30/0	10/0	10/0
7	0/0	0/0	0/0	0/0	20/0	20/0	0/0	10/0

случае только 25% информации позволяет автомату распознавать паттерны из того же самого класса симметричн, как паттерны со всеми фиксированными элементами. Такое распознавание редко достигается, если нет фиксированного входного паттерна. Кроме того, конфигурация правил в решетке изменялась на каждом шаге и отключалась в каждом захвате, но при этом возмущающие в результате паттерном пространственно-временных состояний оставались близкими, согласно показателю расстояния Хэмминга. Тем самым не было связи между правилом и состоянием: на уровне состояния наблюдалось устойчивое поведение, несмотря на непостоянное поведение на уровне правила. Мы использовали механизм для поиска паттернов, который порождался на глобальном уровне, как «уровне пингви», вместо локального уровня состояний отдельных клеток, как «нейрофизиологического» уровня.

TIGoRS как код

Хотя предыдущие последование показало существование глобально устойчивых паттернов стекла, предыдущего автомата типа «нейрофизиологический» на определенном этапе, использование режима распознавания при входе степеней сильно ограничивало проверку надежности модели. В существующей нейронной системе сенсорное устройство полностью отвечает на возбуждение так, чтобы входы в систему соответствовали исключительно активации, а не торможению. Таким образом, режим «связочных выходов» обеспечивает наличие

более строгие условия проверки модели. Кроме того, при решении распознавания было показано, можно ли получить дифференцируемый TCoRS, так как все ответы до этого кластеризовались вокруг одного базового паттерна. Ясно, что нейронный код, как система представлений, основанная исключительно на изображении реальных внешних объектов, не существует внутри мозга. Хотя исследование режима распознавания показало наличие непредставительной, развивающейся контекстно-зависимой ассоциативной памяти, оно не дало убедительных доказательств того, что TCoRS мог бы поддерживаться механизмом нейронного кодирования.

Мы провели еще одно исследование с использованием автомата типа «коктейль» с режимом замещения. Были рассмотрены всевозможные паттерны, формирующие континуум уменьшающейся симметрии. Клетки могли принимать одно из двух состояний, имели трех соседей, а число правил изменения состояний принимало значения в разных запусках: 96, 140, 123, 24, 26, 106, 22, и 45, а также специальный запуск, начинавшийся с однородного паттерна, через последовательный стимул и состояние типа фиксированной точки. Один и те же правила были использованы для отбора неподходящих клеток, чтобы придать ответам разнообразие.

Автомат «коктейль-ветеринар» был проверен на моделях с отбором 0%, 50% и 100% клеток в случае остатка 10% входной информации и степени синхронизации 0%, 50%, и 100%. Для каждой комбинации отбора и паттерна было проведено 10 запусков, и было вычислено среднее значение Хэммингского расстояния между входными паттернами и ответами на них. Таблица 2 показывает процент запусков, в которых среднее Хэммингское расстояние было меньше 15 (приведены значения сравнения пар «отклик—отклик» / «паттерн—отклик»), указывающей на наличие эффекта глобальной синхронизации.

Хотя это и не так очевидно, как в режиме распознавания, но автомат показывает эффект TCoRS и в другом режиме, причем в отношении намного более широкого диапазона паттернов. Самые большие различия ответов происходят при асинхронном изменении состояний. Удивительно, что введение фиксированных элементов уменьшает проявление эффекта глобальной синхронизации.

Если можно представить TCoRS как поддерживающий механизм, то можно ввести и некоторую вариабельность в ответы, генерируемые системой. В автомате «коктейль-ветеринар» были отобраны фиксированные правила, и затем выигнутое моделирование было повторено. После нескольких запусков сравнивались результаты между автоматами, использующими различные правила отбора и условия синхронизации. Отбор правил производился на 50%. Таблица 2 показывает число запусков (максимум 64), в которых

Таблица 3. Вид паттерна, запуска автомата для сравнения разных ответов

Прямые	0	1	2	3	4	5	6	7
0	34	61	36	61	61	63	62	62
1	64	64	50	63	60	56	61	57
2	64	64	56	64	64	60	63	63
3	60	64	59	63	62	60	64	62
4	64	64	60	64	63	62	63	63
5	64	64	38	63	64	63	63	63
6	64	64	60	64	62	61	64	62
7	64	64	60	64	62	64	64	64

Хаммингское расстояние между двумя ответами было больше 15, что указывает на отсутствие эффекта TIGoRS.

Таблица 3 показывает, что фактически по всем запускам имели место несоответствие ответа и входного паттерна, что указывает на то, что отбор фиксированным элементом производит разные ответы, вызванные внешним стимулом при режиме заключения. Это как раз то, что мы хотели бы продемонстрировать, если рассматривать TIGoRS как основу кодировочного процесса в нейронах. К сожалению, появление эффекта TIGoRS при отборе в 50% было относительно нечастым.

Выводы

Эффект TIGoRS обеспечивает механизм передачи информации, который является не только инвариантным свойством агентов, формирующих систему, но и динамическим откликом в который определяется при помощи динамического взаимодействия между контекстом активности и системой. Здесь нет никакой закодированной информации, нет фиксированного декодирования. Вместо этого ответ динамически конструируется путем взаимодействия со средой в рамках, которые она задает. В качестве результата система может отображать четкую информацию, полученную

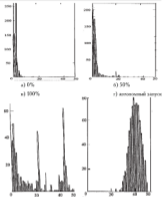


Рис. 2. По оси ординат отложено Хаммингово расстояние, по оси абсцисс — число паттернов (общее число паттернов достигало 500)

на время для того, чтобы сконструировать свой ответ, а не запастись необходимой информацией внутри своей собственной структуры. Конечно, никакой стабильной структуры не существует внутри автомата. Более того, некоторое хранилище информации может быть кондентуализировано в терминах распределения вероятности откликов.

Это продемонстрировано на рисунке 2, который показывает реальное распределение расстояний Хамминга между входящими паттернами и ответом для трех различных асинхронных уровней так же как для автономной стимуляции. Оказалось не является единственным определенным пространственно-временным паттерном, как можно было бы ожидать в схеме временного кодирования. Но это и не простое однократное кодирование.

Вместо этого мы получаем достаточно детальное распределение вероятности внутри большого пространства ответных паттернов. Поддерживающее множество для этих распределений вероятностей принимает форму динамического представления.

Автомат «копейки-печерника» также является ограничим, чтобы служить моделью процессов мышания, происходящих в мозге млекопитающего. Действительно, этот автомат обладает сложными, локализованными связями, у него нет никакой задержки сверхпроводимости в передаче внутренних сигналов, или физиологических условий. Главные ограничения — относительный недостаток многообразия в системе отклика. До некоторой степени автомат принял вид себя подобно одноклеточной системе. Чтобы обеспечить многообразие откликов, становится необходимым «разобрать по частям» много из динамической симметрии, свойственной этой модели. Один способ это сделать состоит в том, чтобы разбить однородность локализованных соединений. Другая возможность состоит в том, чтобы сбалансировать задержки сверхпроводимости в передаче информации между элементами. Такие характеристики типичны только для другого, более сложного класса систем — временных нейронных сетей.

Как упоминалось выше, TCoRS сначала была создана как временная нейронная сеть, которая является простым клеточным автоматом, имитирующим свойства нейронной сети, обладающей динамическим порогом для нейронов (порогом возбуждения и порогом торможения), произвольной структурой соединений со встроенной задержкой передачи, на вход которой поступают произвольные сигналы. Также TCoRS демонстрировала сложные паттерны в точном копировании, очень интенсивного возбуждения. В продолжение тех же стимулов эти сети давали ответы, отличающиеся исключительно кратким начальным переходным процессом. После этого переходы ответы были идентичны. Таким образом, TCoRS в форме временной нейронной сети производила даже более живой эффект, чем поведение, показанное TCoRS-автоматом.

Системы с TCoRS составляют важный класс систем моделирования, иллюстрируя динамический подход к исследованию. Они не только дают надежду на то, что компьютерные системы способны устанавливать адекватные и численные взаимоотношения с окружающей средой, но и внутренняя динамика такова, что функции распределения вероятности, соответствующие различным состояниям, являются нормализованными. Таким образом, в соответствии с направлением времени распределения имеют компактный носитель и находятся в малом ограниченном районе пространства паттернов, оставаясь внутри малых ограниченных районов. Поддерживающее множество заметно не растет с проводимым временем. Это означает, что указанные системы не эргодичны и что такие системы имеют динамику,

ограниченную на подпространстве функций распределения на компактном носителе. Это обеспечивает наличие математического уравнения динамики систем в целом и оправдывает сведение операторов классом компактных операторов. В этом направлении значимы исследования таких систем.

Независимо от этого замечания главная цель этой статьи была достигнута — показать возможность существования инвариантных связей между системой и средой в сложных аддитивных системах при отсутствии такой инвариантности на уровне индивидуальных агентов, которые составляют систему. Вычисления на макроуровне не должны требовать вычисления на микроуровне. Кроме того, процессы микроуровня могут быть независимы от контекста на макроуровне, и не могут быть полностью позитивны в отсутствии такого контекстного знания. Будущие теории нейронного вычисления должны учитывать эту сильную контекстную зависимость. Как предложено Коэнко и Стоартон в их «Коллапс Хааса», будущие теории в марке будут, скорее всего, контекстными теориями. Надеюсь, что представленные статьи приводят некоторые доказательства в пользу этой точки зрения.

Перевод Н.Н. Тюринской

Литература

- Aertsen Ad., Arsch M. (1993) Curr // Opin. Neurobiol. 3, 586.*
Bostock E. et al. (1991) Hippocampus. 1, 193.
Eckhorn R. et al. (1988) Biol. Cybern. 60, 121.
Grestein G., Maschke-Bros B. (1964) // Biophys. J. 4, 41.
Gray C.M. et al. (1992) Vis. Neurosci. 8, 337.
Habel D.H., Wiesel T.N. (1968) Physiol. — London. 195, 215.
Jung M.W., McNaughton B.L. (1993) Hippocampus. 3, 165.
Mairon Z.F., Sejnowski T.J. (1995) Science. 268, 1503.
Mason A. et al. (1991) J. Neurosci. 11, 72.
McNaughton B.L. et al. (1996) J. Exp. Biol. In press.
Neisser U. (Ed.) (1987) Remembering Reconsidered. — Cambridge: Cambridge University Press.
O'Keefe J., Dostrovsky J. (1971) Brain Res. 34, 171.
Posner M. (Ed.) (1989) Foundations of Cognitive Science. — Cambridge, MA: The MIT Press.
Pfeffer R. (1966) Exp. Brain Res. 1, 220.
Quirk G.J. et al. (1990) J. Neurosci. 10, 2008.
Ruitblat M.C., Arcady-Meyer J. (Eds.) (1995) Comparative Approaches to Cognitive Science. — Cambridge, MA: The MIT Press.

- Shadlen M.N., Newsome W.T. (1994) *Curr. Opin. Neurobiol.* 4, 569
- Solky W. (1994) *Neuroscience*, 58, 13.
- Solky W., C. Koch J. (1993) *Neurosci.* 13, 334
- Stevens C. F., Wang Y. (1994) *Nature*, 371 (6499), 704.
- Solky W. (1993a) *Proceedings of the World Congress on Neural Networks '93* Vol. IV 449 – New York: Lawrence Erlbaum.
- Solky W. (1993b) in *Proceedings of the World Congress on Neural Networks '93*, Vol. IV 452. – New York: Lawrence Erlbaum.
- Solky W. (1993a) *Lectures in Complex Systems / Eds. D. Stein and L. Nadel*. – New York: Addison-Wesley.
- Solky W. (1994) *World Futures*, 39, 225.
- Solky W. (1992) *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks '92*, Vol. III. – Baltimore: IEEE Press.
- Solky W. (1993b) *Advances in Artificial Life, Lectures Notes in Artificial Intelligence 929*, Eds. F. Moran et. al. – New York: Springer-Verlag.
- Vardi E. et. al. (1995) *Nature*, 373 (6514), 515.



П.А. Паргел - профессор Питейбургского Университета, Денвер, Колорадо.

Ян Стюарт - профессор математики в Уорингтонском университете и профессор геометрии в Грешамском колледже (Лондон). Жил и учился в Германии, Новой Зеландии и США. В область его интересов входят естественные динамические системы, одерживающие симметрию и хаос. Спериализовался более ста научных работ. Автор более 60 книг, среди которых «Играет ли Бог в кости?», переведенная на 12 языков мира, «Страшная симметрия», написанная совместно с Мартином Голубицким, «Коллекция хаоса», и др. Является редактором вступителю в журналы «Scientific American» и «New Scientist». Часто выступает на радио и телевидении, а также ведет свою 60-минутную программу «Хаос».

Ян Стюарт, П.А. Паргел

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПСИХОЛОГИИ¹

Введение

В 1971 году Зейман (Zeeman, 1971) выдвинул идею о возможности моделирования психологических концепций с помощью существенно нового математического подхода, известного теорией катастроф. Он заявил, что ученые когда пытались выразить причинно-следственные взаимосвязи в графическом виде, а Том (René Thom) катализовал доказательство теоремы, согласно которой почти все графика могут обраться с точки зрения семи основных форм, известных Томом (Thom, 1972/1973) элементарными катастрофами.

Упомянутый выше теория катализовала, отражает тот факт, что вклад в доказательство этой теоремы внесли также многие другие математики. Методической смысл имеет почти все многообразие взаимосвязей графиков,

¹ Сокращенный вариант статьи Stewart J.N., Parguel P.A. (1983). Catastrophe theory modeling in psychology. Psychological Bulletin 94, 356-362.

не подпадают ни под один из семи типов катастроф, хотя и существуют, но в строгом смысле бесконечно-редки. Следует, однако, сразу признать, что при дополнительных ограничениях (таких, как симметрия) провозглашение бесконечной редкости можно спорить: в таком случае следует не отказываться от теории катастроф, а применить основные положения теории в новом контексте. Отметим также, что термин график используется здесь скорее как подразумеваемое обозначение для более общего методического понятия. Несмотря на эти ограничения, алгебраические катастрофы часто упоминаются в научной литературе и предоставляют удобный и естественный перечень моделей для многочисленных «великолепных» явлений.

Означает ли это, что теория катастроф может использоваться для моделирования любой психологической ситуации? Скорее всего, нет. Теория может использоваться достаточно часто, однако она добавляет информацию в классические статистические процедуры только тогда, когда зависимая переменная не меняется непрерывно и плавно в ответ на плавные изменения независимой переменной. Если в таком графике имеются резкие изменения или разрывы, то теория катастроф является возможным методом осмысленной механики, посредством которого плавные изменения независимых переменных могут приводить к внезапным изменениям зависимых переменных. Теория катастроф как раз и подразумевает такие внезапные изменения. Он был введен в научный обиход Томом (Тью, 1972), очевидно, что на французском языке слово это не несет дополнительного значения гибели и разрушения, свойственного ему в английском языке. «Краткий Оксфордский Словарь» (Concise Oxford Dictionary, 1976) связывает это слово с греческими корнями *kata* (низ) и *strophe* (поворот). Предположение интерес для теории катастроф части графиков выведет в буквальном смысле именно как поворот точки.

Многозначные отклики

Теория катастроф начинает работать, когда функциональные отношения между зависимой и независимой переменными претерпевают разрыв. Вспомним, что привычного вида функции требуют однозначного соответствия между соответствующими величинами, каждое значение независимой переменной (переменных) соответствует одному и только одному значению зависимой переменной (переменных). Рисунок 1 показывает в графической форме это типичное функциональное соответствие. Каждое значение x независимой переменной приводит к единственному значению $f(x)$ зависимой переменной. Даже, если функция f ведет себя достаточно гладко, то малые изменения x порождают только малые изменения $f(x)$.

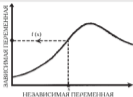


Рис.1. График типичной функции

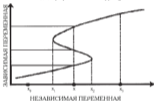


Рис.2. График, в котором нет однозначного решения для взаимосвязи между функцией и аргументом

На рисунке 2 показан график, в котором нет такого однозначного функционального отношения. В некоторых интервалах, а именно в интервале (x_2, x_4) , вместо одного существует целых три значения зависимой переменной, соответствующие данной величине x . Хотя сама кривая непрерывна, поведение зависимой переменной не является непрерывным. Представим себе независимую переменную, непрерывно увеличивающуюся от значения $x_1 < x_2$ до значения $x_5 > x_4$. Зависимая переменная должна делать скачок из нижней части кривой в верхнюю где-то между x_3 и x_4 .

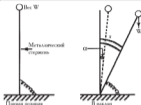


Рис. 3. Физическая катастрофа. Металлический стержень будет удерживаться в различных устойчивых положениях в зависимости от жесткости пружины μ , веса груза W и угла α , который пружина образует с вертикалью

Переменная не может следовать S-форме кривой, поскольку это заставляет бы некоторую переменную уменьшаться в прямоугольной области.

Итак, первоначально непрерывная модель (кривая) может породить поведение с разрывами (скачками). Предметом теории катастроф является исследование такого рода процессов с обеих сторон.

Физический пример

Действительно ли S-подобные кривые применимы в научных проблемах? Безусловно, они применимы в физике, химии и технике. Чтобы способствовать интуитивному пониманию, мы приведем один пример.

Рассмотрим тонкий металлический стержень с прикрепленным к его верхнему концу грузом. Этот стержень удерживается вертикально посредством пружины, как показано на рисунке 3. Пусть W — вес прикрепленного груза. Предположим, что пружина отрегулирована так, что при отсутствии груза ($W = 0$) ее недеформированное состояние соответствует наклону стержня на угол α относительно вертикали. Пусть x — угол между стержнем и вертикалью. (Влияние веса $W \neq 0$ сделает x , отличным от α .) Если μ — жесткость пружины, то полная энергия системы может быть записана в виде (Толорсон, 1982):

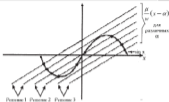


Рис. 4. Графическое представление решений уравнения $\sin x = \frac{\mu}{W}(x - \alpha)$

$$V_{\alpha, W}(x) = \frac{1}{2} \mu(x - \alpha)^2 + W(\cos x - 1) + Const \quad (1)$$

Для равновесия необходимо

$$0 = \frac{dV}{dx} = \mu(x - \alpha) - W \sin x \quad (2)$$

Если зафиксировано достаточно большое значение W (например, $W > \mu$), то график решения x уравнения (2) в зависимости от α имеет S-форму. В таком деле, запишем уравнение (2) в виде

$$\sin x = \frac{\mu}{W}(x - \alpha)$$

Правая часть соответствует параллельным прямым линиям, пересекающим синусоиду, как показано на рисунке 4, либо в одной, либо в трех точках в зависимости от α . Физически область трех решений находится там, где стержень может наклониться либо влево, либо право (при нулевой или среднем положении).

Если α возрастает от отрицательного значения до положительного, то возможные положения стержня изменяются так, как показано на рисунке 5. Представим, что рычаг наклонен влево, а угол α возрастает. Стержень будет

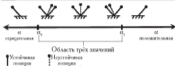


Рис. 3. Устойчивые состояния металлического стержня по мере изменения α всегда существует только одна устойчивая поперка, а иногда две

оставаться выслоненным вечно — столь долго, как это возможно, но, в конце концов, левое положение равновесия исчезает при $\alpha = \alpha_1$, так что стержень качнется вправо, как показано на рисунке 6. Заметим, что если теперь α увеличивается, то обратное явление происходит не при $\alpha = \alpha_1$, а при $\alpha = \alpha_2$. Этот эффект известен как гистерезис.

Цели теории катастроф

В данной статье подробно не излагается теория катастроф (Poincaré, Stiefel, 1978a), однако здесь представлен беглый обзор ее основных идей. Нам потребуются лишь одна часть теории, известная как элементарная теория катастроф. Этот раздел теории изучает «энергетическое равновесие» или функции потенциала, аналитические в окрестности равновесия функции $V(x)$. Такие функции содержат два типа переменных: управляющие переменные (W, α) , заданные экспериментатором, и переменные состояния (x) , ответственные за установление стационарности функции потенциала V (а именно $dV/dx=0$). Эти величины можно рассматривать как независимые и зависимые переменные, хотя эту традиционную терминологию следует применять осторожно.

В более общем виде мы имеем векторы управляющих переменных

$$\epsilon = (\epsilon_1, \dots, \epsilon_n)$$

и переменных состояния

$$x = (x_1, \dots, x_m)$$

совместно с функцией потенциала

$$V(x, \epsilon) = V(x_1, \dots, x_m)(\epsilon_1, \dots, \epsilon_n)$$

«Равновесие» функций V задается решением n уравнений:

$$0 = \frac{\partial V}{\partial x_1} = \dots = \frac{\partial V}{\partial x_n}$$

Чтобы исследовать, каким образом равновесные значения x изменяются в зависимости от ϵ , вводится математическое преобразование координат в следующей форме:

$$(x, \epsilon) \rightarrow (X(x, \epsilon), C(\epsilon))$$

Отметим, что новые управляющие параметры C зависят лишь от старых управляющих параметров ϵ , однако новые переменные состояния X могут зависеть как от x , так и от ϵ . Функции V_x, V_ϵ , связанные таким преобразованием, называются координатными, и можно показать, что они дают качественно одинаковую картину зависимости равновесия от управляющих параметров. Отсылаем читателя к обсуждению топологии в математическом разделе работ (Poincaré, Stewart, 1978a; Isard, Zeeman, 1977).

Элементарная теория катастроф классифицирует функции V с точностью до координатности. Если число управляющих переменных меньше или равно 4, то существует по крайней мере 10 возможных типов катастроф (7, если исключить разные знаки). Кроме того, такой подход позволяет распознать, что происходит, предоставляя при этом соответствующую математическую информацию и учитывая влияние малых возмущений.

Существует множество теоретических тонкостей, которые следует помнить перед тем, как можно будет использовать данный обзор в качестве приемлемой основы для дальнейшей работы, но тем не менее обзор передает дух подхода к проблеме.

При использовании катастроф для моделирования явлений в науках, традиционно не отграниченных на математику, «потенциальная функция» V не может быть (как это сделано выше) выведена из абстрактных теорий; вместо этого выводится с предельно возможной относительной V . По сути дела, это равносильно динамической моделированию системы (определенные V). Если система не проявляет парадоксального либо качественного поведения, то констатируется один факт — разумная исходная гипотеза; аналогично поведению того, что мы называем катастрофой — также разумная гипотеза. Иначе говоря, поскольку известно, что объект представляется хорошей моделью, то лучше по возможности указать и на границы применимости такой модели. Такой подход справедлив в зависимости от того, насколько близко он согласуется с опытом.

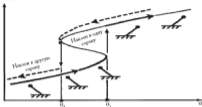


Рис. 6. График возможных устойчивых состояний металлического стержня

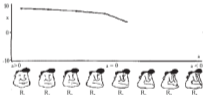


Рис. 7. Восемь рисунков (страхи стимулы D_i) с гипотетическими откликами x субъекта в ординальной шкале от $+10$ до -10 ; a представляет то, что было определено как минимальная переносная, или пороговая составляющая, или переносная поведеникая; x в данном простом примере представляет величину или управляющую переменную

Основание для использования теории катастроф, например, в психологии состоит не в том, что (как иногда полагают) теорией классификации доказывает принадлежность каждого психологического явления к одной из 7 элементарных катастроф. По существу, элементарные катастрофы являются обобщением

простойшей и наиболее естественной в динамическом контексте модели неопределенных связей. Основная модельрующая кривая, используемая в большинстве нелинейных моделей — нульовый линейный: это прямолинейная функция и ее обобщения. Применение нульово-линейных ступенчатых функций для моделирования связей возможно и является уместным, но с математической точки зрения скорее всего такое относится к такому линейному варианту. В частности, в физическом науках редко можно встретить модели со ступенчатыми функциями: вместо этого то тут, то там встречается ситуация, где разрывы моделируются катастрофами. Хотя физика и психология имеют очевидные различия, линейная техника моделирования по возможности переносится из физической наук. Тем не менее линейные модели и их модификации естественно применимы лишь к однозначным откликам. По терминологии Зенана (Zenana, 1971), мы должны усмотреть существенные компоненты, которые могут появляться в графических интерпретациях взаимосвязей.

Модель катастрофы восприятия

Изучение теории катастроф требует усвоения нового языка, и язык этот труден. Некоторые термины легче будет понять в контексте примера, иллюстрирующего психологический феномен. Мы предлагаем описание модели катастрофы восприятия, подробности этого анализа совместно с обсуждением результатов будут приведены позже.

Часто исследовавшиеся ранее проблемы восприятия, утратятся в способ, посредством которого человек воспринимает неоднозначные образы. Пастон и Спедт (Paston, Spedat, 1978a) предположили, что теории катастроф могла бы быть ценой моделью описания конечного состояния, в которое можно попасть в подобной рода ситуации. Предположили, предположили Файвером (Fisher, 1967), пригодны для последующих моделей катастроф. Файвер начал с рисунка складной или картонки — «летко-образимый-образ», помеченной как R_0 на рисунке 7, причем складывая затем рисунок считали первоначальный образ в том или ином виде. Как можно предвидеть, истинный, просчитывающий образ, например, в порядке считывания образа в сторону левой фигуры, станет называть рисунок мужского лица до некоторого момента, а затем начнет называть рисунок женской фигуры. Психологические реакции субъекта на фигуры представлены выше картинок на рисунке 7. Итак, создается резкое изменение от описания мужского лица до описания женской фигуры. Все это соответствует простейшей из 7 элементарных катастроф Тома, и такая катастрофа называется складной. Хотя данный пример складной можно идентифицировать, мы разработали математическое описание этого частного вопроса.

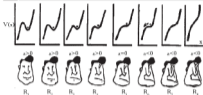


Рис. 8. Энергетические функции $V(x) = x^3 - ax$ для различных значений a и x

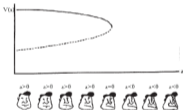


Рис. 9. Кривая катастрофы складки, выходящая из решения уравнения $V'(x) = 3x^2 - a = 0$. Сплошная линия представляет энергетические ямы (или минимумы), а штриховая линия — энергетические холмы (или максимумы)

Катастрофа складки

Ось x на рисунке 7 представляет одну из независимых переменных, с помощью которой экспериментатор управляет положением картинок. Специалисты по теории катастроф называют эту переменную управляемой переменной.

Поскольку имеется лишь одна независимая переменная и поскольку складка использует лишь одну управляющую переменную, мы можем в данном случае использовать эти теории как эквивалентности. В дальнейшем будет видно, что эквивалентность может оказаться более сложной.

Сначала теперь эту модель в виде, легко поддающейся проверке. Она и представляет зависимость переменную, заданную в масштабе от $+10$ до -10 . Используем сначала вопросы-определители, выведет ли каждый из рисунков как мужчина или как женщина, а затем оценить, насколько хорошо рисунок представляет выбранный нами образ. Чтобы создать единую шкалу, отклики «выведет как мужчину» считались положительными, а отклики «выведет как женщину» — отрицательными. Психологи назвали этот тип переменной «зависимой переменной», однако катастрофисты чаще называют ее переменной состояния (в каком состоянии находится субъект?) или переменной поведения. В данной статье каждый раз мы будем иметь дело лишь с одной зависимой переменной, так что можем пользоваться теориями зависимых переменная, переменная состояния, переменная поведения как эквивалентными. Эта единственная переменная может представлять множество других переменных, но этот вопрос будет обсуждаться позже.

Наряду с другими элементарными катастрофами складки связаны с энергетической функцией, обозначимой для случая одной управляющей переменной как $V(x)$. Данная функция для складки имеет вид $V(x) = x^3 - ax$; различные виды функции показаны на рисунке 8. Переменная поведения (или состояние, или зависимость) стремится минимизировать рассматриваемую энергию и, таким образом, замыкается в энергетическую яму, показанную на рисунке 8. Тенденция отклика, помеченная на каждом графике маленьким черточком, устремляется к самому низкому из всех возможных энергетических состояний.

Испытуемый, которому показана первая картинка (R_1) на рисунке 8, привлекается простейшей интерпретацией изображения, и такая ситуация отображена в области жесткой энергии (или максимальной простоты: Hochberg, Winko, 1960). Способ, посредством которого взаимодействуют эти области пространства, для теории катастроф представляет наибольший интерес. По мере того, как экспериментатор последовательно один за другим предъявляет испытуемому картинки, изображенные эти во все меньшей степени выведет как мужское лицо, а соответствующая энергетическая ямочка становится все более пологой, как это показано на рисунке 8, изображения R_1 и R_2 . В конце концов, она исключает (R_3) и ответ испытуемого, что картинка — это изображение мужчины, становится неустойчивым: имеет место катастрофа или резкий скачок. В такой простой модели нет скачка и инерции; просто отклик «мужчина» не представляется более устойчивым. Итак, происходит катастрофа, но сде-

же угловатый «поворот вниз» на графике³ Вальдемаровым, описывающий возможные положения равновесия системы, является те, в которых первая производная энергии равна нулю. В литературе такие точки называются точками поворота, стационарными или критическими.

Рисунок 9 демонстрирует график, соответствующий точкам x , в которых первая производная обращается в нуль:

$$V'(x) = 3x^2 - a = 0.$$

Для положительных значений $a > 0$ имеется 2 корня данного уравнения. Причем один корень, показанный как сплошная линия, отвечает локальному минимуму, или аттрактору, а другой, показанный пунктиром, — это локальный максимум или репеллер. Аттрактор выделится в яме (которая называется зоной притяжения аттрактора), а репеллер — на вершине энергетического вала. Как ожидается, наш символический микроскопический объект, убежав от возмущений графика энергетической функции. По мере того как возмущения и становится все более положительной, корни удаляются друг от друга и образуют график, показанный на рисунке 9.

Графики, показанные на рисунках 7, 8, 9 представляют собой различные интерпретации одного и того же явления. Рисунок 8 — вид энергетической функции, которая в большинстве психологических приложений является психотетической. Рисунок 8 соответствует рисунку 9 в том смысле, что энергетические впадины и валы на рисунке 8 преобразуются соответственно в сплошную и пунктирную линии рисунка 9. Заметим, что по мере того, как впадины и валы на рисунке 8 становятся все более положительными, соответствующие минимумы и максимумы на рисунке 9 сдвигаются к нулю. Когда впадины и валы на рисунке 8 исчезают, энергетическое представление этих событий пропадает и на рисунке 9. Оба графика отмечают, что реакции «выглядит как мученика» устойчивы приблизительно до пятой картинке ряда, где происходит катастрофа и реакция становится неустойчивой.

Отметим, что в конечном счете график на рисунке 9 в буквальном смысле представляет собой поворот вниз в точке, где исчезает минимум энергетической функции, что соответствует тому состоянию, когда исчезает отклик субъекта «выглядит как мученика». График на рисунке 9 не является однозначной функцией: для каждого значения $a > 0$ имеется 2 соответствующие точки. Таким образом, приведенное выше утверждение о том, что теория катастроф вступает в силу, когда разрушается однозначная функциональная связь, начинает приобретать некоторый смысл.

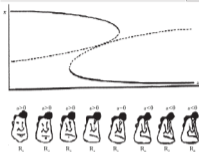


Рис. 10. Две катастрофы складов, развивающиеся в случае начала эксперимента с двух различных концов последовательности стимюлов. Иллюстрируется гистерезис, поскольку предсказанные точки катастрофы добавляются в различные места последовательности

Наличием до настоящего момента модель катастрофы складов не объясняет даже в нашем простом примере, содержащем единственный ряд неединичных рисунков, всю информацию полностью. Модель складов указывает лишь на то, что произойдет энергетической минимуме, но не дает никаких предсказаний о том, какая же реакция станет следующей. На самом деле следующая реакция — «выглядит как женщина». Как можно было бы предположить, эта реакция относится на рисунках 7,8,9 к линии новой точки катастрофы, но оказывается, что разумнее, как это показано на рисунке 10, постулировать наличие двух складов.

Испытуемые, просматривающие последовательность картинок справа налево, начинают отыскать «выглядит как женщина» и продолжают реагировать таким образом до тех пор пока реакция не становится далее неустойчивой, а затем переключаются к реакции «выглядит как мужчина». Предсказанные скачки происходят в различных точках, даже если

стихиями те же самые, но это иллюстрирует явление гистерезиса, описанное ранее для физической системы. Психологи склонны объяснять это явление в терминах осознания или последовательности решений.

Обобщение на случай модели катастрофы сборки

Предложенная модель с двумя складками предполагает, что происходит в нашем примере, однако когда катастрофисты наблюдают появление резких скачков в гистерезисах, как это описано выше, они склонны предполагать, что существует некий организующий фактор, влияющий на решение. Если эта идея верна, то, строго говоря, данное утверждение требует наличия второго управляющего параметра, и вводит еще одну элементарную катастрофу, с которой мы будем иметь дело в настоящей статье и которая называется *сборкой*.

Постон и Стюарт (Poston, Stewart, 1978b) разработали модель сборки для неоднородных объектов. Техническая суть их модели будет представлена позже, но мы уже сейчас можем использовать характеристики модели для развития некоторых представлений относительно формы катастрофы сборки. Постон и Стюарт предполагают, что подходящий второй управляющий параметр, возможно, связан с тем, как много деталей помещено на неоднородных рисунках. Чтобы создать массив, показанный на рисунке 11, авторам затеивал мозгами на каждом из рисунков Фигшера.

Далее Постон и Стюарт утверждают: «Если такого рода затеивание мозгами сделано гадко — не в строго математическом, а в паритетическом смысле многого переиспользования по используемой шкале» (р.326), то тогда можно было бы представить структуру решений в форме катастрофы сборки.

Размерность R (рисунок 11) представляет постепенные изменения изображений и направлений от тех картин, которые смотрятся как мужское лицо, к тем, которые выглядят как склоненная женщина. Колонка R_1 склонна и изображенно мужичина, а колонка R_2 — к изображенно женщины; данная размерность использована в предыдущем примере. Постон и Стюарт (Poston, Stewart, 1978b) предполагают, что эти немаленькие перемены, возможно, связаны с одним из двух управляющих параметров в катастрофе сборки.

Размерность D представляет постепенное сокращение деталей рисунков; D_1 означает строку картинок с наибольшим количеством деталей, а D_2 — строку с наименьшим количеством деталей. На конкретный рисунок в массиве можно сослаться, используя комбинацию переменных R и D . Так, R_1D_2 соответствует рисунку с хорошей детализацией или известно и склоненному и изображенно мужичина.

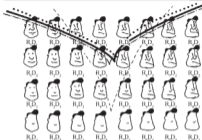


Рис. 11. Массовый стимул, использованный в иллюстрации. (Изображение, первоначально найденное Фишером как мультистабильное, помечено R,D). - - - предлогическая сформы; — вычисленная сформы, мужские и женщины; — · — · — вычисленная сформы, женщины; · · · · вычисленная сформы, мужчины

В этом месте, перед тем как продолжить обсуждение модели сформы, нам надо сделать отступление. Можно уточнить модель с единственной складкой, добавив вторую независимую переменную, связанную с единственным «стандартным» управляющим параметром α . Это значение относится к позитив, представляющемуся сложным как мимотипическим, так и концептуально. Другими, мы считаем, что реакция не полностью описана в картинками, показанными на рисунке 7. Например, возможно, что положение складки частично зависит от предварительного показ испытуемому музыкального лег. Как предсказательными показателями, так и конкретный продемонстрированный рисунок, могут повлиять на реакцию испытуемого; обе переменные могут (хотя бы частично) контролироваться экспериментатором и могут рассматриваться в качестве независимых переменных. Стандартный управляющий параметр для катастрофы складки теперь частично состоит из условной показателя, а частично — из метки рисунка, который демонстрируется испытуемому. Таким образом, данный управляющий параметр может выражаться как комплексное среднее двух

неизвестных переменных. Такой вывод может быть применен к случаям 3, 4 или более неизвестных переменных и может показаться более сложное соотношение, чем среднестатистическая величина. По сути дела, стандартный управляющий параметр выводится из выбранных неизвестных переменных.

Аналогично для катастрофы сборки два стандартных управляющих параметра могут быть известными средними (или даже нелинейными функциями) неизвестных переменных. А теперь вернемся к нашему примеру неизвестных переменных на рисунке 11. Что можно было бы назвать R-фактором, представляющим известные измерения и изображениях, и D-фактором, относящимся к количеству деталей в картинках? Мы останавливались на том, что Постон и Стюарт (Poston, Stewart, 1978b) предлагали отнестись R и D к двум управляющим параметрам. Но на самом деле вопрос этот должен решаться экспериментально. При использовании процедур заголовки сборки (более подробно будет описана позже), разработанной Кейблом (Cobb, 1980), было найдено, что каждая из двух предложенных неизвестных переменных R и D связана с двумя управляющими параметрами, обеспечивающими наилучшее заголовки кривой катастрофы сборки.

Катастрофа сборки

Теперь вернемся к нашему примеру катастрофы сборки. Большинство психологических приложений теории катастроф было связано с катастрофой сборки, поскольку именно она предполагает нетривиальные измерения, и перед переходом в катастрофу более высокого порядка необходимо твердое овладение геометрией сборки. Для двух заданных управляющих параметров, постулированных Постоном и Стюартом в качестве величин, связанных с неизвестными переменными, описанными в терминах R и D, из математической теории вытекает возможность появления наиболее сложного поведения в центральной области, непохожий вид заголовки. Именно в этом случае состояние все еще может описываться единственной переменной, представленной в одностороннем шкале (-10 ... +10).

На рисунке 12 показано примерное представление соотношения между двумя неизвестными переменными, предположительно связанными с двумя управляющими параметрами и одной переменной состояния. Передняя часть рисунка соответствует двум складкам, показанным на рисунке 10; два участка кривых, представляющих минимальные энергетической функции, находятся в таком же положении, причем пунктирные кривые, соответствующие максимумам энергетической функции, срастаются в одну линию, соединяющую две складки. Это достигается в срединном месте сборки — точке возврата.

Предполагая, что экспериментатор контролирует две независимые переменные R и D , отклоняя зависимую переменную, образующую волнистую поверхность, расположенную над плоскостью управляет параметры (рисунки 12). Предполагая для реакции на первую строку (D_1) как бы параллельными линиями реакций, представляемым в примере складки. Они содержат единственный отклик на рисунке с обоих концов ряда и два ожидаемых отклика для средних рисунков. Наличие двух откликов зависит от того, что ожидает испытуемый: будет ли рисунок восприниматься как изображение мучки или воспринимается.

До сих пор мы представляли данные в виде 4 характеристики, условно моделируемые катастрофой сборки.

1. Выпадение скачки. Предполагая, что экспериментатор повышает демонстрируемо испытуемому рисунки R_1D_1 , затем приводит ряд D_1 . Ожидается, что зависимость переменной состояния, как отмечено на рисунке 12, следует трансформации 1. Испытуемый будет продолжать отвечать «выглядит как мучка» до тех пор, пока в дальнейшем рисунке не станет неустойчивой, а затем сорвется в реакцию «выглядит как жемчужина». Как и в примере складки, этот скачок называется катастрофическим скачком, но в отличие от простой модели, как в примере с двумя складками, сборка создает новую поверхность, куда и переключаются реакции. Трансформация 4 представляет соответствующий катастрофический скачок, предполагающийся экспериментатором, сначала показывая испытуемому картинку R_1D_1 , а затем продолжая ряд в обратном направлении к рисунку R_1D_1 .

2. Гистерезис. Это понятие продемонстрировано в примере с двумя складками на рисунке 10 и на физической модели. Гистерезис подразумевает, что скачки возникают в различных положениях в зависимости от порядка демонстрации картинок. Трансформации 1 и 4 на рисунке 12 показывают, что в данном примере скачки также происходят в различных положениях. Ожидается, что гистерезис имеет место в большинстве моделей катастроф, описанных в психологической литературе.

3. Недостижимость. Затененная часть поверхности на рисунке 12 представляет ранее обсуждавшиеся энергетические максимумы. Поскольку для реализации соответствующей минимальных реакций последует наибольшее количество энергии, предполагается, что такие реакции не будут проявляться («скачки скажутся») — данные реакции недостижимы. (Такое объяснение зависит от интерпретации энергетической модели и не обязательно справедливо

но не всегда применима.) Возможно, такие механизмы имеют некоторый реальный смысл в физических приложениях. В психологических приложениях данная область открыта для теоретической интерпретации.

4. Бифуркационность. Термин бифуркационность (двойственность) подчеркивает по обстоятельствам, что для некоторых значений управляющих переменных предсказываются два различных варианта переменной состояния. Так, картинка R_1D_1 иногда является изображением мушкетера, а иногда — пистолета.

Эти четыре характеристики одинаково применимы и к модели сборки, и к примеру с двумя складскими, представленному на рисунке 10. Новая размерность в катастрофе сборки допускает расхождимость. Чтобы понять эту идею, необходимо взглянуть на рисунке 12, не ограничиваясь порядком рядов, как мы это до сих пор делали.

Обозначения ряда стимулов рисунка 11 воспроизведены на плоскости управляющих параметров рисунка 12. Предсказывается, что ряд средних картин дает двойственный отклик, когда экспериментатор движется от рядов, имеющих меньше деталей к рядов с большим числом деталей. Область бифуркационности вырисовывается на плоскости управляющих параметров: это область имеет форму острия, двоякую по своему типу катастрофы (сборка, острие, точка возврата). Часто осыпается на область, внутри которой предсказываются двузначные реакции, как собственно на сборку; это отмечено на рисунке 12 как область мультистабильности. Величину поперечности отклика над плоскостью управляющих параметров называют поперечностью сборки, она представляет осредненные величины переменной состояния. Важно отметить, что на данной стадии построения модели управляющие оси обозначены как R и D . Но у нас нет полной уверенности в том, что именно они являются управляющими параметрами. Однако мы полагаем, что эти две величинные переменные тесно связаны с настоящими управляющими параметрами.

Управляющие параметры представлены переменными a и b . При обсуждении сборки переменную a следует отложить от второго управляющего параметра. Переменная a была названа нормальным фактором (так как при малом изменении второго управляющего параметра изменение a приводит к плавному изменению переменной состояния d), а также фактором асимметрии (поскольку здесь переменная связана с симметрией эллиптической области поведения при увеличении второй переменной). Ожидается, что такое, как и в примере складов, переменная a наиболее тесно связана с величинной переменной R — сферичным параметром от изображения мушкетера и изображением пистолета.

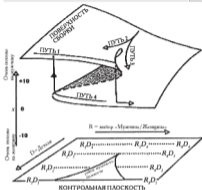


Рис.12. Поверхность сборки, предложенная Постоном и Стартом для иллюстрации мультистабильного восприятия. Предполагается, что R наиболее тесно связана с нормальным управляющим фактором a , а переменная D тесно связана с фактором расщепления b .

Переменная b называется фактором расщепления или фактором бифуркации, поскольку означает, что превышение некоторого критического значения даст двузначный (бимодальный) отклик; иными словами, отклик раздваивается, переходя от однозначности к бимодальности. В нашем примере предполагается, что фактор расщепления наиболее тесно связан с D — количеством представленных на выборочном деталях. Означает, что когда число деталей мало (D_1), имеет место только однозначный отклик. Когда фактор расщепления возрастает (переходя от D_1 к D_2), для некоторых картинок, расположенных в средней части строки, ожидается двузначный отклик.

Расходимость относится к предположению о том, что реакции могут начинаться как близкие друг другу (что показано на траекториях 2 и 3, рисунка 12) и могут, тем не менее, при одинаковых изменениях управляющих параметров завершаться в сильно различающихся состояниях. Реакции расходятся, т.е. оказываются, что по мере увеличения фактора расщепления они все дальше отходят друг от друга.

Зиман (Zeman, 1971) установил, что эффекты расходимости являются весьма обширны для сбалансированной биологической сети, а теория катастроф — естественный инструмент, который можно использовать при моделировании подобного рода явлений. Далее, он утверждает, что физические науки в общем случае «не расходятся»¹. Малые изменения влекут лишь малые изменения в следующий момент времени. Зиман продолжает:

«Физические науки доминируют в использовании математики до тех пор, пока ученые и математики ошибочно полагают, что непрерывность является необходимым условием для возможности предсказания. Поэтому физические науки были названы «точными науками», тогда как биологические и сбалансированные науки ошибочно клеймилась как «неточные науки».

Теория катастроф дает нам возможность делать точные предсказания, несмотря на эффекты расходимости и в реальной взаимосвязи с ними. Таким образом, это шаг вперед, преобразующий неточные науки в — точные.» (Zeman, 1971, p. 1557).

Следуя этому оптимистическому указанию, опишем математику теории катастроф. Начнем с энергетической функции четвертой степени:

$$V(x) = \frac{1}{4}x^4 - \frac{1}{2}bx^2 - ax$$

где a , b — управляющие параметры, x — переменная состояния. Данная функция порождает графики, подобные тем, что изображены на рисунке 13. Кривые сходны с графиками энергии на рисунке 6, однако теперь имеется новый минимум, достигающийся при R_0 , когда первый минимум исчезает и реакция изменяется от «выглядит как мужчина» до «выглядит как женщина». Можно представить себе соответствующие графики и для других рядов картин.

Опять мы интересуемся теми точками, в которых энергетическая функция имеет впадины и холмы, поэтому рассмотрим точки, удовлетворяющие уравнению

$$V'(x) = x^3 - bx - a = 0 \quad (3)$$

¹ Как теория стало ясно, Зиман ошибался. Непрерывность отсутствует в «точной науке» физике. Прим. ред.

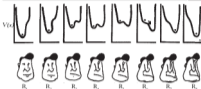


Рис.11. Представление энергетической функции $V(x) = \frac{1}{4}x^4 - \frac{1}{2}bx^2 - ax$ для различных значений a , здесь предполагается $b > 0$

Коэффициенты уравнения для энергии были специально подобраны так, чтобы обеспечить «короткие» корни в уравнении для производной. Решения данного уравнения дают поверхность сборки, изображенную выше плоскости управляющих параметров на рисунке 12. Сплошные линии представляют энергетические минимумы, а пунктирные — энергетические максимумы, таким образом, рисунок 12 — сборка, тогда как рисунок 10 — складка.

Рисунок 12 показывает поверхность сборки в ее канонической форме так, как это описано выше уравнением для $V'(x)$. Термин «каноническая форма» означает только то, что это простая или базовая форма поверхности сборки. Ожидается, что найдется преобразование этого канонического выражения к любому из существующих полиномиальных уравнений.⁴ Чтобы найти, какое именно является это преобразование, необходимо ввести новую процедуру, осуществляющую выбор из всех возможных форм сборки той единственной формы, которая обеспечивает наилучшее соответствие экспериментальным данным. Для практического осуществления этой программы, проведется некоторый предварительный сбор данных с использованием стандартных статистических методов.

Заключение данными поверхности сборки

Одна из проблем приложения теории катастроф состояла в недостаточности статистических методов для выяснения вопроса о том, действительно ли наблюдаемые данные объясняются этой теорией. Несмотря

на высокоскоростном выводе подразделения, данное обстоятельство отнюдь не является дефектом теории катастроф. Дело просто в том, что данные нужно обрабатывать, используя новые статистические методы, допускающие манипуляции с нелинейными соотношениями. Возможно, иногда классическая статистика демонстрирует согласием данных с гипотезами, например, t -тест может показать, что резкие скачки действительно появляются при различных значениях управляющего параметра a , и, таким образом, можно предположить наличие характеристик гистерезиса.

Сущность данной проблемы описано Коббом (Cobb, 1978, 1980). Он разработал метод, который при некоторых обстоятельствах может использоваться для определения того, насколько хорошо множество данных соответствует модели сборки. Для данного метода имеется стандартная компьютерная программа, состоящая примерно из 850 операторов Фортрана с комментариями. Программа Кобба (Cobb, 1980) разработана для компьютера Prime; программы адаптированы также для системы Vantage В 6700 (Halseid, Peterou, 1982).

Используя метод моментов, Кобб записал наблюдаемые данные распределение вероятностей, задающее поверхность сборки, а затем, «если справедлива численная устойчивость применяемого алгоритма», продолжил обработку данных с использованием процедур оценки максимального правдоподобия, чтобы получить из некоторого множества возможностей наиболее подходящую сборку, по которой можно построить изображение данных (Cobb, 1980, пример, р.2).

Программа Кобба может подобрать каноническую форму сборки (показанную на рисунке 12) так, чтобы найти форму, удовлетворяющую экспериментальным данным. Линейная комбинация независимых переменных экспериментаторы подбирается так, что программа обнаружит изменения в сборке, показанной на рисунке 14. Здесь представлены сечения поверхности сборки ($b > 0$); сечения можно сравнить с передним срезом поверхности, показанной на рисунке 12.

Каждый управляющий параметр записывается как линейная комбинация независимых переменных:

$$a = (a_0 + a_1 I_1 + a_2 I_2 + \dots + a_n I_n)$$

$$b = (b_0 + b_1 I_1 + b_2 I_2 + \dots + b_n I_n)$$

где каждое значение I_i представляет независимую переменную, контролируруемую экспериментатором. Относительно допустимых преобразований зависимых переменных программа имеет в другие ограничения, причем основными причинами этого — математические трудности. Рисунок 15

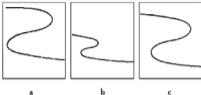


Рис. 14. *Срезы поверхности сборки ($b > 0$) показывают трансформации, с которыми может иметь дело программа Кобба (1980) (график **а** показывает сечение сборки, подобное рисунку 2; графики **б** и **с** показывают различные трансформации этой плоскости)*



Рис. 15. *Сечения поверхности сборки ($b > 0$), показывающие нелинейные преобразования, с которыми не может справиться программа Кобба*

показывает несколько разрезов поверхности сборки, которые в теории катастроф являются вполне законными преобразованиями качественной поверхности сборки, однако они не проверены для использования в методе Кобба.

Другой проблемой является определение соответствующего остаточного члена (погрешности) для выражения степени соответствия поверхности сборки заданному массиву данных.

Вероятностная модель

До сих пор модель отсылалась как детерминированная; для заданной комбинации независимых переменных предсказывались точные величины. Такой подход чрезвычайно ограничен, когда регистрируются человеческие реакции. На самом деле модель Коффа является стохастической моделью катастрофы сбоя, причем детерминированная модель составляет «скелет» стохастической модели. Точка, помещенная на поверхность повеления, рассматриваются как случайные отклонения от некоторого центрального значения с плотностью вероятности, соответствующей энергетической функции, заданной выражением:

$$f(z) = \xi \exp\{i(-z^4 / 4) + (bz^2 / 2) + az\}, \quad (4)$$

где ξ — нормирует интеграл плотности вероятности по заданному интервалу на единицу и зависит от a , b . Выражение в скобках выбрано так, чтобы соответствовать форме потенциальной функции, дающей поверхность сбоя. Точка на поверхности рассматривается как «среднее» (в широком смысле) от зависимой переменной. Эти средние величины могут быть получены по нескольким независимым величинам для каждой комбинации независимых величин на плоскости управляющих параметров; иными словами, данная модель допускает как внутренние, так и внешние ошибки и не требует, чтобы реакции всех испытуемых были одинаковы в любые моменты времени.

Вид функции $f(z)$ определяется по аналогии с обычной нормальной плотностью $\exp(-x^2)$ и, являясь простейшим математическим обобщением нормального распределения, описывает группировку величин около поверхности сбоя, которая опять-таки является естественной моделью перехода от состояния с одной модой к состоянию с двумя модами.

Формулировка модели

Большой набор аргументов, использованных Постоном и Стюартом (Poston, Stewart, 1978b), для обоснования их модели сбоя, может быть упорядочен, поскольку это проясняет основные вопросы, связанные с данной тематикой. Необходимо, что процедура формулировки модели является эвристической: мы находим кандидата на правдоподобную модель, не доказывая необходимую корректность этой модели (что, по существу,

и якобианов). Многие аргументы критики, раздававшиеся в адрес теории катастроф, представляются собой замечания о том, что такая инвариантная процедура не может быть осуществлена с использованием математической строгости. Это не является несовместимым и во многих случаях не имеет на применимость теории, существо которой зависит только лишь от того, оказывается ли данная модель, выведенная подобным образом.

Постон и Стюарт предложили работную гипотезу, заключающуюся в следующем: мозг обрабатывает входные данные посредством некоторого динамического процесса, воспринимает соответствия аттракторам в динамике, одноваловые входные данные приводит к двум или более конкурирующим аттракторам. Для простоты предполагалось, что это точечные аттракторы (нет предельных циклов и других замкнутых орбит помимо изолированных). Нижние точки или максимумы энергетической функции, представленные на рисунке В и рисунке В — это примеры точечных аттракторов, реакция протвистается к одной точке, соответствующей отклику «выпадет как мужчина».

Возможно, что в процессе управления двумя входами наиболее сложное локальное поведение — это катастрофа сборки. Предполагается, что такое поведение хорошо удерживается в области приемлемого размера (якобиану, конечно, нет доказательства, что это не так, практика показывает, что в большинстве случаев это — работоспособные предположения). В данной области при малом преобразовании координат поведение инвариантно канонической поверхности сборки в уравнении (3). Такие преобразования приблизительно линеарны в некоторой области пространства управляющих параметров, область эта обычно достаточно велика (в соответствии с опытом во многих приложениях, например, в физике квантовой). Феноменология восприятия дает достаточно внятной, чтобы угадать вид линейного преобразования, что приводит к специфическому ряду моделей сборки с малым числом регулируемых параметров.

Заметим, что данный аргумент ничего не доказывает, а также ничего не подразумевает. Замечание это — в отношении выбора модели с некоторым числом параметров наблюдаемыми данными. Именно это — старительная черта теории катастроф, делаящая ее интересной: теория выдвигает возможные кандидатуры для экспериментальной проверки.

Понторноудая критика теории катастроф, состоящая в том, что последние якобы «пытается вывести реальность из чистого мышления», основана на ошибочном допущении о том, что такие инстинкты претерпевают на роль доказательства истинности. Конечно, это не так.

Обсуждение результатов

Для того чтобы построить континуум «звучных-жонгли» (описанный Постолом и Стивеном (Poston, Steven, 1978b)), при подсчете разворотов ответ «выглядит как звучный» обозначался положительным числом, а «выглядит как жонгли» — отрицательным. Программа Кобби для определения поверхности сборки, которая с наибольшей вероятностью задавалась данными исследованной музыкальной постройкой, может использовать метод оценки максимального правдоподобия. Уравнение (3) выражено через параметры, использованные в иллюстрации:

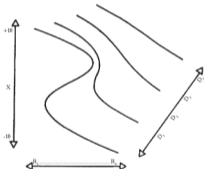


Рис. 16. Изображение поверхности сборки, заданной приближенно данными по программе Кобби. Сферический график представлен параметром R и связан с нормальной переменной. Переменная «частота» представлена как D и связана с переменной распределения (Компьютерная графика — Martin Clough)

$$-\left(\frac{x-\lambda}{\sigma}\right)^3 + (b_0 + b_1 D + b_2 R) \left(\frac{x-\lambda}{\sigma}\right) + (a_0 + a_1 D + a_2 R) = 0 \quad (5)$$

где x — наблюдаемая величина переменной состояния, ranging from -10 до $+10$; λ — вычисленный параметр локализации;

σ — вычисленный масштабный параметр;

b_0 — константа, связанная с фактором распределения;

b_1 — вес переменной D по фактору распределения;

b_2 — вес переменной R по фактору распределения;

a_0 — константа, относящаяся к нормальному фактору;

a_1 — вес переменной D по нормальному фактору;

a_2 — вес переменной R по нормальному фактору;

R — неизвестная переменная «мужчина/женщина», ranging from $R_1=1$ до $R_2=8$;

D — неизвестная переменная «всходы», ranging from $D_1=1$ до $D_2=4$.

Расчетная поверхность сбоя, полученная методом наилучшего приближения, описывается уравнением:

$$-\left(\frac{x-0,89}{5,36}\right)^3 + (3,29 - 1,58D + 0,07R) \left(\frac{x-0,89}{5,36}\right) + (1,76 + 0,32D - 0,57R) = 0 \quad (6)$$

Данное уравнение может использоваться для расчета средних величин переменной состояния x в зависимости от переменных R и D . Например, предсказанный отклик на картинку $R_1 D_1$ составляет 9,69, показывая, что в среднем, как ожидается, институты дают ответ «выглядит как мужчина». Картина $R_2 D_2$ порождает 3 решения уравнения $-6,91$, $-1,43$ и $8,16$. Первое и последнее решения называются модами (Coble, 1980) и соответствуют первым и последним веткам поверхности сбоя, где, как предполагается, действуют аттракторы, а среднее число называется антимодой, соответствующая среднему листу поверхности сбоя, который считается отклонившимся в области оптимизации (данная область была названа недоступной). Таким образом, предсказывается, что реакция на $R_2 D_2$ будет заключаться либо в том, что институты в основном дают ответ «выглядит как женщина» ($-6,91$), либо — что рисунок изображает мужчину ($8,16$). Предсказывается, что реакция близкая к нейтральной ($-1,43$) не появится. Программы рассчитывают все моды и антимоды, эти величины показаны на рисунке 16. Для того чтобы дать представление о форме поверхности сбоя в системе координат исходных независимых переменных, результаты моделирования были связаны между собой.

Связь между двумя независимыми переменными и управляющим параметром можно увидеть в уравнении (6). Веса, рассчитанные по отношению к нормальному управляющему параметру, присутствуют в выражении $(1,76 + 0,32D - 0,37R)$. Оно показывает, что предложенная сборка повышается на 1,76 е-единиц от нулевой позиции канонической сборки, а каждое приращение D на единицу увеличивает нормальный фактор на 0,32, тогда как единичное приращение R уменьшает нормальный фактор на 0,37. Обе независимые переменные имеют на управляющий фактор, но очевидно, что R имеет более сильное влияние на нормальный фактор.

Вычисленные веса относительно независимых переменных управляющего параметра распределения присутствуют в выражении $(3,29 - 1,58D + 0,07R)$. Видно, что предложенная сборка повышается в 3,29 е-единиц от нулевой позиции канонической сборки, и что независимая переменная D уменьшает распределительный фактор с коэффициентом $-1,58$ (сравните с коэффициентом $0,07$ для переменной R). Переменная распределения, выбранная Постоном и Стартром, выглядит вполне обоснованной.

Сборка или множество бифуркаций не рассчитывается непосредственно программой Кобба. Однако оно может быть получено с использованием уравнения, определяющего то место, где возникает сборка: это есть прямая, спроецированная на поверхность управляющих параметров и формирующая бифуркационное множество в форме сборки. Это уравнение принимает вид

$$27a^3 = 4b^3,$$

что для модели Кобба в случае двух независимых переменных записывается как

$$27(a_1 + a_2 + a_3)^3 = 4(b_1 + b_2 + b_3)^3$$

Данное уравнение было решено для определения сборки, изображенной на рисунке II сплошной линией. Рисунок позволяет сравнить рассчитанную сборку с теоретически предложенной Постоном и Стартром (показана пунктиром). Различия не являлись неожиданными. Постон и Стартр отмечали, что форма сборки может меняться в зависимости от режима используемых рисунков, влияющих на численные значения параметров оригинального изображения. Рассчитанная сборка показывает, что испытание построивают как двумерный только ряд D_1 с наибольшими различиями и что реакция «выглядит как пену» имеет тенденцию самоподдерживаться дольше, чем реакция «выглядит как муравья», когда вводятся мушкетерские черты.

Рисунок П также показывает сборку для группы из 15 мужчин (точечная линия) и для 15 женщин (штрих-пунктир). Сборки подобны, причем испытуемые-мужчины дают сборку немного меньшего размера, возможно, поскольку стремление мужчины «настроиться» на своих ровесников, если таковые уже приняты. Безусловно, это наблюдение, перед тем как его можно будет поддерживать, нуждается в дальнейших экспериментальных доказательствах, и в оставшейся части данного примера испытуемые мужчины и женщины будут рассматриваться как одинаковые субъекты.

Рассчитываемые сборки, изображенные на рисунке П, и поверхность сборки на рисунке К представляются так, как если бы выбранные нами независимые переменные (R и D) являлись бы управляющими параметрами (a и b). Для согласования с вычисленными сборками шести поворота осей независимых переменных для согласования с теми осевыми поворотами саму сборку Урановича (U) показываем, что в чистом виде ни одна из независимых переменных не является управляющим параметром. Таким образом, мы можем либо выбрать в качестве исходного предположения трехмерную сборку и переопределить оси независимых переменных, либо, как это сделано на рисунке, выбрать трехмерную плоскость управляющих переменных при заданной поверхности сборки.

Отзывы на модель катастроф в психологии

С тех пор как в 1971 г. Зинн предложил для моделирования психологических феноменов использовать теорию катастроф, она была встречена с различной степенью энтузиазма (см. например Flax, 1978; Woodcock, Davis, 1978; Rude, 1980), осторожного экспериментирования (Baker, Foy, 1980; Yelen, 1980) и открытого неприятия (Zahler, Sussman, 1977; Sussman, Zahler, 1978).

Энтузиазм был вызван идеей о возможности проясления нового пути и осмысления человеческого поведения, причем такой новый взгляд являлся бы гибким, видоизменяясь в зависимости от личности испытуемого и ситуации. Теория катастроф подает многообещающие надежды на существование малого числа форм, которые можно использовать в моделировании большого числа типов поведения, бросает математический вызов, представляя простейший путь в том смысле, что сложное поведение могло бы быть смоделировано при некоторых заданных независимых и зависимых переменных. Постон (Poston, 1979, p. 434) заметил, что «большинство оперирующих с числами работ в сигматологии, психологии и т.д. состоит из заполнения данными весьма ограниченного числа стандартных форм, таких, как линейные соотношения и колоколообразные кривые ... добавление к этим формам элементарных катастроф — безусловное достижение».

Чрезвычайной откликом порою продемонстрированы в популярном жанре (Pruitt, 1980; Woodcock, Davis, 1978), где описаны разнообразные приложения теории катастроф. Другие авторы уточняют описание ситуации: Флей (Flay, 1978) представляет точку зрения такого видоизменения модели, которое могло бы объединять многие открытия в социальной психологии; Земан (Zeman, 1976) предлагает этиологическую модель для объяснения аффективно-эмоционального невроза (анотетия психоза), которое все же формально оспаривается количественными психологами.

Найдено, что подход с позиций теории катастроф успешно решает прикладные задачи в физических науках, где этот подход подвергался строгой экспериментальной проверке; см. обзоры Стюарта (Stewart, 1981a, 1982). Опубликованы психологические исследования, подтверждающие гипотезы, согласующиеся с теорией катастроф: например, в работе (Baker, Flay, 1980) исследовалось состояние глянцовой мембраны крошечных, в работе (Yelen, 1980) разработаны эффекты установки реакции в задаче распознавания света, а Земан (Zeman, 1977) проанализировал данные, относящиеся к изменению скорости передвижения при употреблении алкоголя (модель, критически пересмотренная в работе Panton, Stewart, 1978a).

В серии статей (Stewart, Zahler, 1978) продемонстрировано скептическое отношение к данному подходу. Авторы отвергают теорию катастроф в целом, а не только применительно к моделям, связанным с психологией (отсылка на общую критику см. в работе Постона и Стюарта (Panton, Stewart, 1978b); некоторые замечания мы обсудим ниже).

Математические методы

Теория катастроф, как и любой раздел математики, подвержена некоторым ограничениям и содержит ряд допущений. Авторский стиль разных популярных книг (см., например: Woodcock, Davis, 1978; Pruitt, 1980) привел многих к недооценке такого рода проблем. К сожалению, более поздние критические работы привели к переоценке роли этих проблем. Чтобы исправить это недоумование, мы дадим краткое изложение теории и ее ограничений. Неожиданно, многие подробности будут опущены.

Вернемся к нашему физическому примеру (гуз на металлическом стержне), в котором для модели простейшей формы в рамках элементарной теории катастроф исследуются поведение гладких функций F на множестве переменных состоянии x_1, \dots, x_n , которые относятся к зависимым переменным,

подчиняются воздействию управляющих переменных x_1, \dots, x_n , относятся к независимым переменным. Предполагается, что мы ищем такие переменные состояния, чтобы сделать функцию F стационарной, т.е.

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} = \dots = \frac{\partial F}{\partial x_n} = 0 \quad (7)$$

Данное уравнение обобщает на n измерений использование первой производной для локализации энергетических пиков и впадин. Вопрос заключается в том, как изменяются решения уравнения (7) при изменении управляющих переменных. Элементарная теория катастроф предлагает частный, но важный ответ, давая классификацию типов поведения. Таким образом, бесконечное число возможных состояний, которые могут появиться в рисунке, описываются небольшим числом форм, таких, как складка и бифуркация. Эта система классификации опирается на 3 математически определенные характеристики, которые мы попытаемся разъяснить без обращения к математическим формальностям. Этими тремя понятиями являются топологической, локальной, структурной привативы в следующем смысле.

Топология

«Топология — исследование тех свойств геометрических объектов, которые остаются неизменными при непрерывных преобразованиях объекта» (Stewart, 1981b, p.144). Если непрерывно деформировать на рисунке линию, то она сохраняет свойства линии. Для тополога все линии «эквивалентны», как определено в разделе «Цели теории катастроф». Итак, топология интересуется качественным аспектом взаимосвязей, а элементарные катастрофы являются в этом смысле качественными описаниями поведения.

Краткая прикладная теория катастроф, упомянутая в данной статье, заключается в том, что качественные модели могут быть проверены лишь качественно, что, как говорится, означает не то, что надо. Такие представления сводятся собственно теории и прикладные теории. В нашем приложении мы не пытались использовать полное множество катастроф, топологическим эквивалентным канонической форме; скорее, мы рассматривали специфическую, являющуюся типичным представителем этого множества. Такой представитель является количественным и в принципе, поддающимся количественной проверке. Процедура моделирования распадается на 3 этапа:

(а) использование качественной классификации для привативы решения по выбору обобщенного типа модели;

(b) выбор такой модели данного типа, которая даст хорошие количественные результаты.

В нашей работе Стюарт и Парсонс (Stuart, Parsons, 1978b) идентифицировали общий тип моделей, а затем мы собрали данные и выбрали сборку наилучшего заполнения.

Аналогично исследователь может попытаться применить к некоторым данным многопараметрическую регрессию. Это возможно, и используется, как правило, для первичной обработки данных (например, берется логарифм, экспонента, степень от входной величины). На самом деле, бесконечное множество возможных преобразований в принципе не отнимает метод многопараметрической регрессии применительно к частному случаю.

Решение проблемы «неоднозначности» количественного теста таково: поскольку мы имеем лишь ускорительную количественную проверку, этот интересный в других отношениях вопрос сюда не относится.

Актуальность

Размер плоскости управляющих параметров является источником трудностей в применении теории катастроф. Ранее, используя в качестве примера сборку, мы установили, что если заданы два управляющих параметра, то сборка — это, конечно, наиболее сложное поведение, проявляемое переменной системы. Вопрос в том, в каких же пределах управляющих переменных это утверждение справедливо? Иными словами, если мы движемся от точки сборки, то сколько далеко мы продвинемся, пока не найдем за-под влиянием этого управляющего параметра. Математический ответ здесь состоит в том, что рассматриваемая область является некоторой окрестностью точки сборки; термин «окрестность» подразумевает некоторое конечное расстояние. Вот где возникает проблема: окрестность может быть столь мала, что она не проявляется в опыте. Ввиду такой возможности теория катастроф иногда открывалась как нетривиальная (Zahlet, Sussman, 1977; Sussman, Zahlet, 1978). Наш ответ на такую возможность состоит в том, что окрестность может не быть столь малой. Теорема Тейлора дает оценку размера (хотя, возможно, это может быть сделано в частных случаях).⁴ Что необходимо сделать, так это удостовериться экспериментом, чтобы увидеть, насколько распространяется влияние этой окрестности. Вопрос этот особенно актуально открыт в поведении, поскольку область влияния гравитационной реальности почти невозможно определить.

Теория катастроф сталкивается не только с этой проблемой. Иллюстрации и факторы широко используют асимптотические методы, применяемые лишь в ограниченных областях, без какого-либо конкретного определения размера

этих областей. Обычно асимптотические методы хорошо работают в области достаточно большого размера по отношению к масштабу рассматриваемого явления.

Кроме того, можно заметить, что теория катастроф включает гораздо больше содержания, чем только лишь теория классификации Тейта; данная критика, даже будучи скорректированной, может применяться лишь по отношению к некоторым приложениям теории, оставляя открытыми другие типы приложений.

Характерность

Мы неоднократно утверждали, что сборка — это, возможно, наиболее сложное поведение, проявляющееся для двух заданных управляющих параметров. Насколько вероятна такая возможность? Математики говорят, что сборка будет появляться в общем случае (характерно), если заданы два управляющих параметра. Утверждается, что «почти все» ситуации с двумя управляющими параметрами могут быть описаны сборкой. «Вероятность» того, что ситуация с двумя управляемыми соответствует графика более сложной поверхности, равна нулю.

Это интересный момент, поскольку бесконечно редкое событие может все же произойти. Чтобы осмыслить это, предположим, что вын стои — это геометрическая плоскость. Проведен на столе геометрическую линию, а затем прицельно колемту с выжатыми глазами научат указать на столе геометрическую точку. Какова вероятность того, что будет уцелена точка именно на линии? Вероятность эта очень мала и, если иметь дело с геометрическими линиями (не имеющими толщины), то вероятность равна нулю. И все же возможно, что точка попадет на линию.

Непопадание точки на линию — общий или характерный случай; попадание точки на линию — нехарактерный и весьма необычный случай.

Критика теории катастроф заключается в том, что можно найти нехарактерную ситуацию. Мы допускаем такой случай, но появление его, конечно, требует серьезного объяснения. Разумно расследовать в первую очередь именно общую ситуацию.

Для более полного обсуждения понятия характерности см. работу (Ройко, Стевет, 1978а), в рамках под заголовком «Типичность» (что означает то же самое). Поскольку известно, аргументы против характерности, приведенные в работе (Сингхал, Зайбер, 1978), далеко не убедительны, и многие математики рассматривают данную часть критики как несправедливую.

Бимодальность

Модель сбора легко справляется с тем, что зачастую рассматривается как тонкое экспериментальное открытие, а именно — с существованием бимодальных распределений. Сборка — естественная модель переходов от унимодальных к бимодальным состояниям; термин естественная соответствует формулировке теоремы Томы. Термин может действовать в качестве расцепляющего управляющего фактора, а нормальный управляющий фактор, как предполагалось (Rosen, 1957; Frank, 1973), может быть линейной комбинацией одной характеристики удачной термита.

Выводы

В настоящей статье предпринята попытка предложить методологию, которая могла бы оказаться полезной в поиске устойчивого пути применения теории катастроф в психологии. Теория катастроф основывается на теории Рене Тома (Tom, 1972/73). Грубо говоря, теория эта утверждает, что бесчисленное множество уравнений для гладких функций и сами эти гладкие функции, наиболее часто представляющие интерес для разделов прикладной математики, могут быть без потери важных частей сопоставлены между переменными производны к такому виду, который относится к одной из небольшого числа канонических форм. Модели подобной общей формы рассматриваются в качестве таковых с целью описания поведения зависимых переменных при изменении различных независимых переменных. Если соответствующее число независимых переменных может ограничиваться 4, то существует только 7 возможных форм катастроф. Термин соответствующий — канонич; в реальных экспериментальных ситуациях может использоваться и больше независимых переменных, но можно предположить, что каждая переменная некоторым образом связана с соответствующими переменными, которые тоньше рассматривать в качестве параметров катастроф.

Каждая из 7 канонических математических форм катастроф представляет «поверхность», описывающую ожидаемое поведение зависимых переменных в зависимости от различных комбинаций независимых переменных. Сама поверхность может быть многомерной и может рассматриваться как множество точек, к которым притягивается поведение системы, но притяжение приводит к заданной форме поверхности.

Том (Tom, 1972/1973) установила, что его теория может оказаться бесчисленной для интерпретаций отходящих от тех, которые типичны для физических наук, однако намерения его были направлены на количественную адаптацию «однородных» моделей, и в целом неприменимы к интерпретическому

экспериментально доказать. Наиболее сложная задача возможности проверки теории катастроф сводится к проверке конкретных моделей с проверкой основополагающих положений, исходя из которых строится эти модели. При этом чтобы показать возможность невозможности проверки конкретных моделей, критиком должна быть возможность построения примеров. Поскольку случаи, где возможность суждения не замыкается на области математики, могла бы быть теория дифференциальных уравнений. Но существует никакой экспериментальной проверки теории дифференциальных уравнений, если такое вообще возможно, но это отнюдь не мешает проверке частных моделей, построенных на основе этой теории. Данная статья описывает именно тот случай, когда экспериментальная проверка теории катастроф возможна и информативна. Статья предлагает, помимо этого, также рассмотреть проверку и до некоторой степени согласуется с предсказаниями Постона и Стюарта (Poston, Stewart, 1978b).

Новые задачи, выдвигавшиеся такого рода нелинейными моделями, будут поддержать интеллектуально творческие способности психологов-исследователей. Предложенные идеи требуют времени и энергии для их осмысления, однако теория катастроф обладает значительным потенциалом и является гибкой моделью для описания нелинейности и изменений человеческого поведения.

Перевод В.В. Козина

Литература

- Atkinson G. (1977) *Catastrophe theory in geography*. Unpublished doctoral dissertation. – Downing College, Cambridge, England.
- Attneave P. (1971) *Multistability in perception* // *Scientific American*. 225b. 62–71.
- Baker J.S., Frey P.W. (1980) *A cusp catastrophe: Hysteresis, bimodality, and inaccessibility in rabbit eyelid conditioning* // *Learning and Motivation*. 10, 320–333.
- Bergin A.E., Lambert M.J. (1978) *The evaluation of therapeutic outcomes* // S.L. Garfield, A.E. Bergin (Eds.), *Handbook of psychotherapy and behavior change: An empirical analysis* (2nd ed.). – New York: Wiley.
- Cobb L. (1978) *Stochastic catastrophe models and multi-modal distributions* // *Behavioral Science*. 23, 360–374.
- Cobb L. (1980) *Estimation theory for the cusp catastrophe theory model*. Proceedings of the Section on Survey Research Methods. – Washington, D.C.: American Statistical Association.
- Concise Oxford Dictionary of Current English (1976). – Oxford, England: Clarendon Press.

- Fisher G.H. (1967) Preparation of ambiguous stimulus materials // *Perception and Psychophysics*. 2. 421–422.
- Fly B.R. (1978) Applications of catastrophe theory in psychology // *Behavioral Science*. 23. 335–350.
- Frank J.D. (1973) *Persuasion and healing: A comparative study of psychotherapy* (rev. ed.). – Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press.
- Halstead K., Preegoy P.J. (1982) An adaptation of Cobb's map-fitting program to the B6700 computer. – Coventry, England: University of Warwick, Mathematics Institute.
- Hil W.E. (1915) My wife and my mother-in-law // *Puck*. 78. 11.
- Hochberg J., Brooks V. (1960) The psychophysics of form: Reversible-perspective drawings of spatial objects // *American Journal of Psychology*. 73. 337–354.
- Inaud C.A., Zeeman E.C. (1977) Some models from catastrophe theory in the social sciences // E.C. Zeeman, *Catastrophe theory: Selected papers 1972–1977*. – Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Postle D. (1980) *Catastrophe theory*. – Glasgow: William Collins.
- Poston T. (1979) The elements of catastrophe or the honing of Occam's razor // K. Cooke, C. Reardon, *Transformations: Mathematical approaches to culture change*. – New York: Academic Press.
- Poston T., Stewart I.N. (1978a) *Catastrophe theory and its applications*. – London: Pitman.
- Poston T., Stewart I.N. (1978b) Nonlinear modeling of multistable perception // *Behavioral Science*. 23. 318–334.
- Rogers C.R. (1957) The necessary and sufficient conditions of therapeutic personality change // *Journal of Consulting Psychology*. 21. 95–103.
- Stewart I.N. (1981a) Applications of catastrophe theory to the physical sciences // *Physica D (Nonlinear Phenomena)*. 2. 243–305.
- Stewart I.N. (1981b) *Concepts of modern mathematics*. – New York: Penguin.
- Stewart I.N. (1982) *Catastrophe theory in physics*. *Reports on Progress in Physics*. 45. 185–221.
- Sussman H.J., Zoller R.S. (1978) Catastrophe theory as applied to the social and biological sciences: A critique // *Synthesis*. 37. 117–206.
- Thom R. (1975) *Structural stability and morphogenesis* (D.H. Fowler, Trans.) – New York: Benjamin-Addison-Wesley (Originally published, 1972).
- Thompson J. M. T. (1982) *Instabilities and catastrophes—Science and engineering*. – New York: Wiley.
- Woodcock A.E.R., Davis M. (1978) *Catastrophe theory*. – New York: Dutton.
- Yelen D.R. (1980) A catastrophe model for the effects of a response set on a discrimination task. *Perception and Psychophysics*. 177–178.

- Zakler R.S., Sussman H. J. (1977) Claims and accomplishments of applied catastrophe theory // *Nature*, 269, 759–763.
- Zeman E.C. (1971) Geometry of catastrophe. *Times Literary Supplement*, December 10, 1556–1557.
- Zeman E.C. (1976) Catastrophe theory // *Scientific American*, 2(4)(4), 65–83.
- Zeman E.C. (1977) Catastrophe theory: Selected Papers, 1972–1977. – Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Zeman E.C. (1982) Decision making and evolution // C. Reifler, M.J. Rowlands, B.A. Segraves-Whalen (Eds.), *Theory and explanation in archaeology: The Southampton conference*. New York: Academic Press.

Раздел 3

Системные механизмы когнитивных процессов



Петр Кузьмич Анохин (1898–1974) — выдающийся отечественный физиолог и кибернетик, автор теории функциональных систем, академик Академии наук СССР (1966) и Академии медицинских наук (1945), автор многих фундаментальных трудов по нейробиологии, основным направлениям деятельности является создание теории, лауреат Ленинской премии (1972). Создатель научной школы в психофизиологии.

П.К. Анохин

ФИЛОСОФСКИЙ СМЫСЛ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА¹

Введение

Трудно назвать более интересную научную проблему, чем проблема познания мозга, его фундаментальных механизмов и его молекулярной природы. Прямым следствием развития этой сферы знания должно быть лучшее управление мозгом в будущем, а также использование законов его деятельности для конструирования различных механизмов, составляющих основу технического прогресса в нашу эпоху.

Когда один из корреспондентов спросил «отца кибернетики» Норберта Винера, допускает ли он возможность того, что высокоорганизованные «интеллектуальные машины» смогут в будущем поработить человека, Винер не без юмора ответил: «Если это и произойдет, то только по вине человека...»

И вопрос, и ответ подчеркивают крайнюю злободневность проблемы естественного и искусственного интеллекта. Дело в том, что некоторые кибернетисты полагают, будто можно все сподобровать и даже создать машины, которые по своим интеллектуальным качествам превзойдут человека. Такие надежды широко распространены среди физиков, математиков, электротехников. Однако здесь допускается серьезная логическая ошибка, суть которой будет разъяснена в данной статье.

¹ Опубликована: Вопросы философии. 1973. № 6. С. 83–97.

Несмотря на новизну проблемы интеллекта, переход от изучения фундаментальных проблем мозговой деятельности на уровне интеллекта к использованию результатов исследований в технической лаборатории пока еще выполняется на сыровых прототипах: отсутствуют достаточно полные модели искусственного интеллекта, соответствующая современным представлениям о деятельности мозга в естественных условиях.

Проблема естественного и искусственного интеллекта стоит перед нами также и целый ряд вопросов философского характера. Действительно, тезис материалистической философии «Материя первична, сознание вторично» устанавливает органическую историческую связь между этими феноменами, поскольку мы знаем, что неорганический мир существовал задолго до появления жизни на нашей планете, следовательно, интеллект должен был неизбежно отразить законы неорганического мира и «впитаться» в них. Но если это так, то все свойства интеллекта должны были развиваться на базе предшествующих органических форм и, естественно, должны быть приспособлены для оперирования объектами внешнего мира.

Иначе говоря, естественный интеллект (в примитивной форме — интеллект животных и в высшей форме — интеллект человека) неизбежно должен действовать на основе объективно познаваемых процессов и взаимодействий. Рассмотрев этот вопрос в философском аспекте, мы можем сказать, что изучение искусственного интеллекта является одним из высших ступеней познания материальной природы позитивских знаний и, следовательно, способствует дальнейшему развитию диалектического материализма.

Ясно, что надеяться на создание искусственного интеллекта можно только после создания достаточно сложного «концептуального моста», который даст возможность максимально использовать наши фактически знания о принципах работы мозга.

Важнейшие черты интеллекта и их характеристики

В последние годы в связи с попытками конструирования искусственного интеллекта исследователи столкнулись с необходимостью определения самого интеллекта и выявления его характерных черт. Без этого невозможен контакт между нейрофизиологами, психологами и специалистами по технической реализации основных черт интеллекта в моделях и рабочих конструкциях.

Ученый Макавалова в создании искусственной нейронной сети объясняется еще раз тем, что он наиболее четко выделил некоторые характерные логические черты мозговой деятельности и использовал их для конструирования соответствующего

и «высшего» устройства (Максвелл, Питтс, 1936; McCulloch, 1968; McCay, 1959; Минский, 1961). Благодаря этим исследованиям проблема искусственного интеллекта стала широко разрабатываться именно нейробиологами, а не нейрофизиологами. Последние продолжали оставаться на позиции аналитической нейрофизиологии с господствующей в ней «рефлекторной» манерой мышления, не дающей возможности познать базовые свойства, характерные именно для интеллектуальной деятельности. Естественным следствием этого была неопределенность в понимании нейрофизиологических свойств интеллекта и отсутствие научно обоснованных формулировок. Это обстоятельство значительно затруднило контакт между психологами, нейрофизиологами и кибернетиками.

Конструкторы искусственного интеллекта все чаще и чаще подыскивали платформу и изучили как раз тех свойства мозга, которые физиологи в своих исследованиях даже не затрагивали.

Павловый, Марон был первым из кибернетиков, кто пришел к выводу, что не может быть в речи о понимании интеллекта вообще и о конструировании «интеллектуальной машины», если эта система не будет обладать способностью к предсказанию. Сопоставляя человеческий мозг с наиболее совершенными машинами кибернетического характера, он особенно отчетливо сформулировал их различие: способность к предсказанию у мозга и отсутствие этой способности у машины.

Условный рефлекс, по И.П. Павлову, несомненно, основывается на предсказании, поскольку условная реакция имеет «предупредительный» характер. Как показала наш анализ, в составе условного рефлекса имеется аппарат, который создается в процессе формирования рефлекса для оценки предстоящей ситуации, т.е. акцентор результата реакции (Анохин, 1949).

Однако нейрофизиологи совсем не затрагивают в своих работах этой проблемы, поскольку господствующий принцип в понимании нервной деятельности — принцип рефлекторной дуги — полностью исключает саму возможность предсказывать будущее.

Суть дела в следующем: нервные возбуждения, вызванные раздражением какого-либо рецептора, согласно рефлекторной теории, распространяются по «рефлекторной дуге» на основе линейно-поступательного принципа, т.е. от пункта к пункту. Между тем по своей сути предсказание предполагает «заглянуть вперед», опережение хода возбуждений: в самом начале появляется процесс и физиологические аппараты, которые должны проявить себя лишь в заключительной стадии рефлекторного действия (Анохин, 1935, 1949).

На этот вид нервной деятельности указывала О. Аггас. Относясь конструктивно к управлению механизмом, он отмечал: «Высказываясь может

непрерывно подсчитывать для каждого управляющего движения, которое использовалось раньше, вероятность того, что оно приведет к цели» (Аттан, 1964, с. 430). Говоря о цели, к которой ведут все движения, Аттан тем самым подчеркивает ее направляющее влияние на те действия, которые приближают будущие события.

Наиболее полно роль цели и предсказания рассмотрена в книге А. Фогеля, А. Оуэса и М. Уолта (Фогель и др., 1969). Определяя понятие «когнитивный интеллект», авторы стремятся найти те характерные признаки, которые могли бы быть общими и для естественного и для искусственного интеллекта. Они совершенно правы, но наш взгляд сосредоточивают внимание не на точности, четкости и скорости выполнения отдельных операций, а на логике механизма, составляющего интеллект. Среди этих механизмов на первый план они ставят механизмы «принятия решения» и «предсказания», т.е. формирования цели. Авторы считают, что будет «...более содержательно определять интеллект в терминах поведения некоего существа к цели существа и измерять степень его интеллекта по адекватности принимаемых им решений» (Фогель и др., 1969, с.19). Таким образом, мы видим, что определение интеллекта означает наиболее сложные формы поведенческой деятельности: цель, «принятие решения», предсказание. По сути дела, это верно. Однако недостатком такого определения состоит в том, что существенные и характерные для интеллекта факторы просто перечисляются, а не даются в той логической связи и последовательности, которая соединила бы их прочной нитью системного детерминизма.

И действительно, в приведенных выше определениях, как, впрочем, и во многих других, «цель» выступает как нечто материал данное. А дальше начинается рассмотрение цепи поведенческих актов, направленных на достижение этой цели. Но как возникла сама цель? Какие факторы и какие материальные процессы предшествовали ее появлению и создали из нее материальный аппарат, направляющий сферическое стремление организма? Упомянутые выше авторы, а также многие другие (Месарович, 1970; Уотерман, 1970; Sadowsky, 1971) эту фазу «преддела» совершенно не рассматривают.

То же самое можно сказать и о принятии решения. Какие факторы влияют организм на принятие именно этого, а не другого решения? Ясно, что в процессе принятия решения происходит непрерывный подбор наиболее адекватного для данной ситуации решения. Но как это происходит? На основе каких конкретных нейробиологических механизмов выбирается одна-единственная поведенческая степень свободы из миллионов возможных степеней?

Обычно все эти вопросы исследуются отдельно, вне их логической связи в масштабе целого поведенческого акта, а потому иногда и правильно выделенные факторы естественного интеллекта, как, например, «предсказание» (Фогель и др., 1969), цель и принятие решения (Аттан, 1964), остаются изолированными фрагментами интеллекта, не связанными между собой логичной функционированием.

Основная маневровой этап в исследовании основных стереотипической характеристики естественного и искусственного интеллекта, или можно сказать, что главным недостатком этих исследовании является отсутствие универсальной модели, которая логически связала бы все этапы формирования интеллектуальных актов. Естественно, что эта модель должна достаточно полно отражать и нейрофизиологические механизмы каждого фрагмента интеллектуальных процессов.

Анализируя значение и содержание всех попыток моделирования интеллектуальных процессов на базе перцептивов, Ф. Розенблют своим ярким образом стремился тем, кто занят исследованием процессов «принятия решения». «В ближайшем будущем, — писал он, — потребуется, по-видимому, разработать такую программу психофизиологических инструментов с животными или людьми для получения данных сведений о характеристиках моделей. Когда это произойдет, модели фактически станут использоваться как «предсказывающие» устройства, способные вырабатывать определенные данные (значим, возможно, довольно трудные), которые у людей до сих пор не наблюдались. Конечным использованием модели могла с точки зрения психофизиологической ценности как раз и являются инструменты такого рода, в которых модель правильно предсказывает моменты, еще не открытые в биологической системе» (Rosenblatt, 1962).

Как видно, Розенблют возлагает весьма большие надежды на модели такого типа «предсказывающих» устройств. Однако, чтобы эти модели правильно предсказывали и правильно ориентировали в будущем животное, они должны имитировать у мозга те-то свойства и механизмы в форме акцента результатов действия, которые дадут им возможность формировать цель поведения, предсказывать сам результат поведения и спонтанно контролировать и считать полученный результат с поставленной заранее целью. Именно эти-то свойства не обладает ни одна из существующих моделей мозга, т.е. искусственного интеллекта. Если, что такая удовлетворительная исследователя модель может быть построена только при непререкаемом использовании данных нейрофизиологии для постоянной коррекции работы этой модели.

Несмотря на то, что проблемами принятия решения, формирования цели и продолжения в последние десятилетия уделяется очень много внимания, все попытки создания искусственного интеллекта находятся лишь в самой начальной стадии.

Как известно, при изучении биологических систем в силу установившейся традиции принято считать, что любой поведенческий акт заканчивается действием. При этом полезный результат действия фактически никогда не высвобождается и процесс как самостоятельный феноменологический категориал. А между тем именно в этом пункте лежит граница традиционного противопоставления между предметными ветвями биологических областей науки — нейрофизиологии и психологией. Для последней, как известно, целью и предметом решения стали необходимыми факторами в изучении интеллектуальных процессов.

Кибернетика внесла в психологию целый ряд свежих идей, которые заставили ее принять такие синтетические понятия, как цель, плановая, предсказание и т.д.

Можно было бы назвать большое число исследований последних лет, в которых детальной образом разрабатывается проблема «принятия решения» в самых разнообразных ситуациях. Наиболее полные обзоры результатов изучения этой темы были сделаны на специальных симпозиумах (Pitell, 1954).

Одним из замечательных событий в исследовании характерных свойств интеллекта являлась организация во Франции Института «высшего синтеза», занимающегося изучением «принятия решения» и пути построения «искусственного интеллекта» (Institut des Hautes Synthèses Nice, France). На одной из последних сессий института (1971 г.) специально обсуждался вопрос о соотношении естественного и искусственного интеллекта.

XX Международной психологической конгресс (Токио, 1972) провел особый симпозиум по проблематике «принятия решений» (Dynamics Aspect of «Decision Making»)². В докладах У. Эдварса, Г. Экелан, М. Тода, М. Мостика были еще раз поставлены вопросы об основных признаках принятия и выполнения решений. Экелан акцентировал внимание также на физиологических коррелятах принятия решения и соответствующих ему положительных и отрицательных эмоциональных состояниях.

Все сказанное выше можно резюмировать следующим образом.

1) Попытки решения проблемы искусственного и естественного интеллекта привели специалистов различных областей науки к формулированию актуальных задач по изучению характерных черт естественного интеллекта и применительно результатов этой работы к построению искусственного интеллекта. Сама возможность удачного решения этого вопроса будет раскрыть широкие перспективы для прогрессивного развития научных областей интеллекта и проблематики.

² XX Congress International de Psychologie. Guide Resume. Tokyo, 1972.

Использование результатов таких исследований в электронике, медицине, педагогике и в других областях может привести к революционным сдвигам в этих науках. Поэтому весьма важно правильно понимать суть такого прогресса.

2) Несмотря на значительность проблемы, ее нынешнее состояние нельзя считать удовлетворительным. Нет четкого определения самого понятия интеллекта, его состава и реальных механизмов его отдельных операций. Наиболее сферические и характерные для интеллекта условные механизмы, такие, как «принятие решения», «цель», «предсказание», не только не изучены в их глубоком нейрофизиологическом содержании, но даже не вскрыты их операциональные взаимодействия в момент осуществления интеллектуальными актами.

Покакой, одним из самых существенных пробелов в изучении искусственного и естественного интеллекта является то, что не выявлено логическое единство в самой архитектуре интеллектуальных актов, не установлена детерминистическая связь между указанными выше условными механизмами интеллекта. Каждый из них берется для исследования как нечто отдельное, независимое от других свойств и механизмов интеллекта.

В последующих разделах статьи мы попытаемся применить для исследования этой проблемы системный подход в виде теории функциональных систем, разрабатываемой в нашей лаборатории на протяжении последних сорока лет.

Функциональная система

КАК ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Как мы уже видели, одной из существенных тенденций современной нейрофизиологии является изучение отдельных механизмов мозга для удобства экспериментирования с ними в целях изучения их свойств. Этот аналитический прием, общий для многих биологических наук, уже дал значительные результаты. Однако прием этот полезен и верен только на определенной стадии научно-исследовательского процесса — при сборе первичных материалов и в период подготовки к широкому обобщению.

Все функции организма и особенно функции его нервной системы по своей природе являются логически целостными, и потому понимание их биологического смысла зависит от того «высшего света», в котором является реальная роль каждого механизма в образовании целого. Теория функциональной системы как раз и имеет своей целью выявить органическое единство механизмов, которые обычно исследуются в отдельности.

Много лет назад, изучая процесс интеграции нервных функций, мы увидели, что все главные факторы деятельности, такие, как память, внимание и цель, выступают в органическом единстве и только это единство способно восстановить нарушенную функцию (Анохин, 1955). Такое функциональное единство в силу его системного характера было названо нами функциональной системой. Она представляет собой законченную единицу деятельности любого живого организма и состоит из целого ряда узловых механизмов, обеспечивающих логическое и функциональное формирование поведенческого акта.

Так как характеристика теории функциональной системы неоднократно приводилась нами в различных публикациях, здесь будет дана лишь краткая характеристика ее узловых механизмов с точки зрения их важности для построения «искусственного интеллекта».

Функциональная система устраняет дефициты, порождая свой интеллект. Как мы уже отмечали, название «правила решения» большинством авторов рассматривается как нечто первичное и исходное для всех других процессов интеллектуального акта. Такой подход не может удовлетворить объективно мыслителю исследователя, поскольку правило решения должен представлять весьма сложный процесс обработки многообразной информации.

Эта стадия интеллектуального акта была названа нами «афферентным синтезом» в связи с тем, что в процессе этого синтеза происходит односторонняя обработка самой разнообразной информации, поступающей в центральную нервную систему из внешнего и внутреннего мира. На этой стадии «предрешиения» синтезируется целый ряд возбуждений. Как и весь поведенческий акт в целом, стадия «предрешиения» формируется на основе доминирующей в данный момент теории или мотивации. Последняя, говоря психологическим языком, представляла желанием или потребностью. Такое доминирующее возбуждение, как показывают эксперименты на простых формах потребности (голод, жажда, половая потребность и т.д.), обладает способностью извлекать из многочисленных симметричных образований всего то, что было связано в прошлом с удовлетворением или разрыванием именно этой, доминирующей в данный момент, потребности (исследования калых сотрудников Судачкова, Котова, Жиральды и др.).

В процессе распространения возбуждения по нейронам мозга неизбежно возникают и другие возбуждения — от совокупности факторов внешней обстановки.

Таким образом, и это было показано в эксперименте, на каждом нейроне коры головного мозга одновременно обрабатываются возбуждения трех различных источников: внутренне возбуждение, связанное с формированием той или иной доминирующей мотивации, внешние возбуждения,

представленные событиями данной обстановки, и возбуждения памяти, включаемые как мотивацией, так и данной обстановочной афферентацией. Только одновременная обработка этих возбуждений и сопоставление всех комбинаций возбуждений с прошлым опытом дает возможность организму принимать то или иное решение для получения полезного результата.

Экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что все упомянутые возбуждения, а иногда дополнительно и спонтанной поисковой фазой (например, условный сигнал) должны одновременно встретиться на одном и том же нейроне, или, правдоподобно говоря, на каждом из миллионов нейронов.

В стадии «предрешения», т.е. афферентного сигнала, во всех случаях формирования поведенческого акта решается главнейший вопрос: какой полезный результат должен быть получен в данной ситуации и при данной комбинации составных возбуждений этой стадии?

Мы видим, что только строго научное исследование стадии «предрешения» может привести к совершенно четкому детерминистическому объяснению и описанию процесса принятия решения. Действительно, микроструктурное исследование отдельных нейронов коры головного мозга показало, что этот процесс обработки всей входящей информации осуществляется при помощи многих динамических механизмов, биологической смысла которых состоит в том, чтобы выработать наиболее адекватное решение для данной ситуации и обеспечить наиболее точное его исполнение.

Так, например, активирующие аппараты подкорковой области (гипоталамус, ретикулярная формация) обеспечивают образование ассоциаций и включение информации из памяти. Эти же активирующие возбуждения значительно повышают различные способности нервных элементов коры мозга и, в частности, способность к конвергенции на них разнородных возбуждений. К этому надо добавить еще увеличение реверберации возбуждений между корой и подкорковыми областями, благодаря чему осуществляется поиск наиболее продуктивного сигнала для представления принятия решения (цитата Шульманой).

Таким образом, нам необходимо представить себе все то, что могут дать психофизиологические эксперименты для понимания механизмов принятия решения как одного из главнейших факторов формирования интеллекта.

Нейрофизиологические предпосылки принятия решения

Для понимания этого ответственного сигнального процесса в интеллектуальной деятельности мы должны представить себе отдельный нейрон и миллионы нейронов как образования, обладающие бесчисленным

количеством степеней свободы, которые обусловлены способностью нейронов производить самые разнообразные конфигурации нервных разрядов.

Простой математический расчет показывает, что количество степеней свободы в масштабе всего мозга с трудом может быть задано цифрой давшей в 9,5 мак. км! Именно это количество степеней свободы головного мозга и представляет собой ту бесконечную клавиатуру, на которой разграничиваются сотни миллионов различных мелодий — поведенческих и интеллектуальных актов.

Итак, мозг в организме в каждой данной момент обладает необычайно количеством степеней свободы, одновременный запуск которых привел бы к чудовищному хаосу в поведении организма. Организованное поведение человека и животных предполагает неизбежное ограничение этого огромного разнообразия. Следовательно, принятие решения по своей сути представляет собой выбор единственной свободы, наиболее адекватно удовлетворяющей требованиям данной ситуации. Суть проблемы заключается в том, каким образом мозг осуществляет выбор из миллиардов возможных одной — единственной степени свободы, дающей полезный эффект именно в данной ситуации.

Здесь необходимо коснуться вопроса, который обычно ускользает от исследователя, по которому неизбежно возникает, если придерживаться системной точки зрения, т.е. рассмотреть весь процесс построения поведенческого акта в аспекте функциональной системы.

При внимательном изучении обречей слезы последовательного действия условных механизмов функциональной системы можно увидеть, что принятие решения ориентировано на тот результат, который соответствует доминирующей в данный момент мотивации. Наблюдения последних лет свидетельствуют, однако, о том, что в стадии афферентного слета из памяти всплывают не только общие афферентные черты той или иной внешней ситуации, но и признаки тех результатов, которые когда-то получались при подобных мотивационных и эмоциональных состояниях.

Иначе говоря, наш мозг обладает невероятной способностью к системной генерализации возбуждения, способностью связывать не только частные признаки каких-либо событий, но и степень успешности и полезности тех результатов, которые были получены в аналогичных ситуациях в прошлом. Результаты прошлого могут последовательно всплывать из памяти и сопоставляться с потребностью данной ситуации до тех пор, пока доминирующая ныне мотивация не станет вполне соответствовать одному из результатов прошлого. Пожалуй, это одна из самых замечательных способностей нашего мозга, которую можно было бы назвать перебором минимал результатов прошлого и сопоставлением их с потребностью данного момента.

Возникнув в экзотональных структурах мозга (гипоталамус, лимбическая система и ретикулярная формация), мотивационное возбуждение прорядирует даже в те структуры мозга, которые хранят в памяти результаты различных удовлетворений именно данной мотивации в прошлом.

Например, состояние аппетита зависит от того, что латеральное ядро гипоталамуса непрерывно раздражается «голодной» кровью. Это возбуждение, подвигаясь в кору мозга в восходящем направлении, мобилизует элементы прошлого опыта, относящиеся именно к данной мотивации. Мы начинаем перебирать возможности ее удовлетворения в соответствии с данной ситуацией. Попросту говоря, ищем, где бы мы могли закусить. При этом часто говорим, что в такой-то ресторан мы не пойдем, «потому что там плохо кормят».

Что значит такое решение с нейрофизиологической точки зрения? Оно означает, что, перебирая многие возможности удовлетворения пищевой мотивации, мы не только извлекаем из памяти сведения о посещениях этого ресторана в прошлом, но также и результат посещения, т.е. вспоминаем саму еду и вкусовые ощущения от пищи, полученные когда-то именно в этом ресторане.

Под влиянием доминирующей мотивации в процесс восстановления включаются практически все функциональные системы со всеми ее составляющими, в том числе и механизм оценки полученного результата.

Поразительная вещь! Интеллект оперирует гармоничным составом связанных факторов нейрофизиологической основы, необходимых для принятия решения, — всей частью ситуацией (голод, обстановка) и всем многообразным опытом прошлого, также связанным с удовлетворением пищевой мотивации. Каким бы, эта система взаимодействия так далека от реальной мозговой структуры. Однако мы видим, что каждый элемент нашей интеллектуальной деятельности имеет вполне определенную нейрофизиологическую основу. Составляющие ее элементы функциональной системы детально изучены в нашей лаборатории (Антоны, Судakov, 1971).

Возвращаясь к принятию решения, которое, согласно нашей схеме, является результатом предвоступающего афферентного сигнала, мы должны на основании всего сказанного признать, что на стадии афферентного сигнала осуществляется универсальный перебор извлеченных из памяти всех прошлых результатов действия и всех прошлых оценок этих результатов в соответствии с наличием доминирующей мотивации. Именно для этой ответственной стадии, очевидно, и нужен процесс реверберации, мобилизующий все сокровища кладовых нашей памяти. Следовательно,

«принятое решение» является той процедурой, результат которой был принят после перебора «мысленных» результатов наиболее адекватным для данной обстановки.

С нейрофизиологической точки зрения этот процесс выбора единственной степени свободы состоит, очевидно, в непрерывном суживании различных результатов, а стимулом для этого суживания служит информация в данный момент доминирующая мотивация. Экспериментальными методами лаборатории показано, что в ряде специфических случаев корково-стволчатая мозговая ретикуляция может быть весьма отчетливой (Кагулянов, 1965).

Аккумулятор результатов действия

В этом разделе мы переходим к анализу такого нейрофизиологического аппарата, в котором скрестившись главные пути исторических поисков отгадки тайны человеческой пойкики («реаль», «предсказание», «ощуща», «память», «исходящие» и много другое). Как оказалось, все эти факторы входят единый нейрофизиологический стереотип, совершенно четко дифференцируясь в момент (или несколько позднее) принятия решения. Прежде всего, я имею в виду нейрофизиологический аппарат предсказания, называемый мной «аккумулятор результатов действия». Что это за аппарат? Какова его природа и каковы функции? Благодаря поиску методом перебора всех признаков прошлых результатов и сравнению их с данной доминирующей мотивацией этот аппарат сосредоточивает в себе все афферентные признаки того конкретного результата, по поводу которого было принято решение.

Разберем пример. Если принято решение взять со стола стакан, то в появившемся аккумуляторе результатов будут сконденсированы все относящиеся к действию признаки стакана: его внешний вид, вес, тактильные особенности, воспринимаемые кожные рецепторы, температура и т.д. Смысл этого аппарата, опережающего и предсказывающего свойства будущего результата, состоит в том, что в момент действия, т.е. после захвата рукой стакана должна быть получена вся информация о параметрах этого действия. Именно в этот момент центральная нервная система и происходит сравнение результата, который прогнозировался в аккумуляторе результатов действия (взять стакан), с параметрами реально полученного результата (Анохин, 1949).

В момент сравнения двух комплексов возбужденной кривой нервной системы осуществляется контроль результатов произведенного действия. Если сравнение показало, что спрогнозированные параметры (предсказанные) и аккумуляторе будущего результата полностью совпадают с параметрами реально полученного результата, то данное действие завершается, а его результаты возвращают

«сигналом» и используется для формирования следующего этапа поведения. Если же выявляется несоответствие параметров реально полученного результата действия с запрогнозированными, то это рассогласование стимулирует построение и подбор новой программы действия, более точно обеспечивающей получение запрогнозированных результатов.

Поскольку все наше поведение представляет собой подлинный континуум результатов, больших и малых (Анохин, 1971), то практически такого рода сличения происходят в нервной системе непрерывно. Так, например, даже результаты таких незначительных действий, как открывание двери на лестнице, спуск по лестнице, посадка в автобус и т.д., оцениваются и формируют цепи получения последующих результатов. Однако и они могут быть дискретизированы на еще более мелкие результаты: например, установка ноги на первую ступеньку автобуса, на вторую и т.д. Параметрально, что от каждого такого «малышанго» результата наша нервная система должна непрерывно получать информацию, которая обрабатывается в соответствующем аудиторном результате действия. Малейшее несоответствие результата прогнозу (мы осступимся) — и мозг немедленно подбирает новое движение.

Из этой краткой характеристики функций аппарата, прогнозирующего результаты, становится понятным и его название «аудитор результатов действия». Латинское слово *аудире* содержит в себе два смысла — «принимать» и «одобрять», которые представляются в функциях аудитора результатов действия (Анохин, 1949; Анохин, 1955).

В нашей лаборатории были проведены многочисленные эксперименты на клеточном и нейронном уровне для исследования того, как создается этот аппарат предвазвания в каждом отдельном случае и каковы его функции в масштабе целой функциональной системы.

Теперь мы можем оценить значение этого аппарата для интеллектуальной функции человека и животных и определить его роль в изучении искусственного интеллекта. Прежде всего он является аппаратом предвазвания, поскольку в нем прогнозируются свойства будущего, еще не полученного результата. Так как во всех наших действиях полученное того или иного результата связано с заранее поставленной целью, то совершенно очевидно, что аппарат аудитора результатов действия практически является и аппаратом цели. Из этого положения вытекает, что цель в наших познаниях и в наших экспериментах не является чем-то конечным, а подготавливается сложной работой нервной системы в стадии афферентного сигнала. Именно это обстоятельство позволяет назвать цель как нейрофизиологическое понятие на языке нейрофизиологических механизмов и объективных признаков связей между процессами, происходящими в головном мозге.

Необходимо подчеркнуть, что при рассмотрении вопросов о продолжении и цели перед нами особенно четко вырисовывается философская сторона проблемы интеллекта и ее решения на основе конструкции функциональной системы.

Действительно, совсем недавно одно лишь произнесение таких слов, как «предлагание», «цель», «целесообразное поведение», привело физиологу обывателем в идеальное, в отрыве от материалистических принципов. Такая ситуация в физиологии исторически вполне объяснима, поскольку еще не был подготовлен соответствующий «научный климат» для материалистического разрешения проблемы цели и предлагания. Такой климат был создан в физиологии мозга в основном рефлексаторной теорией.

И потому, естественно, мы миримся с поразительным парадоксом: каждый мыслящий человек прерывно осознавал, что он ставит цель сделать «что-то» значительно раньше, чем реализует это «что-то». Но вместе с тем физиология мозга не искала средств для объяснения тех механизмов, с помощью которых мозг ставит перед человеком «цель» и с помощью которых он может предлагать реализацию этой «цели».

С выявлением объективных нейробиологических закономерностей, обеспечивающих наличие фундамента интеллекта, отношение к этой проблеме радикально изменилось. В настоящее время, как можно было видеть, она успешно разрабатывается на основе принципов и категорий диалектического материализма, что приближает нас к реальному моделированию интеллекта.

Это становится возможным благодаря тому, что конструкция функциональной системы позволяет охватить все те основные звенья мозга, которые помогают познать естественный интеллект.

Как показывают электрофизиологические исследования формирования подобного аппарата у человека, мы можем искусственно вводить и выводить из аудитории результаты действия любые новые компоненты (так называемое обогащение актюатора результатов действия), что значительно расширяет нашу власть, нашу способность воздействовать на интеллектуальную деятельность, в частности на процесс обучения.

Эволюция основных свойств интеллекта

Возникает, однако, один вопрос: являются ли все описанные выше предельные механизмы интеллекта специфическими только для высших уровней развития животных или даже только для человеческого мозга? Это вопрос чрезвычайно важный, поскольку он тесно связан с другими вопросами, например, с такими: есть ли интеллект у животных, когда и у каких животных он появляется в процессе эволюции?

Интересную попытку осуществить Фогель с соавторами попробовал построить эволюционную модель «когнитивного интеллекта», которая должна соответствовать следующим основным свойствам путем разрабатываемых механизмов в последующем «поколении» (Фогель и др., 1969). Следует отметить, что в эволюционной моделирование интеллекта опыта осуществляется несколько иным способом, чем в интеллекте животных в процессе эволюции.

Отвечая на поставленные выше вопросы, мы должны, прежде всего, высказать основные положения, сложившиеся у нас в результате многих лет работы над описанными выше свойствами интеллекта: ни одно из тех свойств когнитивной деятельности, которые мы выше рассматривали как характерные признаки интеллекта, не появлялось внезапно, на каком-то «рубеже», до которого этого свойства не было и после которого оно появилось.

Все эти свойства возникли уже на заре зарождения жизни, и все они являлись уже тогда частью динамической физиологической архитектуры. Более того, они являлись *conditio sine qua non*³ самого развития живого существа.

Это может показаться странным, поскольку мы всегда описываем интеллект как выдающееся свойство живого, присутствующее по крайней мере самым высоким и совершенным представителям животного царства.

Однако выше недоумение немедленно рассеется, если мы представим себе, как происходило формирование интеллекта. Возьмем для примера предсказание будущих событий или результатов какой-либо деятельности, выполняемой некоторой четко отграниченной функциональной системой.

При каких условиях внешнего и внутреннего мира животного возможно предсказание? Главным условием предсказания является то, что вся цепь предсказываемых событий неоднократно повторялась в прошлом в определенных местах пространства в определенные моменты времени. Наш интеллект может предсказывать, что после дня последует вечер, а после вечера ночь, только потому, что этот непрерывный ход внешних событий повторялся миллионами лет и тогда, когда были живые существа, включая человека, и даже тогда, когда не было никаких из них появления.

Здесь потребуются несколько стоить от конкретных нейрофизиологических процессов и механизмов и обратиться к обобщенным более широкого характера.

Пространственно-временной континуум динамики материи, как справедливо отметил Планк, является абсолютным законом мира. Но этот закон действовал задолго до появления жизни на Земле. Иначе говоря, жизнь, т.е. живые существа, должны были *volens volens*⁴ «вписаться» в рамки,

³ *Conditio sine qua non*, (лат.) — необходимое условие. (Прим. ред.)

⁴ *Volens volens*, (лат.) — хочешь не хочешь. (Прим. ред.)

заданному этим фундаментальным законом, и только при этом условии им было обеспечено выживание. Этот факт и привел к тому, что явление «спидности», как ощущение живыми существами пространственно-временного континуума, стала совершенно неизбежной предпосылкой предсказания.

Рассмотрев этот вопрос применительно к целому ряду биологических явлений, мы в свое время сформулировали принцип опережающего отражения *моделей действительного ряда событий во внешнем мире*. Именно это свойство является начальным свойством протоплазматических процессов даже у низших животных, для которых смена, например, сезонов явлений (лето — осень — зима — весна — лето) была неизбежным условием жизни на протяжении миллионов лет.

Можно привести десятки примеров поразительной точности и яснообразности приспособления к этим абсолютным значениям неорганического мира.

В *судорогах, открытые И.П. Павловым условного рефлекса* было открытием опережающих отражений внешнего мира в *последовательно развиваемом субстрате* — в нервной системе. В самом деле, когда в ответ на звонок у собаки выделяется слюна, то это происходит совсем не потому, что слюна должна «переваривать мякоть», а потому, что в будущем появится пища, которую надо переваривать. Следовательно, в силу повторения последовательности определенных воздействий внешнего мира мы создаем живую *облаченную реакцию*, в которой достаточно первого толчка, чтобы химическая реакция протоплазмы, подобно реакции биофорды пшуга, распространялась по нервной системе в будущее, опережая последовательное развитие внешних событий.

Из разнообразных примеров и приведенных рассуждений становится ясным, что «предсказание» как феномен искомого негетероцистрального акта имеет глубокие исторические корни. На высшем этапе эволюции органов этого опережающего процесса стала нервная система. Именно она в своем раз обострила и ускорила опережающие процессы, и именно благодаря этому мы можем совершить почти фантастическое путешествие в будущее в ответ на какой-либо толчок или сигнал из внешнего мира.

Эволюция, начавшаяся с примитивного протоплазматического «предсказания», усовершенствовала этот процесс в материальных явлениях мозга до такой степени, что мозг стал органом, который в каждый данный момент своей деятельности считает в себе прошлое, настоящее и будущее.

Все это не является фантазией нейрофизиолога. Микроволновый метод дает нам возможность установить, что некоторые нейроны, испытывая настоящее раздражение, включают накопленный в прошлом ответ и одновременно с тем формируют процессы, содержащие в себе качества того

результата действия, который будет получен только в будущем. В нашей лаборатории эти нервные клетки мозга мы назвали «нейронами трех времен».

Разговаривая об обсуждении проблемы «предсказания», мы должны подчеркнуть, что «предсказание», выходящее на высшем этапе интеллектуальной деятельности, есть продукт наиболее совершенного развития того прототипного процесса, который проявляется уже в опережающем протопластическом отражении действительности.

Однако возвратимся к естественному развитию событий при формировании поведенческих актов на высшем уровне. Процесс афферентного сигнала, как мы уже говорили, заканчивается принятием решения, являющегося итогом поиска методов перебора возможных результатов, органически связанных в прошлом с данной мотивацией. Таким путем осуществляется одно из самых замечательных явлений в активности мозга: формирование на уровне нервной системы модели всех признаков и свойств будущего полезного результата, в связи с которым и рванул которого развивались процессы афферентного сигнала. Это и есть цель.

Заключение

Приведенные в этой статье соображения убеждают нас в том, что для познания основных свойств естественного и искусственного интеллекта необходимо идейное перевооружение всей современной нейрофизиологии, выработка новых методических и методологических подходов. И действительно, поиски наиболее характерных черт искусственного интеллекта показали, что нейрофизиология, строящаяся только на традиционной, по преимуществу аналитической, основе, не может надеяться на успех в решении данной проблемы.

В свое время в связи с возникновением кибернетики крупнейший французский физиолог А. Фессар писал, что наука вступила в эпоху обратных связей (Fessard, 1953–1954). Это было совершенно верно. Но к этому надо добавить вступление нейрофизиологии в эпоху более широкого и глубокого сигнала нейрофизиологических и поведенческих исследовательских задач, нового сигнала данных, добытых в отдельных биологических науках. Прежде всего, здесь следует сказать об усовершенствовании системного подхода, который содержит в себе все возможности для изучения самых высших форм деятельности мозга: «принятия решения», «цели», «предсказание», «интеллект» и др.

Предлагаемый в данной статье подход, опирающийся на теорию функциональной системы, как нам кажется, приближает нас к решению по-прежнему

задаваемых проблемы интеллекта. Во всяком случае, нам стали ясны некоторые общие аспекты проблемы, открылся доступ к конкретному научному и экспериментальному исследованию тех аспектов, которые еще совсем недавно были прерогативой психологов, а часто оказывались основой для идеалистических интерпретаций.

И здесь при изучении исторических преддествийного интеллекта были сделаны серьезные обобщения, позволявшие понять интегрированную совокупность интеллекта. Главнейшие свойства интеллекта — афферентный синтез, постановка цели, принятие решения и оценка полученного результата, предсказание и обратная афферентация, саморегулирующая получение полезного результата. Эти синтетические процессы имели долгую историю: они развивались из тех примитивных форм, которые сложились уже на заре жизни на нашей планете.

Эта обреченность архитектуры поведенческого акта и есть тот исторический фактор, благодаря которому жизнь и мозг развивалась до высшего этапа — человеческого интеллекта.

Исследования последних лет еще более убеждают нас в успешном применении теории функциональной системы к решению вопросов интеллекта. Ее конкретные синтетические умовые механизмы, выраженные на семантической основе, дают возможность пережить «концептуальный мост» между нейрофизиологией, психологией и теми проблемами, которые возникают на путях познания тайн интеллекта.

Итак, диалектический материализм еще раз получает доказательство того, что интеллект, сознательная деятельность и активное преобразование самого приспособления к внешним факторам являются истинным продуктом исторического развития от материи к сознанию на основе фундаментальных законов неорганического и живого мира на нашей планете.

Литература

- Антонюк П.К. (1935) Проблема центра и периферии в современной физиологии нервной деятельности // *Проблема центра и периферии в физиологии нервной деятельности*. — Горький. С. 9.
- Антонюк П.К. (1949) Умовые вопросы в изучении высшей нервной деятельности // *Проблема мысли и нервной деятельности*. — М. С. 9.
- Антонюк П.К. (1955) Особенности афферентного аппарата условного рефлекса и их значение для психологии // *Вопросы психологии*. № 6. С. 16.
- Антонюк П.К. (1971) Противоречивые вопросы общей теории функциональных систем. — М.

- Алексеев П.К., Суданов К.В. (1971) Нейрофизиологические механизмы галлада и насыщения // Ученые физиологические науки. Т. 1, № 11. С. 3.
- Атлас О.М. (1964) Механизмы процессов мышления (дискретная речевая) // Самоорганизующиеся системы. — М. С. 430.
- Караманов К.М. (1965) О коллатеральных и адресергических механизмах деятельности головного мозга. Автореф. канд. дис. — М.
- Маккаллоу У., Питтс У. (1956) Логическое исчисление идей, отозвученное в нервной активности // Автоматизм. — М.
- Месарович М. (1970) Теория систем и биология: точка зрения теоретика // Системные исследования. — М. С. 137.
- Минский М. (1961) На пути к искусственному интеллекту. С. 49.
- Павлов И.П. (1947) Лекции о работе больших полушарий головного мозга // Павлов И.П. Полн. собр. трудов. Т. 4. — М.—Л.
- Уотерман Т.Х. (1970) Теория систем и биология: точка зрения биолога // Системные исследования. — М. С. 364.
- Фогель А., Оуэнс А., Уолл М. (1969) Искусственный интеллект и многоуровневое моделирование. — М.
- Fernald A. (1953–1954) Points de contact entre neurophysiologie et cybernetique // Structure et evolution des techniques. — Paris, № 35–36.
- McCay D.M. (1959) Operational aspect of intellect // Mechanization of thought processes. V. 1.
- McCulloch W.S. (1968) Logic and closed loops for a computer jacket to man // Neural Networks. Symposium, Ed. by E. R. Caianiello. — N. Y.
- Rosenblatt F. (1962) Principles of neurodynamics. — Washington.
- Sadovskiy V.N. (1971) The history and perspectives of the systems approach development and general systems theory // International congress of the history of sciences, August, 18–24.
- Thal R.M. (Ed.) (1954) Decision Process — N.Y.
- XX Congress International de Psychologie (1972). Guide Resume. — Tokyo.



Сokolov Евгений Николаевич (родился в 1929 г.) — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой психофизиологии факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова; ученый, сделавший фундаментальные открытия в области психологии, психофизиологии и моделирования когнитивных процессов, автор векторной концепции переработки информации в нейронных сетях и обобщенной модели мозгового взаимодействия человека и животного, действительный член Российской Академии образования и Академии медицинских наук (Россия), президент Российской ассоциации психофизиологов, иностранный член Национальной академии наук США, почетный член Американской академии наук и искусств и Академии наук Финляндии, член Международной ассоциации психофизиологов и Центрального совета Международной организации по исследованию мозга (IBRO), обладатель почетной «Медальки И.П. Павлова», лауреат специального диплома Американской ассоциации психофизиологических исследований «За выдающийся вклад в психофизиологию» и «ПРЕМИИ СТОЛЕТИЯ-1998», членами Международной организации психофизиологов.

Е. Н. Сокolов

ПРИНЦИП ВЕКТОРНОГО КОДИРОВАНИЯ В ПСИХОФИЗИОЛОГИИ¹

Психофизиологию как науку о физиологических механизмах психических процессов и состояний призвана не только дать физиологическую интерпретацию закономерностям, открытым в рамках традиционной психологии, но и стимулировать новые направления исследований. Одной из новых областей знаний является интеграция психологии с изучением принципов кодирования информации в нейронных сетях. В рамках этого подхода формируется новый раздел психофизиологии, основанный на данных о векторном кодировании в нейронных сетях — векторная психофизиология.

Стимул, воздействующий на ансамбль нейронов, порождает в каждом из них определенной уровень возбуждения. Комбинация этих возбуждений образует вектор возбуждения (ВВ), кодирующий исходное воздействие. Этот вектор подвергается в нейронных сетях операции кодирования, в результате чего

¹ Статья опубликована в Вестнике МГУ. Серия 14. Психология. 1995. № 4. С. 3 — 13.

самые разные стимулы, воздействующие на данную ансамбль нейронов, порождают ВВ, равные по длине. При постоянной длине ВВ сигналы кодируются разными направлениями. Все множество стимулов, представляемых этим ВВ, располагается на сфере в пространстве, размерность которого определяется числом ансамблей нейронов в ансамбле. Расстояние между стимулами в нервной системе определяется евклидовым расстоянием между концами ВВ, представляющих эти стимулы.

Принцип векторного кодирования распространяется на управление поведенными реакциями. Командный нейрон передает управляющий ВВ на ансамбль премоторных нейронов, которые через мотонейроны определяют компоненты вектора поведенческой реакции. Векторное кодирование имеет место и в управлении вегетативными реакциями. Речевые реакции также реализуются на основе принципов векторного кодирования.

Векторное кодирование участвует в процессе ассоциативного обучения (процедуры памяти). На командном нейроне в ходе обучения формируется вектор пластических связей, через которые афферентный ВВ воздействует на командный нейрон, определяя избирательность условных реакций. Образная и семантическая память или формы декларативной памяти также определяются векторным кодированием.

Информационные процессы в нейронных сетях. Человек — нейрон — модель. Психофизиологические исследования начинаются с анализа поведенческих, вегетативных и электроэнцефалографических реакций на микроуровне. В этом случае выявляются закономерности в виде соотношения «вход—выход». Наиболее известными здесь являются психофизические закономерности, основанные на регистрации речевых или произвольных двигательных реакций в условиях строгого контроля параметров стимуляции. Аналогичный подход используется в психофизиологии при регистрации вегетативных реакций, вызванных потенциалов и изменений фоновой электрической активности мозга в надежде раскрыть физиологические механизмы субъективных ощущений. Однако ни вегетативные, ни электроэнцефалографические показатели не имеют прямого отношения к регистрации собственно субъективных ощущений. Наиболее тесно с возникновением субъективных ощущений связаны реакции нейронов высших отделов мозга.

Как обобщить данные, полученные на микроуровне, с результатами регистрации реакций отдельных нервных клеток на микроуровне? Интеграция этих данных в рамках психофизиологии достигается построением модели в виде системы связанных между собой нейромиметических элементов. К модели

предъявляются два жестких требования: вся модель в целом должна воспроизводить закономерности макроуровня, а реакция каждого нейрона-подобного ее элемента должна быть такой же, как реакция соответствующего им реального нейрона. Таким образом, весь код психофизиологического исследования можно представить собой модель (макроуровень) — нейрон (микроуровень) — модель (интеграция микро- и макроуровней).

Когда модель создана, начинается наиболее ответственная часть работы: ее проверка, уточнение или модификация на основе натуральных экспериментов, подкованных моделью как формой рабочей гипотезы. Эффективность такого исследования во многом определяется степенью проработки исходной модели. Рассмотрим обобщенную модель информативных процессов в нейронной сети с тем, чтобы затем перейти к ее проверке.

Концептуальная рефлекторная дуга. Прежде чем рассмотреть отдельные блоки переработки информации, представим их последовательность. Первым является блок реценторов, выделяющих определенную категорию входных сигналов. Вторым — блок детекторов, трансформирующий сигналы реценторов в форму, эффективную для селективного возбуждения детекторов, образующих карту отображения сигналов. Карта детекторов проецируется параллельно на командные нейроны, управляющие реакциями через блоки премоторных нейронов. Блоки моторнейронов и эффекторов образуют механизм реализации реакций. Параллельный путь модуляции сенсорного потока представлен проходом детекторных карт на нейроны новизны и тонкости. События, зафиксированные на детекторных картах, записываются в нейронах долговременной памяти. Удержание следов в кратковременной памяти также реализуется при участии спинальных нейронов. На командных нейронах складывается путь от детекторов, нейронах долговременной и кратковременной памяти. Модулирующие нейроны определяют приоритеты срабатывания командных нейронов.

Все перечисленные блоки образуют первую сигнальную систему. Для человека характерным является блок «сигнал-сигналов» — вторая сигнальная система. Вторая сигнальная система представлена спинальными нейронами, реализующими сигнальную функцию, когда сигнал-символ выступает заместителем группы событий, записанных в нейронах долговременной памяти.

Ассамбля нейронов и вектор возбуждения. Ассамблем нейронов можно назвать группу нервных клеток, обладающих общим для них входом и взаимодействующих на более высоком уровне на одном или параллельно

на группе нейронов. При однок в том же месте и силу разной чувствительности элементов ансамбля в каждом из них возникают разные по силе возбуждения. В результате в ансамбле нейронов при действии стимула возникает комбинация возбуждений — вектор возбуждений (ВВ). Ансамбль нейронов, конвертирующий на афферентных нейронах-детекторах, может представлять ВВ стимула на входе. Эмоциональные состояния также определяются комбинацией возбуждений в ансамбле специфических нейронов. Нейронный ансамбль может состоять из группы премотормых нейронов, создавая управляющий ВВ в отношении связываем с ними мотонейронов и определяя тем самым специфическую реакцию исполнительных органов.

Операции нормирования вектора возбуждения. ВВ, возникающий в нейронном ансамбле, характеризуется направлением, зависящим от соотношения возбуждений нейронов, и длиной, зависящей от силы возбуждения. Чтобы только представлять стимул на входе, нужно исключить такую многозначность. Это достигается путем нормирования ВВ, в результате чего стимул однозначно кодируется направлением ВВ. Нормирование достигается в следующем слое нейронов сочетанием четырех процедур: 1) добавление элемента, «гаснущего» при отсутствии сигнала на входе и связующего свое направление при возрастании интенсивности стимула; 2) разделение нейронов с противоположными характеристиками на два канала; 3) суммирование возбуждений элементов ансамбля; 4) Связание реакций элементов ансамбля в зависимости от их суммарного возбуждения. В результате все стимулы, воздействующие на нейронный ансамбль, теперь кодируются равными по длине ВВ.

Сферическая модель отображения сигналов. Равенство по длине ВВ данного нейронного ансамбля означает, что все множество воздействующих на него сигналов формально можно представить точками на сферической поверхности в пространстве, размерность которого определяется числом независимых нейронов ансамбля. Сферическую поверхность отображения сигналов можно представить как совокупность конусов равной по длине ВВ. Таким образом, каждому сигналу на входе соответствует точка (или локальный участок) на — сферической поверхности. При изменении стимула на входе ориентация ВВ меняется и его конус занимает новое положение на сфере.

Детектор. Элементы нейронного ансамбля, конвертирующие на нейрон-детекторе, принадлежащем следующему слою нейронов, образуют ансамбль преддетекторов. Нейрон-детектор связан с нейронами-преддетекторами

через синаптические контакты, число которых равно числу нейронов в ансамбле. Синапсы, отличаясь по своей эффективности, образуют вектор синаптической связи, или просто вектор связей (ВС) данного детектора. Каждый синапс умножает возбуждение, поступающее от нейрона-преддтора, на коэффициент своей эффективности (вес). Нейрон-детектор суммирует эти произведения. Таким образом, его реакция определяется суммой произведений, образованных возбужденными преддторами и весами соответствующих синапсов. Сумма таких произведений образует скалярное произведение двух векторов: ВВ, образованного возбужденными преддторами, и ВС, представляющего весами синапсов данного детектора.

Скалярное произведение равно произведению длин векторов на косинус угла между ними. ВВ нормированы и, следовательно, равны по длине. ВС данного нейрона-детектора обладает непластичными синапсами и тоже является величиной постоянной. Таким образом, скалярное произведение ВВ преддторов и ВС данного детектора зависит лишь от угла между этими векторами. Скалярное произведение достигает максимума тогда, когда этот угол равен нулю. Таким образом, детектор оказывается селективно настроенным на такой стимул, ВВ которого совпадает по направлению с ВС данного детектора. Если при изменении стимула указанный угол возрастает, реакция детектора уменьшается, а когда ВВ становится ортогонален ВС — прекращается.

Карта детекторов. Нейронный ансамбль преддторов взаимодействует параллельно на одну популяцию детекторов, обладающих разными по ориентации, но равными по длине ВС. Каждый детектор отвечает реакцией, равной скалярному произведению ВВ и его ВС. Все детекторы, обладающие равными по длине ВС, можно представить точками на сферической поверхности в пространстве, размерность которого равна числу синапсов, связывающих каждый детектор с преддторами. При действии стимула, когда в преддторах возникает ВВ, на поверхности, образованной детекторами (детекторной карте), возникает рельеф возбуждений с максимумом на том детекторе, ВС которого совпадает по направлению с вектором ВВ. При изменении стимула этот рельеф изменяется, и максимум возбуждения смещается на тот детектор, ВС которого теперь совпадает с новым ВВ.

Порог различения. Порог различения сигналов определяется расстоянием между соседними детекторами на детекторной карте. Изменение стимула обнаруживается тогда, когда максимум возбуждения с данного детектора

сводится на соседней. Величина порога зависит от плотности расположения детекторов. При одинаковой плотности порог различения, измеренный угловой мерой, одинаков на разных участках детекторной карты. Расстояние между двумя максимумами возбуждения, генерируемых последовательно двумя стимулами, определяется числом детекторов, разделяющих эти максимумы, и измеряется малой дугой большого круга сферической детекторной карты. При измерении порога различения в физических единицах изменения стимула, которое впервые может быть обнаружено, пороги для физических различимых стимулов могут отличаться, хотя порог, измеренный углом на детекторной карте, остается постоянным. Это несоответствие объясняется тем, что одинаковым по величине изменениям физических параметров стимуляции в зависимости от исходного фазы могут соответствовать разные изменения ВВ в ансамбле преддетекторов, и наоборот, физические различия стимулов могут соответствовать одинаковым ВВ.

Субъективное различие. Различие между стимулами определяется свалдовым расстоянием между концами соответствующих им ВВ. Это расстояние равно свалдовому расстоянию между детекторами, в которых при действии стимулов возникают максимумы возбуждения. Таким образом, различие между стимулами измеряется не углом или соответствующим числом разделяющих их единичных различий, а дугой, стягивающей этот угол. Поэтому субъективное различие между стимулами всегда меньше суммы единичных различий. Это различие обнаруживается при сравнении законов Фехнера и Стенгеса. Закон Фехнера измеряет стимул числом единичных различий. Закон Стенгеса, основанный на правых измеренных субъективных различиях, соответствует метрике хорд. Сферическая модель отображения сигналов на популяцию нейронов-детекторов явнолетно содержит оба закона. При определении отображения стимула на карте детекторов используется угловая мера. При оценке субъективных различий между стимулами используется хорды. Чем больше расстояние между детекторами на детекторной карте, тем больше значение субъективного различия от угла, разделяющего эти детекторы. При приближении к порогу это различие практически исчезает.

Восстановление векторов возбуждения преддетекторов на основе данных о субъективных различиях между стимулами. Если субъективные различия между стимулами измеряются свалдовым расстоянием между концами ВВ, порождаясь этими стимулами в ансамбле преддетекторов, то по мереде субъективных различий можно найти те ВВ, которые эти различия определяют. Каждый стимул можно представить набором числа,

равных субъективным различием этого стимула от всех других стимулов, используемых в опыте, который называется вектором субъективных различий. Аналогичным образом можно представить все другие стимулы.

Чтобы найти собственные вектора матрицы субъективных различий, можно применить метод последовательной ортогонализации Грама—Шмидта. Суть метода заключается в следующем. Выберем один из векторов и построим ортогональный ему, используя дополнительно второй вектор матрицы. Далее попытаемся построить вектор, ортогональный двум ортогональным векторам, полученным раньше, используя дополнительно еще один вектор матрицы. Ортогонализация продолжается до тех пор, пока не будут использованы все векторы. Размерность пространства данной матрицы субъективных различий определяется числом ортогональных осей, найденных в процессе последовательной ортогонализации.

Командный нейрон и вектор пластических связей. ВВ предвекторов поступает на командные нейроны. Каждый командный нейрон запускает деловый поведенческий акт или его фрагмент. ВВ поступает на командный нейрон через пластические связи, веса которых изменяются под влиянием подкрепления, поступающего через непластичный вход. Согласно принципу Хейбба, пластичный связь изменяется прямо пропорционально поступившему на него возбуждению, если вход, за тем через непластичный вход на нейрон поступает возбуждение, следующее подкреплением. Система пластических связей образует ВС, компоненты которой изменяются под влиянием подкрепления поступающего ВВ. В ходе обучения ВС становится синхронизирован по направлению с ВВ подкрепляемого стимула. При достижении определенной величины ВС подкрепится нормировано.

Результат командного нейрона определяется скалярным произведением ВВ на ВС. Когда ВС в результате обучения синхронизирован по направлению, скалярное произведение достигает максимума. Командный нейрон становится селективно настроенным на условный сигнал, который генерирует ВВ, синхронизированный по направлению с ВС командного нейрона, сформировавшегося в результате обучения. Дифференцированные раздражители (отличия от условного неподкрепляемого стимула) вызывают ВВ, отличное от того, который порождает условный раздражитель. Возбуждения, создаваемые дифференцированными стимулами в командном нейроне, тем меньше, чем больше отличие их ВВ от ВВ условного стимула.

Командный нейрон, воздействуя на ансамбль мотонейронов, порождает поведенческую реакцию, вероятность вылова которой тем меньше, чем меньше возбуждение командного нейрона, которое само равно

скалярному произведению $ВВ$ на $ВС$. Таким образом, в вероятностях условных реакций заключена информация о $ВВ$ преддетекторов, воздействующих на командный нейрон в ходе обучения. Ассоциативное обучение основано на процедурной памяти, представленной в каналах передачи информации. Ключевым это означает наличие весов симметричных связей между преддетекторами и командными нейронами. Эти пластические изменения происходят в тех же синапсах, по которым на командный нейрон поступает возбуждение, вызванное малочисленными стимулами.

Модуляторные нейроны. Модуляторные нейроны характеризуются тем, что они не включены непосредственно в цепочку передачи информации от детекторов на входе к эффекторам на выходе. Образцы «отсылают на синапсах», они модулируют проводимость в основной цепи передачи информации. Модуляторные нейроны можно разделить на командные, специфичные в пределах рефрактерной дуги одного рефлекса, и генерализованные, охватывающие своим влиянием ряд рефрактерных дуг и тем самым определяющие общий уровень функционирования системы. Командные модуляторные нейроны, усиления или ослабления симметричных входов на командных нейронах, перераспределяют приоритеты тех реакций, за которые эти командные нейроны ответственны. Устойчивое усиление симметричных связей на определенном командном нейроне является одним из оснований создания доминанты.

Восстановление векторов возбуждения по матрице вероятностей условных реакций. Пластичный $ВС$ командного нейрона в ходе подкрепления условного раздражителя становится совпадающим по направлению с $ВВ$ условного стимула. Если затем ввести переучивание, выбрав в качестве условного другой раздражитель, то вектор пластических связей трансформируется в $ВВ$ нового условного раздражителя. Последовательно проводя переучивание, можно получить матрицу вероятностей условных реакций на условные и дифференцировочные раздражители. Собственные векторы этой матрицы представляют собой базис пространства $ВВ$. Для нахождения собственных векторов можно применить процедуру последовательной ортогонализации относительно того, как это было описано для матрицы субкритических реакций.

Анализ матрицы смещения, образованной вероятностями реакций на условные и дифференцировочные раздражители, позволяет установить базис перцептивного пространства. По координатам $ВВ$, полученным в результате анализа матрицы смещения, можно восстановить значения вероятностей реакций. Они прямо пропорциональны скалярным произведениям $ВВ$ условного стимула на $ВВ$ дифференцировочного раздражителя.

Векторное пространство реакций. Командный нейрон воздействует на ансамбль премотормых нейронов, в свою очередь связанных с moto-нейронами. Воздействуя на ансамбль премотормых нейронов, командный нейрон порождает в них управляющие ВВ, которому соответствует конкретный паттерн возбуждения moto-нейронов, определяющий внешнею реакцию. Поле командных нейронов обеспечивает сложный набор запрограммированных реакций. Это достигается тем, что каждый из командных нейронов поочередно может воздействовать на ансамбль премотормых нейронов, порождая в них специфические управляющие ВВ, которые и определяют разные внешнею реакции. Командные нейроны получают от ансамбля преддетекторов или от детекторной карты общий для всех ВВ. Однако процесс обучения реализуется избирательно только в том командном нейроне, неактивный вход которого специфически активируется подкреплением. Процесс формирования ВС, определяемого условным раздражителем, происходит только в том командном нейроне, неактивный вход которого специфичен в отношении подкрепления. Таким образом, формируется условный рефлекс, избирательный как в отношении условного сигнала, так и той реакции, которую вызывает подкрепление.

Каждой внешнею реакции соответствует свой командный нейрон и управляющий вектор. Все разнообразие реакций можно представить в пространстве, размерность которого определяется числом премотормых нейронов, возбуждение которых образует управляющие векторы.

Нейронная сеть, измеряющая различие между стимулами. Каждый стимул представлен ВВ, компонентами которого являются возбуждения преддетекторов. Модуль различия ВВ равен различию между стимулами. Различие между стимулами в нейронной сети определяется рядом выгов. В специальных «разностных» нейронах находят различия отдельным компонентам ВВ, порожденных стимулами, между которыми определяется различие. Разностные нейроны представлены парами с разным порядком вычитания. В каждом разностном нейроне такой пары возбуждение равно абсолютной величине различия сравниваемых компонентов ВВ.

Таким образом, на выходе разностных нейронов образуется вектор с компонентами, равными абсолютным вычитаниям различий соответствующих компонентов сравниваемых ВВ. Абсолютные величины этого вектора различий (сто дмвы) измеряется суммой абсолютных величин его компонентов. Такое измерение даным вектора соответствует синх-блок метрике. Дальнейшая процедура измерения различий аналогична той, которая имеет место при измерении идентичности. Принципы этого измерения сводятся к тому, что все-

тер равностей поступает на набор детекторов, настроенных на разные величины разностей. В результате детекторы выдают величины разностей, реакция выборочно возбуждается на определенную величину разности.

Время реакции обнаружения цели. Если два стимула образуют конфигурацию в виде фигур и фона, то время обнаружения фигур определяется той же нейронной сетью, которая была рассмотрена при анализе механизма определения разности между стимулами. Отличие заключается в том, что выходы разностных нейронов, генерирующих абсолютные значения разностей компонентов двух ВВ, теперь подключаются к командному нейрону. Командный нейрон, симметрические веса которого единичны, суммирует эти абсолютные значения разностей. Время выполнения возбуждения командным нейроном тем меньше, чем больше сумма полученных возбуждений. Командный нейрон управляет реакцией, сигнализирующей об обнаружении цели. Поэтому и время реакции определяется абсолютной величиной разности ВВ фигур и фона. Таким образом, субъективное различие между стимулами и время обнаружения цели определяются одной величиной – абсолютным значением разностей соответствующих ВВ. Чем больше субъективное различие между фигурой и фоном, определенное модулем разности их ВВ, тем меньше время реакции. При равенстве ВВ фигур и фона цель не обнаруживается и время реакции формально стремится к бесконечно большому значению.

Этап образной декларативной памяти. Память подразделяется на процедурную (возникающую в каналах передачи сигнала) и декларативную (связанную с формированием новых элементов, сохраняющих следы поступающих сигналов). Декларативная память сама подразделяется на ряд форм. Существует две формы декларативной памяти: образная и семантическая. При формировании условного рефлекса память реализуется в тех пластичных симметрических контактах командного нейрона, по которым он получает возбуждения. При перучивании веса связей возникают новые значения. Это соответствует свойствам процедурной памяти. Образная декларативная память связана с формированием «пластических единиц» – нейронов, фиксирующих отдельные события. Возбуждение «пластических единиц» долговременной памяти в отсутствие внешнего воздействия приводит к возникновению представления, соответствующего этому событию. Декларативная память регистрирует события, затем устойчиво их сохраняет.

Декларативную память можно изучать методом заданного эталона. Испытуемый выполняет стандартный стимул, служащий эталоном, после чего ему предъявляются серии различных стимулов, из которых он должен выбрать совпадающие с эталоном. Точность сохранения эталона характеризуется распределением вероятностей отождествления стимулов серии с эталоном. Модернизированный метод заданного эталона позволяет построить пространство декларативной памяти. После запоминания эталона каждой последующей стимул сравнивается со следом эталона в памяти и дается численная оценка различия между следом эталона и данным стимулом. Таким образом, эталон характеризуется вектором, компонентами которого являются отклонения его следа от тест-стимулов. Затем вводится другой эталон и эксперимент повторяется. Так формируется матрица различий между следами эталонов и тест-стимулами.

Собственные векторы этой матрицы образуют базис пространства декларативной памяти, в котором следы эталонов представляемы точками. Сравнение пространства декларативной памяти с гиревитивным пространством тех же стимулов, воспринимаемых непосредственно, показывает их изоморфизм. След каждого эталона связан со следомм ВВ, который может соотноситься с афферентами ВВ, приводя к субъективной оценке различия следа и фактически действующего стимула. Изоморфизм пространства декларативной памяти и предсказан совмещает, что ядро декларативной памяти также представляет собой сферическую поверхность.

Ядро кратковременной памяти. Кратковременная (рабочая, оперативная) память хранит след события в легко доступной для различных когнитивных операций форме. Последствиями кратковременной памяти основано на разной по длительности удерживке тестового стимула от относительно эталона при оценке различия между ними. Матрица субъективных различий между эталоном и задержанным во времени тест-стимулом позволяет построить пространство кратковременной памяти, которое практически совпадает с пространством непосредственного восприятия этих стимулов. ВВ кратковременной памяти может соотноситься с ВВ тест-стимула, что приводит к корреляции оценки различия между удерживаемым следом и фактически действующим.

Ядро семантической декларативной памяти. Семантическая память — форма декларативной памяти — хранит связи групп элементов образной памяти с другими ее элементами, являясь своего рода символом этой группы. Элементы группы образуют значение символа. При подаче

стимула-символа происходит активация элементов символической группы. Возбуждение этих элементов образует ВВ образной декларативной памяти. При подаче другого стимула-символа возбуждается другой ансамбль элементов долговременной памяти, образующий другой ВВ. Абсолютная величина величин этих ВВ определяет семантические различия этих стимулов-символов. Если ВВ, генерируемые стимулами-символами, совпадают, то такие символы являются синонимами. Представляя испытываемую пару стимулов-символов для оценки различия их значений, можно получить матрицу субъективных семантических различий и на ее основе построить семантическое пространство. Семантическое пространство изоморфно тому пространству памяти, на основе которого определяются значения символов. Каждый стимул-символ представлен в семантическом пространстве с помощью ВВ образной памяти. Стимулы-символы сами могут составлять группы, представленные символами высшего порядка.

Нейроны новизны и тождества. В нейронных сетях существует особый нейрон, позволяющий поддерживать возне сигналами и ослабить привычные. Этот эффект достигается при участии нейронов новизны и тождества. Нейрон новизны обладает фоновой импульсацией, которая возрастает при действии новых сигналов по удаленности стимулов. На нейрон новизны проецируется множество детекторных карт, участки которых представлены селективными детекторами. Селективные детекторы образуют на нейроне новизны отдельные возбуждающие пластичные синапсы. Реакция нейрона новизны, как и командного нейрона, равна скалярному произведению ВВ на ВС. Исходя из веса пластичных синапсов выходы и равны друг другу. При действии нового стимула импульсация нейрона новизны возрастает. По мере повторения стимула веса задействованных синапсов уменьшаются и в зависимости от сил прошедшего возбуждения и на нейроне новизны формируется ВС, ортогональный ВВ повторяемого раздражителя. Ответ нейрона на повторяемый стимул избирательно поддается. Таким образом, при действии привычного стимула в нейроне новизны возникает дисингибиционная активация и сохраняется лишь фоновая активность. ВС, стоящий в процессе привыкания ортогональным ВВ привычного стимула, определяет реакцию на стимулы, отличные от привычного. Чем больше ВВ нового сигнала отличается от ВВ привычного стимула, тем ответ нейрона новизны больше. Это объясняется тем, что ВВ нового стимула уже не ортогонален выработавшему ВС, и ответ нейрона, равный скалярному произведению ВВ на ВС, растет по мере отличия нового сигнала от привычного.

Нейрон тождества также обладает фоновой активностью, и на нем через пластичные связи с конвергируют детекторы разных модальностей. Однако детекторы связаны с нейронами тождества не через возбуждающие связи, так это имеет место в нейронах новизны, а через тормозные. При действии нового раздражителя фоновый ритмик в нейронах тождества подавляется. При повторении раздражителя ВС тормозные пластичные сигналов становится ортогонален ВВ привающего раздражителя, тормозная реакция исчезает и нейрон тождества сохраняет фоновую активность. При изменении стимула тормозная реакция нейронах тождества становится тем больше, чем больше отличие ВВ от сформированного ВС. Так нейроны тождества сохраняют активность при действии привычного раздражителя, но подавляют ее при действии нового стимула.

Итак, новый раздражитель возбуждает нейроны новизны и тормозит нейроны тождества. Регулирующие сигналы воздействуют на нейроны двух антагонистических систем активизирующей и ингибирующей, соотношение которых определяет общий уровень функционального состояния элементов рефлекторной дуги. Новый раздражитель стимулирует активизирующую систему мозга и подавляет ингибирующую (тормозную). Привычный стимул, перестав влиять на активизирующую, усиливает вклад тормозной системы.

Векторная модель цветового зрения¹. Исследованиями цветового зрения человека показывается, что воспринимаемый цвет определяется направлением фиксированного по длине четырехкомпонентного ВВ. Спектральные характеристики координат отдельных ВВ соответствуют спектральным характеристикам возбуждений четырех типов нейронов: двух цветокомпонентных (красно-зеленых и сини-желтых) и двух ахроматических (яростных и темновых).

Существенное различие между цветами равно модулю разности их ВВ. Три угла цветовой пилорферы соответствуют цветовому тону, светлоте и насыщенности. Представленные субъективные различия между стимулами с помощью евклидовых расстояний между координат соответствующим их ВВ открывают новые перспективы перед методом многомерного шкалирования, позволяющей на формальной процедуре редукции данных становится возможным, позволяющим на основе психологических данных раскрывать нейронную организацию исследуемой функции.

¹ Исследования в области цветового зрения финансировались Российским Фондом фундаментальных исследований. Код проекта «Сравнительное нейробиологическое исследование цветового зрения человека и животных»: 93-04-20511.

Время простой двигательной реакции при обнаружении цветовой фигуры на цветном фоне определяется модулем разности ВВ фигуры и фона. Чем больше модуль разности ВВ для фигуры и фона, тем быстрее реакция человека, достигая при максимальных различиях несоразмерно меньшум.

Детекторная теория рассматривает порог различения как угловое расстояние между соседними детекторами. Длина дуги, отделяющая на цветовой сфере два стимула, равна сумме порогов (числу детекторов между точками, представляющими стимулы). Субъективное различие, равное евклидову расстоянию между этими точками, меньше суммы порогов. Это различие объясняет расхождение между законом Феттера (сумма порогов, равная дуге) и законом Стюенса (евклидово расстояние между точками, представляющими стимулы).

Исследования условий реакции на цветовые стимулы у обезьян и рыб, обладающих хроматическим цветовым зрением, показали, что все множество цветов можно представить точками на поверхности сферы в четырехмерном пространстве. Декартовы координаты этого пространства соответствуют возбуждениям четырех цветокодированных нейронов: красно-зеленого, синие-желтого, фиолетового и темнового. Три угла сферической поверхности соответствуют субъективным аспектам цвета у человека: цветовому тону, светлоте и насыщенности. Векторный код обнаруживается в цветовой памяти и семантические цветовые названия.

Таким образом, векторная модель, определяющая психофизиологические и психофизические характеристики цветового зрения, подтверждает предложенный принцип кодирования сигналов и механизмов обучения.

Векторное кодирование вегетативных реакций. Векторный принцип управления реакциями обнаруживается в реакции изменения частоты сердечного ритма. Комбинация возбужденной симпатической и парасимпатической систем образует векторное пространство. Разным рефлексам (ориентировочному и пассивно-оборонительному) соответствуют разные траектории изменений в этом векторном пространстве и соответственно разные реакции изменения частоты сердечного ритма. Спектральный анализ обнаруживает разные по частоте колебания сердечного ритма, что предполагает трехкомпонентную структуру вкладов дыхательной ритмики, сосудистой колебаний и гуморальной регуляции.

Трехмерная векторная структура обнаруживается и при изучении кросс-спектров дыхания и сердечного ритма. При этом вклад сосудистого и гуморального компонентов в сердечный ритм и дыхание возрастает с ростом личностной тревожности и увеличением информативной нагрузки.

Значение. Психофизиология – наука о физиологических механизмах психических процессов и состояний. Современное состояние психофизиологии характеризуется возрастанием интереса к нейронным механизмам психофизиологических закономерностей. Векторная психофизиология – направление в психофизиологии, связанное с интеграцией нейрофизиологических и психофизиических данных в рамках геометрической модели когнитивных процессов.

Важней раздражитель представлял в нервной системе определенной комбинацией возбуждений нейронного ансамбля – вектором возбуждения. Важнейшей операцией, реализуемой в нейронных сетях, является нормировка ВВ, в результате чего стимул кодируется угловым положением ВВ. Нормировка означает, что все множество сигналов в нервной системе представлено на поверхности сферы, размерность которой определяется числом независимых элементов нейронного ансамбля. Различия между сигналами кодируются евклидовыми расстояниями между концами ВВ, представляющими эти сигналы.

Векторное кодирование означает, что в нейронных сетях данному сигналу ставится в соответствие комбинация возбуждений элементов нейронного ансамбля. Различия между сигналами в нервной системе кодируются абсолютной величиной разности тел ВВ, которые эти стимулы генерируют.

Управление реакциями осуществляется также комбинациями возбуждений, генерируемых командными нейронами. Важнейшими элементами нейронной сети, участвующими в обработке информации, служат нейроны-модуляторы, изменяющие коэффициенты синаптических связей между нейронами.

Процесс выработки условного рефлекса связан с трансформацией синаптических контактов между элементами нейронного ансамбля, кодирующими сигнал на входе, и командным нейроном, управляющим данной реакцией. Этот набор синаптических связей образует вектор синаптических связей. В ходе выработки условного рефлекса ВС становится коллинеарным ВВ. Реакция командного нейрона, равная скалярному произведению ВВ на ВС, достигает при этом максимума. Соответственно вероятность вызова условной реакции на подкрепляемый раздражитель достигает максимума. Вероятность вызова реакции на дифференцирующий раздражитель определяется скалярным произведением вызываемого им ВВ и сформированного ВС. Таким образом, исследование вероятностей условных реакций открывает возможность расшифровки транзакций кодирования сигнала нейронным ансамблем.

Векторный подход к кодированию внешних сигналов, обучению и управлению ресурсами открывает возможности построения нейронных механизмов и психологических закономерностей в единой непротиворечивой модели.

Е.Н. Соколов

ПЕЙСМЕКЕРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ В КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССАХ*

Пейсмекерный потенциал в поведении

Если механизмы рефлексивного поведения в форме классических и инструментальных рефлексов исследованы достаточно подробно, то механизмы активных форм поведения до сих пор остаются вне поля зрения исследователей. Часто это объясняется тем, что активные формы поведения сводятся к участю следов памяти. Однако это далеко не отражает решения проблемы, так как возникает вопрос: о том, как происходит актуализация этого следа памяти.

Проблема активного поведения встает уже при анализе процессов при обучении методом «проб и ошибок». Действительно, почему после неудачной попытки открыть дверь «проблемной клетки» животное переходит к новой комбинации движений, требующей нового сенсорного обеспечения? Этого мало. Часто такие комбинации движений и сенсорных сигналов вообще не встречаются в опыте животного. Такое активное поведение сменитическим можно себе представить в виде генератора случайных чисел, за которым следует операция отбора случайных комбинаций. Отдельные фрагменты движений комбинируются в случайную последовательность, которая сопоставляется с сенсорной информацией на предмет возможности реализации данной комбинации движений. К исполнению принимается только реализуемая комбинация движений. Когда программа движений реализуется, то в случае успеха она стабилизируется за счет положительного подкрепления. При отрицательном результате генерируется новая случайная комбинация движений.

Такой «эволюционный» алгоритм активного поведения имеет под собой стробное основание. Постмарковской нейронный генератор случайных чисел соответствует штурману, а два этапа отбора эффективных комбинаций соответствуют избирательной и постизбирательной стадиям естественного отбора. При этом предвзвешенный отбор комбинации движений на их реализуемость, продолжающий до начала выполнения программы, соответствует избирательной стадии отбора, а отбор движений в результате их реализации аналогичен постизбирательной стадии естественного отбора.

* Доклад, представленный IX Психологическому и Педагогическому (14.10.1998) и X Психологическому и Педагогическому (14.10.1998) симпозиумах при участии Е.Н. Соколова «ВРЕМЯ И СТАБИЛЬНОСТЬ» – 1998. Международной Организации Психологов (IOP).

«Эволюционный» алгоритм активных форм поведения, характеризуясь формальной простотой, ставит ряд трудных вопросов перед исследователем нейронных механизмов активного поведения:

1. Существует ли некоторое подобие генератора случайных чисел на нейронном уровне?

2. Как следы фрагментов движений формируются в определенную комбинацию в качестве программы предстоящего поведенческого акта?

3. Как еще до начала исполнения происходит проверка возможной реализации данной комбинации движений?

Упрощая задачу, рассмотрим механизм случайной генерации отдельного фрагмента движения. Тем самым мы сначала сосредоточимся на вопросе нейронного аналога генератора случайных чисел. Поскольку такой генератор должен быть «встроен» в отдельный нейрон и быть способным функционировать в изоляции, то основным постсинаптическим потенциалом, зависящим от графика внешних по отношению к нейрону сигналов, тем самым исключается. В ряде нейронов, получивших название ритмогенераторов или пейсмейкерных нейронов, существуют такие потенциалы, которые генерируются даже при полной изоляции нейрона. Эти градуальные надпороговые потенциалы, достигая порога, запускают генерацию потенциалов действия (ПД). За счет колебаний порога генерации ПД такой нейрон может генерировать случайную последовательность импульсов, аналог случайного числа.

Физиология пейсмейкерных потенциалов

Пейсмейкерные потенциалы — это градуальные колебания мембранного потенциала, регистрируемые внутриклеточным микроэлектродом от тела клетки. Они имеют синусоидальную или пилообразную форму. Во втором случае восходящий фронт имеет более низкий градиент (скорость нарастания), чем нисходящий фронт. Частотный диапазон пейсмейкерных осцилляций в разных нейронах и в разных условиях составляет 0,1–200 Гц. Амплитуда пейсмейкерных волн зависит от их частоты, при увеличении частоты она растет, а при уменьшении — снижается. Пейсмейкерные колебания могут возникать регулярно, образовывать веретена или могут быть представлены одиночными пейсмейкерными волнами. При достижении порога пейсмейкерная волна запускает генерацию потенциалов действия (ПД). Следовая гиперполяризация после потенциала действия прерывает пейсмейкерную волну и запускает следующую пейсмейкерную волну при завершении гиперполяризации, обеспечивая эффект перезапуска.

Пейсмекерные потенциалы обнаружены в нейронах разных структур мозга у животных, стоящих на разных уровнях эволюционного развития (см., напр.: Arvanitaki, Chalazonitis, 1955; Linas et al., 1991). Нейрон, производящий пейсмекерную активность, называется «пейсмекерной нейрон». Пейсмекерные нейроны могут быть агулально-, лентитно- и потенциально-пейсмекерными. Агулальные пейсмекерные нейроны характеризуются спонтанной активностью, которую не нужно вызывать (рисунк 1). Латентный пейсмекер содержится в скрытом виде пейсмекерной мембраны, но для его запуска необходимо возбуждающее синаптическое воздействие или внутреннее или детонаторная деполаризация. Потенциально-пейсмекерной нейрон не обладает спонтанной колебательной потенциала, но в отличие от лентитно-пейсмекерного нейрона, пейсмекерная активность в нем может быть вызвана только в определенных условиях, сенсорных или дуралловых (жолкоуточных).

В зависимости от типа активности пейсмекерные нейроны разделяются на пачные и регулярные. Пачные нейроны характеризуются появлением последовательности осцилляций, которая прерывается полной гиперполяризацией, в результате которой генерация пейсмекерных колебаний прерывается и повторно возникает после завершения гиперполяризованной волны. Повторяющиеся гиперполяризованные волны переводят пейсмекерные осцилляции в последовательность типа «активности-паузы». Регулярные пейсмекерные нейроны характеризуются колебаниями, возникающими с относительно постоянной частотой.

Механизмы генерации пейсмекерных потенциалов

Пейсмекерные осцилляции, регистрируемые от нейрона, происходят в изолированной нейронной сети имеют внутреннее (эндогенное) происхождение, а не являются результатом синаптических или объемных взаимодействий между нейронами. Это может быть продемонстрировано на идентифицированных нейронах (нейронах, идентифицируемых в разных препаратах). Пейсмекерная активность, выявленная в идентифицируемом нейроне в intactной нервной системе сохраняется после полной изоляции тела клетки. Таким образом, пейсмекерный нейрон может проявлять пейсмекерную активность при отсутствии любых синаптических воздействий и даже после его полной изоляции, когда синаптические эффекты полностью исключены.

Новые механизмы пейсмекерных потенциалов. Существуют две главные теории, объясняющие пейсмекерные колебания. Согласно первой, пейсмекерные потенциалы отражают работу электрогенного натрий-кальциевого насоса. Электрогенный эффект возникает в результате нарушения баланса

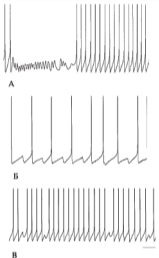


Рис. 1. Примеры активности трех пейсмекерных нейронов. При достижении пейсмекерным потенциалом порога возникает потенциал действия (ПД). А, Б, В — разные моменты спайковой активности пейсмекерного проводящего. Калибровка для А: 2сек, 10мВ; Б и В: 0,5сек, 10мВ

между выведением из клетки ионов натрия и выведением ионов калия. Этот дисбаланс вызывает дополнительную гиперполяризацию мембраны на NaV . Флаукурация в работе натрий-кальциевого насоса приводит к пейсмекерным каналам. Осцилляции электрогенного компонента активного транспорта ионов объясняются пороговым аррестом выключения активного транспорта, когда внутриклеточная концентрация натрия превосходит определенную величину. Аналогичным образом активный транспорт прекращается, когда содержание ионов натрия возвращается к норме. Амплитуда колебаний лежит в пределах между этими уровнями. Эта теория, объясняющая медленные осцилляции, с трудом может быть применима для пейсмекерных потенциалов в высокочастотном диапазоне.

Согласно второй теории, пейсмекерные осцилляции возникают в результате взаимодействия кальциевых и кальций-зависимых калиевых каналов. Предполагается, что кальций, входящий в нейрон через невольтерные кальциевые каналы, деполаризует его, образуя восходящий фронт пейсмекерной волны. Повышение кальция в нейроне приводит к открытию кальций-зависимых калиевых каналов. В результате ионы калия выводят из клетки, что обеспечивает гиперполяризующую фазу пейсмекерной волны. В результате гиперполяризации кальциевые каналы закрываются, и вход ионов кальция в клетку прекращается, что в свою очередь влияет на состояние калиевых каналов. Нейрон возвращается к полному равновесному состоянию. Дополнительно, для объяснения начала следующего цикла следует учитывать активацию под влиянием гиперполяризации внутренних каналов, что приводит к последующей деполаризации мембраны. Это в свою очередь ведет к активации кальциевых каналов и повторению пейсмекерного цикла. Таким образом, пейсмекерный цикл включает: 1) активацию потенциал-зависимых кальциевых каналов, 2) активацию кальций-зависимых калиевых каналов, 3) инактивацию потенциал-зависимых кальциевых каналов, 4) инактивацию кальций-зависимых калиевых каналов, 5) активацию под влиянием гиперполяризации внутренних каналов.

Еще один механизм возникновения пейсмекерных потенциалов связан с выходом ионов кальция из внутриклеточного депо, где он содержится в связанном состоянии. Выход ионов кальция из депо повышает его внутриклеточное содержание и деполаризует клетку, что приводит к открытию кальций-зависимых калиевых каналов и последующей гиперполяризации клетки. Таким образом формируются де- и гиперполяризационные фазы пейсмекера. Выход из депо зависит от уровня деполаризации. Поэтому при гиперполяризации, вызванной выходом калия из клетки, кальций накапливается в депо, что обеспечивает начало нового пейсмекерного цикла.

Итак, предполагается три возможных способа возникновения пейсмерной потенциалов: 1) оказываемой с работой электрогенного калиевого канала насоса, 2) с взаимодействием кальциевых и калиевых-зависимых калиевых каналов, и 3) с выходом ионов калия из нутралеметовых деп.

Частота пейсмера может в широком пределах изменяться с изменением уровня мембранного потенциала. При гиперполяризации, превышающей порог открытия некоторого мембранный потенциал-зависимых каналов, нейрон из «астуального пейсмера» становится «латентным пейсмером». Однако частота пейсмера может быть различной в три одном изменении мембранного потенциала. Так, высокочастотный пейсмерной нейрон характеризуется высокой плотностью потенциал-зависимых кальциевых потенциалов, определяющей большую крутизну последующего фронта пейсмерной волны. Если при этом плотность калиевых-зависимых калиевых каналов невелика, то пейсмерной цикл сокращается, частота пейсмера повышается. Такой механизм позволяет создавать кластер с частотно-сферическими генераторами пейсмерных колебаний.

В одном нейроне может быть несколько участков мембраны (аксонов) с высокой плотностью кальциевых каналов разного типа. В результате один нейрон может быть настроен на активность в нескольких частотных диапазонах. Микроэлектрод, введенный в тело кластер, регистрирует пейсмерные потенциалы с амплитудой порядка 10 мВ в диапазоне 1–12 Гц. Эти пейсмерные потенциалы возникают в клеточном теле и могут быть непосредственно зарегистрированы. Они участвуют в генерации соматических потенциалов действия. Пейсмерные потенциалы в диапазоне 30–200 Гц также могут быть зарегистрированы микроэлектродом, введенным в тело клетки (Родригес, Лима, 1997). Функция таких пейсмерных потенциалов, по-видимому, заключается в усилении соматической эффективности. Это происходит, когда пресинаптический вход совпадает по частоте и фазе с эндогенными пейсмерными колебаниями.

Взаимодействие пейсмерных потенциалов, потенциалов действия и соматических потенциалов

Потенциал-зависимые кальциевые каналы делится на низкочастотные и высокочастотные. К низкочастотным относится каналы типа T, обеспечивающие такие процессы, происходящие вблизи потенциала покоя, как пейсмерные волны. К высокочастотным потенциал-зависимым кальциевым каналам относится каналы типа L, N, P, Q, R, участвующие в кальциевых потенциалов действия и различаются своей кинетикой,

фармакологической специфичностью и локальностью. Если пейсмейкерный потенциал достигает уровня деполяризации, соответствующего порогу срабатывания высокопороговых кальциевых каналов, возникает кальциевый ПД. Однако пейсмейкерный потенциал может достичь порога срабатывания потенциал-зависимых натриевых каналов, что приводит к генерации натриевого ПД. Кальциевый и натриевый ПД могут складываться. Тогда, чтобы разделить вклад натриевых и кальциевых каналов, используют бинастричную среду и блокаду кальциевых каналов кобальтом или кадмием.

Другой формой участия пейсмейкерного потенциала в стабилизации является его подмывание к антидромному потенциалу действия — аксонному ПД. Нейрон, имея сеть дивергирующей аксонов, может обладать на них пейсмейкерными докусами. Это имеет место в частности на участках бифуркации, где плотность потенциал-зависимых каналов возрастает, образуя локальный генератор управляемая группой аксоновных потенциалов. Если пейсмейкерный потенциал в узле ветвления достигает порога генерации ПД, то по аксонам распространяется и к пресинаптическим участкам аксоны, и к соме нейрона. В связи с тем, что на участке между аксоном и сомой отсутствуют ПД, потенциал-зависимые натриевые и кальциевые каналы отсутствуют, ПД достигает сомы за счет пассивного электротонического распространения в виде аксонного спайма (А-спайма). Высокочастотная деполяризация активирует пейсмейкерный потенциал сомы и, если последний достигает порога генерации соматического ПД, возникает спайк, распространяющийся по всей аксонной сети данного нейрона, в том числе и по терминалам, где первоначально возник ПД. Таким образом, там возникает два ПД — первый, возникший под влиянием локального пейсмейкера, и второй — связанный с активацией пейсмейкера сомы. Если процесс повторится, в нейроне возникает «внутриклеточная реверберация», порождающая целую серию ПД (Палахова, 1985). Основой такой внутриклеточной реверберации является взаимодействие локального аксонного пейсмейкера, аксонного ПД, соматического пейсмейкера и соматического ПД.

В связи с тем, что пейсмейкерные потенциалы в соме нейрона определяются низкопороговыми кальциевыми каналами, они могут отсутствовать при значимых потенциалах клетки ниже этого уровня. В этом случае возникновение подпорогового для генерации ПД возбуждающего постсинаптического потенциала (ВПСП), вызванная деполяризационной сдвиг, запускает серию самоподдерживающихся пейсмейкерных волн, которые, достигая порога срабатывания высокопороговых кальциевых или натриевых каналов, образуют серию ПД, длительность которой может намного превышать длительность ВПСП. ВПСП, деполяризуя мембрану, может

активировать пейсмейкерную активность, продолжаясь и после окончания ВПСП. Таким образом, пейсмейкер усиливает эффект ВПСП. Терминаль постсинаптического потенциала (ТПСП), гиперполярируя мембрану, может преградить тесную пейсмейкерную активность. С другой стороны, ТПСП также может активировать пейсмейкерный механизм. Это достигается сокращением гиперполяризации, что приводит к инициации деполаризационной фазы пейсмейкерной волны. После запуска пейсмейкерная активность может продолжаться, самоподдерживаясь за счет внутреннего пейсмейкерного механизма. Пейсмейкерные волны в свою очередь по-разному влияют на постсинаптические потенциалы, суммируясь с ними или меняя проводимость мембраны. Совпадая по фазе с ВПСП или ТПСП, пейсмейкерные волны увеличивают их амплитуду в результате суммации. Находясь в противофазе, пейсмейкерные волны и синаптические потенциалы уничтожают друг друга.

Симметричная активность влияет на частоту и фазу пейсмейкерной активности. Параллельная интравентрикулярная регистрация активности одиночного пресинаптического нейрона и постсинаптического пейсмейкерного нейрона показала элементарные популяционные постсинаптические потенциалы, запускаемые в постсинаптической клетке одними потенциалом действия, вызванными в пресинаптическом нейроне вспышкой деполаризующего тока. Регулярные подорожные пейсмейкерные потенциалы, наблюдаемые в постсинаптической клетке, достигали порога генерации ПД. Элементарный ВПСП, проходящий во время восходящей фазы пейсмейкерной волны, увеличивал пейсмейкерную деполаризацию и ускорял возникновение ПД. В то же время он уменьшал длительность пейсмейкерного цикла. Если частота пейсмейкерных колебаний совпадала с частотой пресинаптических ПД, то возникал фазовый сдвиг пейсмейкерной активности и пейсмейкерные волны синхронизировались с пресинаптическими потенциалами. Синхронизация могла быть достигнута и в случае, когда пейсмейкерные синапсы и пресинаптические входы различались по частоте. Частотная подстройка постсинаптического пейсмейкерного нейрона к регулярным пресинаптическим входам может быть представлена стериальной моделью, (Rosenau, Fliedl, 2003). Фазовый сдвиг и синхронизация ПД основаны на молекулярных механизмах. Регулярные пейсмейкерные волны являются результатом открытия потенциал-зависимых ионных пороговых каналов в канальцах. Увеличение концентрации каналов внутри клетки приводит к открытию каналов-зависимых кальциевых каналов, в гиперполяризации клетки и к запуску следующего цикла пейсмейкерной деполаризации. Подорожные ВПСП, не влияя сами по себе ПД, увеличивают волю пейсмейкерной деполаризации и таким образом облегчают перепадную пейсмейкера. При этом следующий цикл смещается в отношении

и предвзвешен. В слухе, когда частоты пресинаптического и постсинаптического ПД различаются, но гармонически связаны, фазовые сдвиги распространяются на все пейсмерные волны, что приводит к синхронизации стабильной активности независимо от первоначального различия в частоте.

Участие пейсмерных потенциалов в сенсорных процессах

Механизм преобразования звуковых колебаний в электрические сигналы осуществляется волосковыми клетками внутреннего уха, характеризующимися избирательной настройкой в отношении частоты звуковых колебаний. Эта частотная настройка достигается не только метаболическим резонансом, но и участием заданных пейсмерных колебаний, частота которых различна в различных волосковых клетках. Такой пейсмерный резонанс осуществляется тем, что у основания волосковой клетки в активной пресинаптической зоне находится потенциал-зависимый кальциевый и кальций-зависимый калиевый каналы. Пейсмерные колебания в пресинаптическом участке волосковой клетки вызывают в результате взаимодействия этих каналов. При этом в фазе открытия кальциевых каналов, входящие в волосковую клетку токи кальция, определяют выбор трансмиттера, производящего на постсинаптические структуры двудитерголюток спирального ганглия, образующий слуховой нерв, и порождают в нем ритм ПД.

Разная частота пейсмерных колебаний в отдельных волосковых клетках достигается двумя механизмами: разной плотностью кальциевых каналов и разной кинетикой кальций-зависимых калиевых каналов. Другой волосковой механизм — разная величина элементарного тока в ионных каналах. Чем больше элементарный ток в кальциевом канале, тем скорее будет возрастать концентрация кальция в клетке, тем скорее будет проходить открытие калиевых каналов и тем выше будет частота пейсмерных колебаний при постоянной величине мембранного потенциала (Найфорт, 1997). Таким образом, разная частота пейсмерных колебаний в разных волосковых клетках образует механизм их частотной настройки на звуковые колебания.

Пейсмерный потенциал в процессах восприятия

В настоящее время большое внимание уделяется высокочастотным гамма-колебаниям, регистрируемым в ЭЭГ человека и животных. Существует две теории их происхождения. Одна теория рассматривает гамма-колебания как сетевой эффект, возникающий в результате синхронического взаимодействия нейронов (Singer, 1990). Другая теория,

опираясь на внутровластичную ретикуляцию, предполагает их эндогенный источник в отдельных нейронах. Более того, как показала последние исследования (Redgrave, Liwa, 1997) источник гамма-колебаний расположен в дендритах релейных нейронов таламуса. Частота этих гамма-колебаний возрастает при деполаризации клетки и снижается при гиперполяризации. Работа такого гамма-генератора сопровождается вводом в дендриты нейрона ионов кальция, что обнаруживается гистохимически.

Сравнивая эндогенные гамма-колебания релейных нейронов таламуса, можно обнаружить их параллельное следствие с высокочастотными рейсмерными колебаниями в волосковых клетках кортиева органа слуховой системы. Различие заключается в том, что частоты рейсмерных колебаний в отдельных волосковых клетках характеризуются специфичностью, которая обеспечивает резонансный эффект при действии звуковых стимулов. В релейных таламических нейронах частота в широких пределах перестраивается в зависимости от уровня мембранного потенциала.

Продолжая сравнение с рейсмерной настройкой волосковых клеток можно допустить, что, изменяя частоту гамма-колебаний, релейный нейрон таламуса перестраивает свою частотную настройку. Пусть на синаптические контакты таламического нейрона поступают с определенной частотой возбуждающие синаптические потенциалы. Релейный нейрон будет только тогда реагировать на этот входной сигнал, когда рейсмерный потенциал нейрона совпадет по частоте с частотой входного сигнала. Поскольку частота рейсмера зависит от уровня мембранного потенциала, релейный нейрон может быть либо подключен к источнику входных сигналов, либо отключен от него. Если при этом каждый релейный нейрон может изменять частоту своего рейсмерного потенциала независимо, то в разных условиях входной поток будет активировать различные комбинации релейных нейронов.

Возвращаясь к проблеме возникновения различных комбинаций возбужденных нейронов, можно предположить, что один входной сигнал может генерировать разные комбинации центральных нейронов, выделяя таким образом разные аспекты ситуации. Другими словами, стабильный рейсмерный потенциал отдельных волосковых клеток определяет высокую избирательность на входе. Перестраиваемая частота рейсмерного потенциала центральных нейронов обеспечивает избирательное восприятие разных аспектов входного сигнала.

Пейсмекерный потенциал в установившихся декларативной памяти

Пейсмекерные потенциалы принимают участие в частотно-спектральной настройке ретротронов (волосяные клетки внутреннего уха) и сенсорных нейронов (делетные нейроны таламуса). Настройка сенсорных нейронов может быть гибкой за счет регуляции частоты децартиных эндогенных пейсмекерных потенциалов уровнем мембранного потенциала. Продолжительно такая настройка может быть избирательной в отношении отдельных дендритов или даже отдельных пептинов. Продолжая сопоставление участия пейсмекерных потенциалов в настройке ретротронов и сенсорных нейронов можно сделать следующий шаг и рассмотреть участие пейсмекерного потенциала в формировании декларативной долговременной памяти на примере потенциации большой длительности.

Высокочастотное раздражение нейронов пептинами создает в симметричных контактах пирамидных клеток долговременную постсинаптическую активацию. Замечательным свойством этих долговременных потенциалов является то, что их возникновение облегчается, если высокочастотное раздражение модулировано на частоте тета-ритма (3–7 мГц/сек). Источником тета-ритма являются пейсмекерные нейроны перегородки (септум), которые сами получают сигналы от активирующей ретикулярной системы, запускающей их эндогенную активность. Следует подчеркнуть, что тета-ритм возникает при действии новых раздражителей, вызывая новую ориентировочную реакцию и в условиях активного ориентировочно-последовательного поведения (Sokolov et al., 2002). Учитывая тот факт, что высокочастотные послылы извустом, следующие с частотой тета-ритма, создают оптимальные условия для возникновения потенциации большой длительности, логично допустить: в естественных условиях тета-ритм является фактором, обеспечивающим запись новой информации в долговременной декларативной памяти.

Пейсмекерный потенциал и поддержание ритмической активности вегетативных реакций

Наиболее детально участие пейсмекерных потенциалов в вегетативных функциях изучено в отношении деятельности сердца. Пейсмекерные клетки синусного узла характеризуются эндогенным ритмом, сохраняющимся при их полной изоляции. Сигналы пейсмекерных нейронов передаются клеткам сердечной мышцы, сокращение которой обеспечивает выброс крови.

Сокращения сердечной мышцы регистрируется в виде зубца R на электрокардиограмме (ЭКГ). Таким образом, исследуя последовательность потенциалов

мелоду зубами R можно следить за частотой пейсмекерных потенциалов и ритмом опорного узла. При этом обнаруживается, что интервалы между R зубами 50Г даже в условиях покоя характеризуются модулирующими изменениями, поступающими от органов дыхания, сосудов и терморегуляторов. Эти влияния реализуются на разных частотах, и спектральный анализ последовательности зубов R обнаруживает три независимых пика. Таким образом, с одной стороны пейсмекерные потенциалы клеток опорного узла поддерживают средний ритм и определяют границы, с другой — попытка модулировать в живом другом систем, согласует частоту среднего ритма с рабочей частотой других систем организма.

Пейсмекерный потенциал и приемычание и при выработке классического условного рефлекса

Приято считать, что основным механизмом пластических перестроек является симпатическая пластичность. Однако следует учитывать, что обычно постсимпатическое потенциалы протокретинны, тогда как осудетильные реакции требуют длительного поддержания стабильных ритмов. Пейсмекерные потенциалы командных нейронов, запускаемые симпатическая, далее функционируют автономно, поддерживая длительную генерацию ПД. Таким образом, пейсмекерный потенциал командных нейронов является внутрислеточным усилителем симпатических потенциалов.

При функциональном отключении пейсмекерного механизма командный нейрон генерирует короткую импульсную посылку, которая дает ограниченную по времени и интенсивности оборотную поведенческую реакцию. Подсчитанные пейсмекерного механизма, продвигая спайковый ритм, позволяют реализовать длительную поведенческую реакцию. Кроме симпатической пластичности следует учитывать пластичность механизма генерации пейсмекерных потенциалов. Так, внутрислеточная деполаризация командного нейрона приводит к активации пейсмекерных потенциалов. Однако повторная внутрислеточная деполаризация через несколько в столу нейрона микроэлектрод приводит к тому, что реакция активации пейсмекерных потенциалов постепенно уменьшается, демонстрируя эффект привычания. Уменьше и даже ослабление внутрислеточного раздражения приводит к тому, что пейсмекерная активность возникает вновь. В ряде случаев можно наблюдать эффект растормаживания. После нового, в том числе более сильного раздражителя, реакция на исходный стандартный раздражитель восстанавливается.

Аналогичный процесс можно наблюдать при сенсорном раздражении, когда после однократного симпатического воздействия на длительное время

возникает пейсмерный потенциал. При повторении сенсорного стимула активность пейсмерного потенциала ослабевает. Это ослабление пейсмерного потенциала идет более быстро, чем снижение амплитуды ВНСП. Длительность спонтанности процесса привыкания пейсмерного механизма. Совокупление амплитуды двигательной реакции с числом пейсмерных потенциалов действия показывает, что поведенческая реакция определяется в основном вкладом пейсмерных ПД. При сочетании слабого условного раздражителя с более сильным безусловным выбавляется усиление пейсмерной активности в командном нейроне. Соответственно усиливается и поведенческая двигательная реакция на условный раздражитель.

Такая пластичность пейсмерного потенциала, видимо, определяется изменением плотности функционирующих потенциал-зависимых кальциевых каналов. Это можно связать с фосфорилированием-дефосфорилированием белков, образующих потенциал-зависимые кальциевые каналы (Мурашова, Сидик, 1996). Фосфорилирование-дефосфорилирование кальциевых белков определяется соотношением киназа и фосфатаз. Доминирование фосфатаз при повторении стимула определяет снижение плотности реагирующих потенциал-зависимых кальциевых каналов. Доминирование киназ при действии подкрепления приводит к фосфорилированию кальциевых белков и возрастанию плотности реагирующих потенциал-зависимых кальциевых каналов. Соответственно, при повторении слабых стимулов пейсмерная активность уменьшается (пейсмерное привыкание), а при действии сильных стимулов (подкрепление) пейсмерная активность усиливается. Ослабление и усиление пейсмерной активности определяет количество ПД и результирующую силу двигательной реакции.

Пейсмерные потенциалы участвуют и в подкреплении. Усиление постсинаптической эффективности для синаптического входа от условного стимула во время выработки условного рефлекса требует входа в нейрон ионов кальция. Входной в обучаемый нейрон ток ионов кальция, вызванный безусловным стимулом, действует как подкрепление. Пейсмерные колебания, вызванные безусловным стимулом, продвигают вход ионов кальция. Входной в нейрон кальций запускает последовательность биохимических реакций, приводящих к условно постсинаптическим ответам для соответствующих пре- и постсинаптических входов, активируемых условным стимулом.

Длительная активация пейсмерных потенциалов, затухающая в латентно-пейсмерных и потенциально-пейсмерных нейронах, может являться основой внутреннего «спонтанного» поведения, которое непосредственно не связано с определенной дискретной стимуляцией. Пейсмерные потенциалы действуют также как усилители синаптической

активации, предельная спайковая разряд после окончания ВПСП. Такое предельное разряда особенно важно при генерации поведенческих актов, которые даются достаточно долго после окончания наступившего стимула.

Итак, пейзмейкорные потенциалы несут вклад в протекание поведенческих ответов. Уменьшение пейзмейкорной активности при контролируемей стимуляции может ограничить поведенческие проявления без ослабления синаптической эффективности. Уменьшение пейзмейкорных потенциалов во время усиления усложнен рефлексом может привести к исключительно поведенческим реакций еще до того, как произошло изменение синаптической эффективности.

Заключение

В заключение можно сказать, что пейзмейкорные потенциалы выполняют важные функции в различных когнитивных процессах. На уровне рецепторов они определяют избирательную настройку. На уровне сенсорных нейронов определяют выделение разных аспектов ситуации. На уровне гиппокампальных нейронов детерминируют запись информации в долговременной памяти. На уровне вегетативных реакций обеспечивают их согласованную работу. На уровне командных нейронов поведения участвуют в реализации планирования и обуславливания поведенческих реакций.

Литература

- Мурзина Г.Б., Селикс Н.Г. (1996) Математическое моделирование Ca^{2+} зависимых постсинаптических процессов в гиппокампе // Журнал высшей нервной деятельности. Т.46. Вып. 4. С. 674–688.
- Пашкина Т.А. (1985) Триггерные зоны на аксонах сетей идентификационных нейронов Heix // Вопросы кибернетики. Кибернетический анализ человеческого поведения / Ред.: Е.Н. Соколов, А.А. Швалев. — М.: Наука. С. 101–119.
- Arvanitaki A., Chalkoziatis N. (1955) Les potentiels bioelectriques endocytaires du neurone giant d'Aplysia en activite asorythmique // C.r. Acad. Sci. 1955. V. 240. P. 349–351.
- Hudspeth A.J. (1997) How hearing happens: transduction, tuning, and transmission by hair cells // XXXIII International congress of physiological sciences. PL04.
- Urban R.R., Grace H.A., Yason Y. (1991) In vivo neurons in mammalian cortical layer 4 exhibit intrinsic oscillation activity in the 10–50 Hz frequency range // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. V.88. P. 897–907.

- Prosser Ck., Llinas R. (1997) Dendritic calcium conductances generate high-frequency oscillation in thalamocortical neurons // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, V. 94, No 2, P. 724–728.*
- Rhodes M.B.H., Frigui H. (2001) Self organization of pulse-coupled oscillators with application of clustering. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, V. 23, No 2, P. 180–195.*
- Singer W. (1990) Search for coherence: a basic principle of cortical self-organization // Concepts in Neuroscience, V.1, No 1, P. 1–26.*
- Sokolov E.N., Spinks J.A., Naatanen R., Lyytinen H. (2002) The orienting response in information processing. —Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publ., Mahwah, New Jersey.*



Юрий Викторович Александров (родился в 1948 г.) — профессор, доктор психологических наук (специальность — психофизиология). Научные исследования начал в 1968 г. под руководством акад. П.К. Анохина и проф. В.Б. Шварцмана, будучи студентом 1-го Московского Медицинского Института им. И.М. Сеченова, окончил институт в 1972 году. С 1972 года работает в Институте психологии РАН, в котором прошел путь от стажера-исследователя (1972—1974) до ведущего лаборатории (с 1994 по сей день). Область научных интересов: психофизиология, психофизиология человека и нейрофизиологические закономерности формирования реализации поведения человека и животных в норме и патологии. Ю.И. Александровым развит оригинальный методический подход к исследованию системной организации поведения и сформулированы представления о «средних» и «высоких» этапах индивидуального опыта в рутинных и периферических структурах нервной системы человека и животных, описаны психофизиологические основы закона Рибо, сформулированы единые концепции сознания и эмоций. Он автор более чем 150 научных работ. В лаборатории Нейрофизиологическая служба психики им. В.Б. Шварцмана, возглавляемой Ю.И. Александровым, с помощью «системной психофизиологии» — нового направления в психологии — и с применением методов нейронауки, психофизиологии и экспериментальной психологии исследуются закономерности формирования и реализации функциональных систем, анализируются моменты субъективного опыта, их закономерности, динамика неизвестных отношений в поведении и деятельности. Возглавляет Ю.И. Александровым лабораторию гениальности (с 1997, 2000 по 2003 годы) прикладной Высшей Научной Школы России в области Науки о Человеке.

Ю.И. Александров

ТЕОРИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ И СИСТЕМНАЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ¹

Множество всех теорий и подходов, используемых в психологии, психофизиологии и нейронауках, можно условно разделить на две группы. В первой группе в качестве основного методологического принципа, определяющего подход к исследованию закономерностей организации поведения и деятельности, рассматривается реактивность, во второй — активность.

Используемые в теории реактивности как объяснительного в научном исследовании базируется на идеях Рене Декарта. Декарт полагал, что организм может быть изучен, как машина, основной принцип действия которой — рефлекс, обеспечивающий связь между стимулом и ответом. Животные при

¹ Полный текст опубликован в кн.: Александров Ю.И., Вружанский А.В., Суданов К.В., Урицкий Е.А. Системные аспекты когнитивной деятельности. М.: Издательство УРСС, 1999.

этом рассматривались как новые машины, а не как животные — как «схемы несмазанной машины» (Роуз, 1995). Наличие души освобождает человека, тело которого — машина, от автоматического реагирования. Душа его состоит из разумной субстанции, отделимой от материи тела, и может выйти на последнюю через сон. Идея Декарта давно уже стала достоянием не только науки, но и основной бытовой или обыденной космологии, под которой понимается осознание во здравом смысле, не требующее точных определений понятием философских процессов и составных (Сеченов, 1873; Спайс-Нилс, 1986). Акция в быту свободно оперирует понятиями «стигма», «рефлекс», «рефлектор», призывает рассматривать их как нечто само собой разумеющееся и составяющее «реальность» (Москвичев, 1995). Что же касается науки, совершенно очевидно, что серебряный «благородный седьмой столетий» рефлекс (Анохин, 1945) остался центральным концептуальным ядром психофизиологических теорий, несмотря на целый ряд изменений, которые претерпели эти теории (Соловьев, 1995). С рефлекторной позитивной акцией, лежащей в основе поведения, представляются как линейная последовательность, начинающаяся с действия стигмы на рефлекторные аппараты и заканчивающаяся ответным действием.

Рассмотрение во второй группе теорий поведения и деятельности как направленных в будущее, включает познание активности как предпринятого свойства новой материи, конкретная же форма проявления активности зависит от уровня организации этой материи (Анохин, 1978). Категорияльное ядро представляемой данной группе значительно менее помпезно по сравнению с первой. Это ядро сформировалось в результате многократных, особенно в последние столетия, попыток, исходящих из разнообразных теоретических посылок, преодолеть механистические реалистические схемы и заменить их представлениями об активной, динамизированной природе (Alexandrov, Javleba, 1993).

Так, Др. Уильямс (Uexküll, 1957) полагал, что поведение должно быть рассмотрено не как линейная последовательность событий, начинающаяся с возбуждения рецепторов, а как функциональное кольцо. Др. Гибсон считал, что среда и организм разделены, но образуют функциональное единство, в янтарю которого превращаются стимулы-реакции не может быть применен. Разработан также целый ряд других существенно различающихся концепций, которые признают активность в качестве базового методологического принципа (Толман, 1932; Коффа, 1935; Бернштейн, 1966; Девей, 1969, и др.). Специально следует подчеркнуть, что центральным пунктом теории деятельности, развитой в отечественной психологии, является представление об активном, а не реактивном субъекте.

В последние время представления об активном, динамизированном характере поведения человека и животного становятся все более распространяемыми. Наряду с положительными последствиями этот процесс имеет и отрицательные.

Необходимость в поиске «высшего» целенаправленной активности ориентироваться на нейродинамику — ту область исследований, в которой поведение рефлекса очень простое, а также недоучено то, что парадигмы активности и реактивности соотносятся посредством различимых различиях в способах откликов поведения и деятельности, обуславливают целостность многих теорий в психологии и психофизиологии (Александров, 1995).

Утверждая, базироваться на равных кодах целостного объединения полей составных парадигм (активности и реактивности), можно утверждать связь с тем смысловым уровнем 1) «Физиологическая» целостность. Люди ведут себя целенаправленно, а животные отвечают на стимулы. Целенаправленность — преобразованная в процессе видения реальность (см. выше о «живых машинах»). 2) «Уровневая» целостность. В основе целенаправленного поведения и деятельности лежат рефлексивные «механизмы» или «рефлексы». На высших уровнях организации деятельности, историческом процессе, поведении, движении и т.д. действует принцип активности, целенаправленности, а на низших — реактивности. Целостный организм осуществляет целенаправленное поведение, а его отдельный элемент — нейрон реагирует на стимул. 3) «Анатомическая», или «структурно-периферическая», целостность. Нейроны центральных структур пластичны, их активность зависит от поведенческого контекста, истощения, усталости и т.д. Периферические элементы ритмичны и являются лишь преобразователями энергии внешних воздействий в импульсные коды или исполнительные центральные команды.

Одним из системности как один из основных объективных признаков в науке, М.Г. Ярошевский (Ярошевский, 1996) справедливо замечает, что типичной системности является целостность — сочетание разнородных, зачастую противоположных элементов и признаков, замыкающих друг друга. Именно целостность наряду с целостным решением психофизиологической проблемы (см. выше) является наиболее серьезным препятствием на пути синтеза психологического и физиологического знания в рамках методологически непротиворечивой психофизиологии.

Последовательное развитие теории функциональных систем заставило отказаться от представления о реактивности не только на организменном, но и на клеточном уровне в пользу представлений об активности и целенаправленности, что в свою очередь обусловило существенное изменение методологии, задач и методов объективного исследования субъективного мира и привело к формированию нового направления в психологии — **системной психофизиологии**.

Конфигурационные построения многих авторов, относящиеся к парадигме активности, могут быть с теми или иными оговорками рассмотрены как

варианты методологии системного подхода. Системный подход — не новость в психологии (Зинченко, Моргунов, 1994), а сам термин «системный подход» стал использоваться уже больше трех десятилетий назад (Бадурберг, Юдик, 1986). Понимание системности возникло на последовательных этапах развития науки, не одномоментно оно и для разных вариантов системного подхода, существующих на одном и том же этапе (Анохин, 1975). В частности, и в психофизиологии системный подход далеко не однородное направление, общим для таких авторов, как П.К. Анохин, Н.Ю. Белевков, Н.П. Бестурена, М.Н. Ашманов, А.Р. Аруян, Е.Р. Дюон и многих других оказывается главным образом лишь признание того, что «функция» (что бы под ней ни понимали разные авторы) реализуется не отдельными структурами или клетками, а их системами (Шварцман, 1995). Системная психофизиология является развитием теории функциональных систем, разработанной академиком П.К. Анохиным и его школой.

Отличие теории функциональных систем от других вариантов системного подхода

Термин «система» обычно применяется для того, чтобы указать на собранность, организованность группы элементов, отграниченность ее от других групп и элементов. Давалось множество определений системы, которые характеризовали ее, выделая из «несистем». В общем, они сводились к пониманию системы как комплекса взаимодействующих элементов, объединенных определенной структурой. При этом под структурой понимались законы связи и функционирования элементов. П.К. Анохин (Анохин, 1975), подробно проанализировав разные варианты системного подхода, пришел к следующему аргументированному заключению. Взаимодействие элементов само по себе, с одной стороны, не дает исследователю в какой-либо конкретной области науки ничего нового, так как является даже для начинающего исследователя аксиомой. С другой стороны, взаимодействие не может рассматриваться как неограниченно огромное число степеней свободы каждого из множества элементов живых систем; взаимодействие их создает не систему, а закон.

Главным препятствием для использования проанализированных вариантов системного подхода в конкретном исследовании П.К. Анохин считал отсутствие в их методологии понятия о системообразующем факторе, детерминирующем формирование и реализацию системы. До тех пор, пока исследователь не определит такой фактор, который, 1) являлся бы неотъемлемым компонентом системы, ограничивая степень свободы

от элементов и создавая упорядоченность их взаимодействия, и 2) был бы изоморфен для всех систем, что позволяло бы использовать систему как единую модель в самых разных ситуациях, все разговоры о системах и единственности системного подхода перед нескончаемым остервенением разговорами (Анохин, 1975, с.32).

Высшейшим событием в развитии теории функциональных систем стало определение **системообразующего фактора — результата системы**, под которым понимается полезный приспособительный эффект в соотношении организма и среды, достигаемый при реализации данной системы. Таким образом, в качестве детерминанты поведения в теории функциональных систем рассматривается не прошлое по отношению к поведенческому событию — стимул, а будущее — результат. При анализе внешнего поведения человека мы можем описать результат как определенное соотношение организма и внешней среды, которое преобразует действие, направленное на его достижение, и делает возможной реализацию следующего поведенческого акта (Шмырлов, 1978а). Как выглядит достижение результата «изнутри», станет ясно, когда мы обсудим проблему системной детерминации активности нейронов.

На основании результатов уже самых ранних своих экспериментов П.К. Анохин пришел к выводу о том, что для понимания приспособительной активности человека следует изучить не «функции» отдельных органов или структур мозга в их традиционном понимании как непосредственных отправлений того или иного субстрата (Александров, 1989), а как формирование системных организаций, характеризующих множество разнородных морфологических образований. Суть таких организаций состоит в том, что отдельные выделенные в них компоненты не взаимодействуют, а взаимодействуют, координируют свою активность для получения конкретного результата. Рассмотрев функцию как достижение этого результата, П.К. Анохин дал следующее определение **функциональной системы**: системой можно назвать только такой комплекс избирательно включенных компонентов, у которых взаимодействие и взаимостимуляция приобретает характер взаимосодействия компонентов, направленного на получение полезного результата.

Каким образом результат — событие, которое наступит в будущем, — может детерминировать текущую активность? Решением этого «парадокса» была разработка представления об «информированном континенте результата», в модели будущего результата — цели, которая и выступает в качестве такой детерминанты. Выделение понятия **акцелератора результатов действия**, который формируется до реального появления результата

и содержит его противоречивые параметры, стало существовавшим этапом в развитии теории функциональных систем. Закономерности формирования и функционирования акцентора результатов действия разных функциональных систем были проанализированы в многочисленных экспериментах и на самых разных уровнях: от поведенческого до тонкого нейрофизиологического и биохимико-биологического.

Уже для Аристотеля (Аристотель, 1937) была очевидна двенадцатиравность поведения. Следовательно, идея двенадцатиравности никак не может считаться новой, хотя в истории можно выделить период, когда она была надолго вытеснена из научного обихода формирующимся механизмом. В результате старшей школы Ренессанса в области анатомии и физиологии, а главное вследствие появления классической механики, в которой детерминистическое описание включало смысле не цель, вошедло представление о природе, описываемой полностью механистическим (Вор, 1961).

Однако позже понятие двенадцатиравности вновь стали использовать в своих теоретических построениях, как физиологи, так и психологи. Теперь уже утверждается, что цель должна быть «центральной конкурентной в любой модели поведения» (Нисенберг, 1994). Тем не менее, в связи с отсутствием у авторов адекватной теории, позволившей научить деланию детерминацию естественнонаучными методами, двенадцатиравности, присутствующая у них на уровне конкурентной сьем, сразу исчезает, сменяясь реактивностью, как только дело доходит до «реальных механизмов» обеспечения активности организма и, в частности, мозга. В результате возникает двенадцатиравность представлений.

По-видимому, подмена активности и двенадцатиравности реактивностью определяется и определяется тем, что естественнонаучные и вообще экспериментальные методы считаются, как правило, с научным объяснением поведения. Это объяснение традиционно оказывается с парадигмой реактивности, в то время как парадигма активности, двенадцатиравности соотносится с телеологическим объяснением (Дружинин, 1993). Данная ситуация противоречива между «реалистическим» научным и «советским» телеологическим объяснением остроумно передана фразой, которую часто цитировал П. К. Анохин: «Телеология — это дано, без которой ни один биолог не может жить, но стыдиться приходится с ней на лекциях».

Заслуга П.К. Анохина состоит не в том, что он использовал понятие цели в анализе поведения, а в том, что, когда представлялось об акцентуре результатов действия, он устранил противоречие между научным и телеологическим описанием поведения. Поэтому рассмотрение поведенческого акта с позиций теории функциональных систем и как двенадцатиравного, и как противного школе прагматизма (Шварцов, 1978а).

Проблема цели тесно связана с вопросом о специфике жизни. С виталистической позицией она решалась построением существования особой силы, такой как «сила Блейзера», «руководящая сила Бергера» или «виталясма Дриша». Так, Г. Дриш (Дриш, 1913) на вопрос о том, есть ли в цели нечто объяснимое природой только потому закономерностью, отвечал утвердительно. В качестве такой закономерности, по сведению к явлениям неорганического мира, рассматривалась энтропия — «элементарное начало» или «виталяный фактор» жизни. Разработка представления об энтропии способствовала критике метафизических взглядов на причинность в биологии. Поэтому данное представление можно считать, используя терминологию Ю.А. Шрейфера, как палео-фактор, сыгравшую положительную роль в развитии науки наряду с такими факторами, как флогистон, «демон» Максвелла, гравитационные, электромагнитные поля и многие другие представления, факторы которых оспаривал (Кляйн, 1984).

Анализ проблемы происхождения и развития жизни привел П.К. Анохина (Анохин, 1978) к необходимости введения новой категории — **опережающее отражение действительности**. Опережающее отражение действительности понималось с зарождением на Земле жизни и является отличительным свойством последней. Как условие, определяющее возможность появления жизни, П.К. Анохин рассматривал существование «предбиологических систем». Они обладали свойствами, обеспечивавшими устойчивость к возмущающим воздействиям. Примером могут служить «аллостерические системы», устойчивость которых достигается за счет ретроингибирования торможения начальных стадий химической превращения при достижении определенной концентрации конечного продукта этих превращений.

Опережающее отражение связано с активной структурой живой материи в пространственно-временной структуре мира и состоит в опережающей, ускоренной подготовке к будущим изменениям среды. Если, что опережающее отражение могло появиться только постольку, поскольку в мире являлись повторяющиеся ряды событий. Так как принцип активного опережающего отражения начал действовать вместе с возникновением жизни, он представлял на всех уровнях ее организации. Поэтому речь должна идти не о силе реальности активности на определенном этапе онто- или филогенеза, на определенном уровне организации тел или иных процессов, а только о том, в какой форме этот принцип представлен на данном этапе и уровне.

Рассматривая в связи со сложившимся мнением утверждение В.М. Бестерова о том, что «реакция на внешнее воздействие производит не в одних только живых организмах, но и в телах мертвой природы» (Бестеров, 1991, с.21), мы можем согласиться только с последней его частью. Да, тела мертвой природы

реактором, отмечает реакцию на внешнее воздействие. ⁴Что же касается живого организма, то если рассматривать его не как физическое тело, а как целостный организм, совершающий практическостратегическое поведение, следует признать, что он справляет мир окружающей, его активность в каждый данный момент — не ответ на прошлые события, а подготовка, обеспечение будущего.

Итак, первое важнейшее преимущество и признак, отличающий теорию функциональных систем от других вариантов системного подхода, заключается в представлении о структуре действия в конструированную схему. Таким образом, теория функциональных систем, по-первым, включила в конструированный аппарат системного подхода когнитивный системнообразующий фактор и, по-вторым, принципиально включила понятийные детерминанты поведения.

Следует отметить, что когда теория уже четко сформулирована, при ретроспективном анализе литературы могут быть обнаружены высказывания, предвосхищающие какие-либо ее положения. Такова ситуация и с теорией функциональных систем. Так, Дж. Девей еще в конце прошлого века отмечал, что «действие детерминировано не предшествующими событиями, а потребным результатом» (Dewey, 1969, p.100). В 20-е годы XX века А.А. Угитовский (Угитовский, 1978) выдвигал предположение о «подлинном функциональном органе», под которым понималось любое сочетание сил, приводящее к определенному результату. Тем же именем, обоснованно не только теоретически, но и богатейшим экспериментальным материалом целостную систему представлявший мы находим именно в теории функциональных систем. Ее целостность и последовательность состоит в том, что идея активности, целенаправленности не просто включается в теорию функциональных систем наряду с другими положениями, но действительно определяет основное содержание, теоретический и методический аппарат теории. Эта идея определяет и подходы к анализу конкретным механизмов достижения результата поведения, действующим на уровне целостного организма, и понятием организации активности отдельного нейрона (см. ниже).

Как же отмечает теория функциональных систем на вопрос о механизмах, обеспечивающих объединение элементов в систему и достижение ее результата? В чем состоит принципиальное различие рефлекторной теории и теории функциональных систем?

В качестве ключевых положений рефлекторной теории П.К. Анохин выделал 1) исключительность пускового стимула как фактора, детерминирующего действие, исключается его частичной, 2) завершение поведенческого акта рефлекторным действием, ответом; 3) поступательный ход возбуждения по рефлекторной дуге.

Очевидно, что наличие условного стимула не является достаточным для возникновения адекватного поведения. Оно возникает а) после обучения, т.е. при наличии соответствующего материала памяти, б) при наличии соответствующей мотивации и в) в соответствующей обстановке. Эти компоненты рассматривали, конечно, и другие авторы, но лишь как модификаторы или условия, при которых данный стимул вызывает данную, связанную с ним реакцию. П.К. Алексин отмечал, что при появлении определенного стимула в комплексе условий животное может достигать результат поведения самыми разными способами, иногда с этим стимулом не связывающимися. Например, оно может использовать вместо подхода к кормушке подпрыгивание в ней, если вода вдруг становится пресной.

Согласно теории функциональных систем интеграция всех этих компонентов осуществляется в рамках специального системного механизма **афферентного синтеза**, в процессе которого на основе мотивации, при учете обстановки и прошлого опыта создается условия для устранения избыточных степеней свободы — **принятие решения** о том что, как и когда сделать, чтобы получить желаемый приспособительный результат. Принятие решения завершается формированием **актуатора результатов действия**, который представляет собой набор параметров будущих результатов: этаким и конечным и их сравнение с параметрами результатов, реально полученным при реализации программы действия. При сравнении с параметрами полученных этаким результатов выявляется соответствие хода выполнения программы замыслорешающему (подробнее см. Ватуев, 1978; Палова, Шварков, 1978). Указанные системные механизмы составляют **операциональную архитектуру** любой функциональной системы. Из выводов в концептуальную схему функциональных систем — второй называемой, отличающей теорию функциональных систем от других вариантов системного подхода.

Формирование в теории функциональных систем представления о том, что интеграция элементарных физиологических процессов осуществляется в рамках качественно-отличных от них специфических системных процессов, имеет принципиальное значение для развития психофизиологического подхода в анализе поведения и деятельности, а также системного решения психофизиологической проблемы. Разработка представлений о качественной специфичности процессов интеграции явилась открытием нового вида процессов в целостном организме — системных процессов, организующих частные физиологические процессы и несводимых к последним.

Открытие системных процессов позволило трактовать поведение как обмен информацией, или информацией между организмом и средой,

существуемой в рамках этих информационных процессов, а не как материально-энергетические отношения между локальным воздействием и реакцией. При этом было обосновано положение о том, что системные категории теории функциональных систем относятся одновременно и организационно-активности элементов организмы, и ее связи с организационно-средой (Шварков, 1995).

В стабильных условиях, например, лабораторного эксперимента, пусковой стимул реализует готовую **преддусловную интеграцию**, которую можно охарактеризовать как готовность функциональных систем поведения, формирующаяся до его выполнения. Стабильность ситуации создает впечатление детерминированности поведения преддусловным стимулом. Однако анализ нейронной активности и поведения четко показывает, что организация последней определяется тем, какой **результат** достигается в данном поведении, тогда как стимул лишь «запускает», «разрешает» реализацию поведения. В тех случаях, когда один и тот же по физическим параметрам стимул «запускает» разные поведенческие акты (например, пищудобывательный или оборонительный), разными в этих актах оказываются не только характеристики активности нейронов, но даже и сам набор конечных элементов, в том числе и в «операционных» по отношению к стимулу областях мозга (например, в зрительной коре при предъявлении зрительного стимула (Шваркова, 1979; Александров, 1989)).

Что касается положения рефлексорной теории о завершении поведенческого акта действием, то в теории функциональных систем считается, что действие, которым «классическая дуга» завершалась, ... имеет только промежуточный характер» (Аксонн, 1973, с.241). В качестве же заключительного этапа развертывания любого акта рассматривается сравнение прогнозируемых в актиторе результатов действия параметров с параметрами реально полученными результатов. Если параметрам соответствует прогнозируемым, то индивид переходит к реализации следующего поведенческого акта. Если нет, то в аппарате актитора результатов действия возникает рассогласование, ведущее к перестройке интеграции.

Наконец, положение о поступательном ходе возбуждения по дуге рефлекса, «по своей сути включает возможность какого-либо предсказания будущих событий» (Аксонн, 1973, с.236). В соответствии с этим положением реализацию поведения обеспечивает активация последовательно включившихся в реакцию структур мозга. Сначала сенсорных структур, обрабатывающих сенсорную информацию, затем эффекторных структур, которые формируют возбуждение, активизирующее желаемы, мыслы и т.д. Однако в специальных экспериментах было показано, что при реализации поведенческого акта имеет место

не последовательное включение афферентных и эфферентных структур, а синхронная активация нейронов, расположенных в разных областях мозга (Александров, Шварков, 1974). Паттерн активаций нейронов в этих структурах оказывается общим, имеет общеорганизменный характер. Компоненты этого паттерна — последовательные фазы активаций соответствуют последовательности развертывания описанных выше системных механизмов (Шварков, 1978а, 1993). Экспериментальные результаты, подтверждающие данные о синхронности активаций нейронов в поведении, продолжают накапливаться и в последнее время (Roelfsema et al., 1997) и им предстоит все большее значение в понимании не только организации дефицитного поведения, но и обучения.

Итак, **вовлечение нейронов разных областей мозга в системные процессы происходит синхронно. Эти процессы общеорганизменные и не могут быть локализованы в какой-либо области мозга.** В различных областях мозга и поведенческих актах протекают не локальные афферентные или эфферентные, а един в эти же общеорганизменные системные процессы организации активности нейронов в систему, которая является не сенсорной или моторной, а функциональной. Активность нейронов этих областей отражает не обработку сенсорной информации или процессы регуляции движений, а вовлечение нейронов в определенные фазы организации (афферентный светосигнальный релаксия) и реализации системы. Активность любой структуры одновременно соответствует как определенным свойствам среды, так и характеру двигательной активности (Шварков, 1978а; Судakov, 1987).

Единый паттерн активаций и синхронность вовлечения нейронов разных областей мозга в общеорганизменные системные процессы не означает эквивалентности (равнозначности) мозговых структур: вклад этих структур в обеспечение поведения зависит от специфики «процедур» на них индивидуального опыта (см. ниже).

До сих пор мы с дедуктивным подходом использовали понятие стимула. Однако ясно, что включение этого понятия в рамки парадигмы активности ведет к тавтологии. Его включение необходимо отпадает при рассмотрении поведенческого акта не изолированно, а как компонента поведенческого континуума, последовательности поведенческих актов, совершаемых индивидом на протяжении его жизни. При этом оказывается, что следующий акт в континууме реализуется после достижения и оценки результата предыдущего. Этот результат и рассматривается традиционно как стимул для следующего акта. Оценка результата — необходимая часть процессов организации поведения. Эти процессы, таким образом, могут быть рассмотрены как «трансформационные» или процессы перехода от одного акта поведения к другому.

Таким образом, поведение может быть охарактеризовано как континуум результатов (Анохин, 1978), а поведенческий акт рассмотрен как отрезок поведенческого континуума от одного результата до другого (Шварков, 1978).

Системная детерминация активности нейронов

Как мы уже отмечали, с позиций парадигмы реальности поведение человека представляет собой реакцию на стимул. В основе реакции лежит проведение возбуждения по рефлекторной дуге: от рефлекторов через центральные структуры к исполнительным органам. Нейрон при этом оказывается элементом, входящим в рефлекторную дугу, а его функция — обеспечение проведения возбуждения. Тогда совершенно логично рассмотреть детерминацию активности этого элемента следующим образом: «Ответ на стимул, поддействовавший на некоторую часть ее (нервной ткани. — Ю.А.) поверхности, может распространяться дальше по клетке и действовать как стимул на другие нервные клетки» (Брэнк, 1960, с.93). Следовательно, в рамках парадигмы реальности рассмотревшие нейрона некое методологически последовательное: нейрон, как и организм, реагирует на стимулы. В качестве стимула конституируются судороги, полученные нейронами от других клеток, а в качестве реакции — судорожная за синхронизацией притоком импульсов данного нейрона.

К сожалению, такая методологическая последовательность отсутствовала в рамках парадигмы активности. Как правило, анализ «нейронных механизмов» децентрализованного поведения приводил авторов к тому, что мы называли ранее «урожайной клеточкой», — к предположению о том, что индивид осуществляет децентрализованное поведение, а его отдельный элемент — нейрон реагирует на проводящее к нему возбуждение — стимул. Высшейшей задачей стало устранение подобной клеточки.

Решающий шаг в направлении решения этой задачи был сделан П.К. Анохиным (Анохин, 1973), который в своей последней работе поднимает аргументированную критику общепринятой, как он ее назвал, «проводящую конкуренцию» нейронов и предлагает вместо нее системную конкуренцию интегрирующей деятельности нейронов.

Вне зависимости от конкретики, усложнившейся с развитием науки представлений о функционировании нейрона центральной и традиционным рассмотрением оставалась идея об электрической суммации потенциалов на мембране нейрона. В соответствии с ней предполагалось, что возбуждающие и тормозные постсинаптические потенциалы, возникающие на мембране постсинаптического («получающего») нейрона под действием пресинаптической импульсации за счет изменения

новым раздражителем, суммируются, действуют на генераторной границе нейрона, продуцирующей распространяющийся потенциал действия — импульсом.

П.К. Анохин назвал парадоксальным переходом с первого колодца на нейрон представлением о проведении возбуждения как главной деятельности последнего. Если задача состоит лишь в том, чтобы передать возбуждение от одного нейрона к другому, то неясно, для чего между входным и выходным импульсами «вставляются» сложные промежуточные этапы: выделение медиатора, его воздействие на субсинаптическую мембрану и химические превращения в ней. «Неужели для того, чтобы, начав с электрического потенциала терминала, сформировать, в конце концов, тот же слабый же потенциал, весьма сходный по своим физическим параметрам с потенциалом, приведенным по основной терминалу?» (Анохин, 1975, с.368).

Эти этапы приобретают смысл в том случае, если принять, что процесс, обеспечивающий перевод от пре- к постсинаптическим образованиям, продолжается в непрерывную цепь химических процессов **внутри** нейрона, и — главное, что все **интраклеточные контакты служат обмену метаболическими субстратами между контактирующими клеточными образованиями**. Перевод от «проедической концепции» в распространению нейрона как живой клетки, нуждающейся необходимой ей для жизнедеятельности метаболиты из окружающей «среды», и была тем шагом, который предопределял последующую разработку проблемы в направлении от системного решения.

Необходимость дальнейшей разработки определялась тем, что в рамках концепции интегративной деятельности нейрона исключительность событий в принципе оставалась той же самой, что и в парадигме реактивности. В общем случае процесс начинался приходом возбуждения к нейрону и заканчивался генерацией этим нейроном потенциалов действия. Рядица, которую подчеркивал П.К. Анохин, состояла лишь в том, какими процессами выполнялся интервал между действием медиатора на субсинаптическую мембрану нейрона и генерацией потенциала: химическими преобразованиями внутри нейрона в первом случае и электрической суммицией во втором.

Устранение элективности в представлении о детерминации активности нейрона в соответствии с требованиями системной парадигмы было достигнуто отказом от рассмотрения активности нейронов как реакции на синаптический приток и притоком положительно-току нейрон, как и любая живая клетка, реализует генетическую программу, управляемую метаболитами, поступающими к нему от других клеток (Шварков, 1995). В связи с этим последовательность событий в деятельности нейрона становится аналогичной той, которая характеризует активный телеуправляемый организм, а его импульсация — аналогичной действию инвертида.

Активность нейрона, как и поведение организма, является не реакцией, а средством изменения соотношения со средой, «действительности», которое обуславливает устранение несоответствия между «потребностями» и микросредой, в частности, за счет изменения притока, метаболического притока от тела мамы клетки, активности других нейронов. Эти изменения, если они соответствуют текущим метаболическим «потребностям» нейрона, приводят к достижению им «результата» (получению набора метаболитов, соединяющихся с его рецепторами) и прекращению его импульсной активности. Таким образом, нейрон — не «подключающий элемент», «проводник» или «связующий», отвечающий на входные воздействия, а «организм» в организме, обеспечивающий свои «потребности» за счет метаболитов, поступающих от других элементов.

Предполагается, что несоответствие между «потребностями», определяемыми генетически, и реально поступающими метаболитами может иметь место как при генетически обусловленных изменениях метаболизма клетки, так и при несоответствии реально имеющегося притока метаболитов «потребному» в данный момент.

С позиций традиционных представлений о нейроне, отвечающий реакциями на синаптический приток, его «обычная» активность представляется «экзогенной», вызванной внешним стимулом. В той же ситуации, когда она возникает в отсутствие «экзогенной» импортировки, говорит об «эндогенной» активности, эндоген, так сказать, «внутренней», а не «внешней» происхождения. Ясно, что с системных позиций эти виды активности имеют общее происхождение — они детерминированы метаболическими «потребностями» нейрона. И возникает при рассогласовании между состоянием «микросреды» нейрона и теми «потребностями», что может иметь место как при появлении несоответствующего притока (в том числе и в ситуации эксперимента, например, при асимметричной стимуляции противоположных аспектов), так и в отсутствие синаптического притока к нейрону, когда он необходим.

Следует подчеркнуть, что для последовательно системного понимания детерминации активности нейрона существенны оба компонента: призывание направленности активности нейрона в будущее и ее обусловленности метаболическими «потребностями» нейрона.

Охарактеризуем очень кратко некоторые существенные «потребности» нейрона. Они определяются необходимостью синтеза новых молекул, в том числе белков, расщепленных в процессе жизнедеятельности («стативная» белковая молекула разрушается в среднем через два дня после того, как она была синтезирована, — Альбертс и др., 1986), или обеспечивающих структурные перестройки нейрона, имеющие место при обучении. В том случае, если в клетке нет соответствующей информа-

двойной РНК, направляющей синтез белка в цитоплазме, экспрессируется (становится активными, «выраженными») гены, среди которых выделяются гены «домашнего хозяйства» (универсальные «потребности» клеток), гены «роста» (сферические «потребности» клетки) или «равные» и «подвижные» гены, экспрессируемые на последовательных стадиях формирования памяти, и т.д. Как предполагается, именно условные процессы регуляции экспрессии генов, а не рост их числа определяет эволюционное усложнение жизни систем (Альберт и др., 1986; Анохин, 1996).

Различия в экспрессии, а не потери или приобретении генов, определяет различие специализации клеток организма. Особенно велики эти различия для клеток мозга, в которых экспрессируется десятки тысяч уникальных для мозга генов. Считается, что метаболическая гетерогенность нейронов, обусловленная генетически и зависящая от условий индивидуального развития, т.е. являющаяся результатом взаимодействия фактов и ситуационической памяти, лежит в основе разнообразия функциональной специализации нейронов, определяет специфику их участия в обеспечении поведения (Питерсон, 1979; Шерстин и др., 1987; Александров, 1989; Шварков, 1995).

Нейрон может обеспечить «потребности» своего метаболизма, только объединившись с другими клетками организма в функциональную систему. Их взаимодействие, совместная активность обеспечивает достижение результата, нового соотношения целостного индивида и среды. «Намутри», на уровне отдельных нейронов достижение результата выступает как удовлетворение метаболических «потребностей» и прекращает их активность.

Системный подход к пониманию активности нейронов заставил применять для ее анализа вместо традиционных «пустырными» гистогранны, выявляющих закономерные изменения активности нейрона после предъявления стимула, «предсказательные» гистогранны, которые позволяют обнаружить нейроны, внутренняя активность которых закономерно усиливается при определенных поведении, направленного на получение конкретных результатов, и прекращается при их достижении.

Итак, поскольку системная психофизиология отвергает парадигму реактивности, основывая свои положения на представлении об опережающем отражении, о направленной в будущее активности не только индивида, но и отдельных нейронов, постольку она исключивает для психологии, оперирующей понятиями активности и целенаправленности, возможность избавиться от идеалистических представлений, часто появляющихся при использовании термина нейроник.

Видение и среда

Рассмотрение соотношения видения и среды с позиций теории функциональных систем уже давно привело к заключению о том, что поведенческой когнитивной функцией имеют процессы организации и реализации функциональных систем; спектрального временного интервала для процессов обработки сенсорной информации не обнаруживается (Шварков, Александров, 1973). Представляется о том, что видение не реагирует на стимулы, кодируя и декодируя информацию об их свойствах, а реализует активность, направленную в будущее, т.е. опережающее отражение, связанное с формированием внутренней субъективной модели будущего события — результата, с **необходимостью** требует принятия отражения субъективных.

На начальных этапах формирования системной психофизиологии казалась обоснованным представлении о том, что коротколатентные активации некоторых нейронов могут быть сопоставлены с кодированием физических параметров стимула для последующего сличения с имеющейся в памяти моделью (Александров, 1971). Однако споры стали возно, что даже самые ранние активации нейронов в поведенческом акте — не кодирование, а уже результат сличения с субъективной моделью, сформированной в рамках предыдущего акта когнитивума (Шварков, Александров, 1973; Шварков, 1978а).

Сказанное выводится в соответствии с положением о «призрачности» отражения среды, о зависимости последнего от мотивов и целей поведения и имеющегося у видения опыта. Это свойство психического отражения обозначается как **субъективность** и предполагает несводимость описания отражения к языку сенсорных модальностей, выражающих в «сенсорном коде» физические параметры объектов (Асютин, 1977; Ломов, 1984; и др.).

В четкой форме опережающий характер отражения представлен в когнитивной психологии концепцией У. Найссора (Найссер, 1981), который считает, что образы — не «картинки в голове», появляются после действия сенсорных стимулов, а «предвосхищения будущего». Автор подчеркивает, что предвосхищение не обязательно является реалистическим.

Действительно, мы можем рассмотреть опыт видения как состоящий из проведенных, а может быть, также и некоторых не проведенных (см., например: Smith et al., 1987) тестировании актов-гипотез, позволяющих параметры планируемых результатов, пути их достижения и т.д. Можно сказать, что отбор из ряда актов «удачного», попадающего в видную память (Шварков, 1995), определяется наибольшим соответствием гипотезы реальным свойствам и закономерностям среды. В то же время возможность

действием ковертисом индивидом в тех или иных поведенческих актах требуемого соотношения организма и среды, т.е. результата, не означает, что выдвигаемые индивидом удачные гипотезы целиком базируется на универсальных свойствах и закономерностях.

Говоря о тестировании гипотез, уместно отметить, что оно может происходить как во внутреннем, так и во внешнем плане. Описание соотношения организма со средой в новой ситуации именно как процесса, включающего выдвижение и проверку гипотез, было в яркой форме представлено К. Поппером (Popper, Eccles, 1977). А. Деннетт (Dennett, 1995), рассматривая гипотетическое существо, которое он называет «попперским», осуществляющим отбор одного удачного акта из ряда потенциально возможных путем осуществления последовательных проб «слепую», отмечает, что каждая из таких проб может привести к гибели существа. Автор справедливо считает более эффективным способом формирования нового опыта соотношения организма со средой предварительную, «внутреннюю» селекцию актов. Именно способность совершения проб и ошибок «в уме», без реализации их во внешнем поведении, рассматривалась А.В. Крутинским (Крутинский, 1986) в качестве показателя развития поведения в филогенезе. В области практической деятельности человека (спортивной, музыкальной и т.д.) реальность этой стадии формирования опыта уже давно была осознана. Анализ процесса освоения нового музыкального произведения как обучения новому акробатическому элементу приводит, соответственно, к следующим заключениям. «Каждый пассаж должен быть вполне готов психически, прежде чем он будет испробован на ролле» (Порина, 1911); «чем лучше ... занимающийся представит изученное движение, тем быстрее будет происходить процесс обучения» (Игуманенко, 1951).

«Внутренняя» селекция дает возможную ситуацию, в которой, по словам К. Поппера, вместо нас гибнут наши гипотезы. Существо, которое производит внутреннюю селекцию (используя, кстати, не только книги, а лишь субъективные модели среды), Деннетт называет попперским. Причем отмечает, что производить предварительную селекцию умнит не только люди. С помощью представления об осуществляемом отражении действительности как отрывочном свойстве жизни, предполагающем построение модели будущих событий (см. выше), можно считать, что это «умение» есть у всех индивидов, совершающих целенаправленные поведенческие акты.

Можно думать, что выдвижение акта-гипотезы (пробная организация совместной активности новой совокупности нейронов) и его

тестирование по внутреннему плану (т.е. проверка гипотезы на соответствие структуре опыта индивида), разделяются временным интервалом. Величина интервала, видимо, зависит от многих обстоятельств и является варьирующей. В результате тестирования фиксируется новая интеграция, т.е. происходит изменение структуры индивидуального опыта. В литературе имеются данные, которые свидетельствуют в пользу возможности подобной фиксации. В экспериментах с ретикулярной активностью нейронов у обезьян, решающих пространственную проблему, показано, что характеристики активности нейронов существенно изменяются на этапе «консолидации» (т.е. по время реализации успешных актов в соответствии с найденным решением) по сравнению с этапом поиска решения (Riesen et al., 1998). Авторы специально подчеркивают, что подобные изменения характеристик активности нейронов имеют место и в тех ситуациях, когда животное нашло правильное решение, но еще ни разу не проверяло его реализацией внешнего поведения, завершается лицевым подкреплением. Таким образом, можно считать, что фиксация новой интеграции не обязательно требует достижения результата внешнего поведения. Но это, однако, не означает, что нарушается одна из основных положений теории функциональных систем — о результате как системообразующем факторе. В качестве системообразующего фактора в этом случае выступает результат тестирования гипотезы по внутреннему плану.

Нет оснований думать, что консолидация памяти, лежащая в основе описанной фиксации интеграции, происходит одновременно. Тогда возникает вопрос, отличается ли стадия консолидации памяти в этом случае от подробно описанных в литературе на психологическом, поведенческом, нейрофизиологическом и молекулярно-биологическом уровне стадий консолидации памяти, сопровождающей реализацию внешнего поведения и, если отличается, то как (Розе, 1995; Антон, 1996, 1997; Вайер, Кандел, 1993; и др.)? Получение ответа на этот вопрос важно для разработки проблем обучения и памяти на всех упомянутых уровнях.

В части случаев вновь сформированная интеграция как таковая не предполагает реализации внешнего поведения для своего тестирования по внешнему плану. В других случаях проведенной внутреннее тестирование акт-системы формируется для того, чтобы совершить то или иное конкретное внешнее поведение (внешнее тестирование). Здесь после внутреннего тестирования могут иметь место как минимум два исхода: такое поведение или будет реализовано, или нет. В первом случае, как и в ситуации с внутренним тестированием, временной интервал между последним и настоящим тестированием может варьировать, причем очень сильно: от милли-

свернул до лет. Можно предположить, что характер процессов консолидации памяти должен существенно зависеть от величины этого интервала и что, если консолидация после внутреннего тестирования уже завершилась, ее тестирование на внешнем плане, возможно, совпадет (хотя и не идентично) с теми процессами, которые имеют место при резком сдвиге владения реактивации памяти (Przybylski, Sato, 1997). По-видимому, результирующая структура опыта, составлены его нейровым и молекулярно-биологическими обеспечения будут равными в зависимости от того, произошло ли внешнее тестирование и, если да, то с какой задержкой после внутреннего.

В экологической психологии убедительные аргументы против того, что среда состоит из стимулов и отображается как «картинка», рассматриваемая голоушкой, приведены Дж. Гибсоном (Гибсон, 1988). Им разработана стройная теория, которая, как справедливо отмечает А.Д. Анохинский (см. Гибсон, 1988, с. 17), в руководстве либо игнорируется, либо искажается до неузнаваемости в связи с невозможностью ее ассимилировать, оставаясь в рамках традиционной парадигмы. И это не удивительно, так как принципиальными положениями этой теории является отрицание не только схемы «стимул — реакция», но и самого понятия «стимул». Автор отвергает также идею о необходимости обработки и передачи сенсорной информации — ее некому принимать. Ниже мы еще вернемся к теории Дж. Гибсона.

Более 30 лет назад Дж. Леттвин и др. (Леттвин и др., 1963), изучив связь активности нейронов сетчатки лягушки с поведением, сформулировали в очень яркой форме свое представление о том, что выделяет организм в среде: «Лягушки интересуются жуками и мухами, в то время как границы и углы интересуют только улитки». Еще размысл в гештальтпсихологии, характеризующей А. Берталини как исторического предшественника системного подхода (Чуприкова, 1997), были обоснованы положения о том, что среда должна определяться не физически, а психологически (Анохин, 1980) и что целостное восприятие не составляется из отдельных элементов — «кусков» (Вертебнер, 1980). «Куски», физические характеристики, в соответствии с которыми различаются стимулы, и связь с которыми устанавливается при анализе активности нейронов или отчетов испытуемых, появляются в результате определенного поведения, направленного на выделение этих характеристик: классификация, сравнения объектов, например, в науке, искусстве и т.п. Следует сослаться с Дж. Гибсоном (Гибсон, 1988) в том, что объект не складывается из качества, но мы можем выделить их, если это надо для целей эксперимента. На что же мы делим среду, что выделяем в ней, если не упомянутые физические характеристики?

С позиций парадигмы активности с давних пор представлялось очевидным, что из среды активно «отбирается» индивиду то, что может быть использовано для достижения цели (Dewey, 1969), причем число объектов, которые может различить индивид, равно числу функций, которые он может реализовать (Uexküll, 1957). Анализ среды как обеспечивающей активность индивида, дан в теории эффорданса (Гибсон, 1988). Неологизм *affordance* — существительное, образованное Дж. Гибсоном от глагола *afford* — предоставлять, разрешать. **Эффордансы** — это то, что окружающий мир предоставляет индивиду, чем он его обеспечивает для совершения того или иного поведения. Эффордансы нельзя предъявить индивиду, так как они не являются стимулами. Можно лишь обеспечить их наличие. Автор считает, что индивид соотносится не с миром, описываемым в физических терминах, а с экологическим миром. Он понимает экологическую нишу вида как набор эффордансов. Понятие эффорданса подразумевает взаимодополнительность мира и индивида. Дж. Гибсон понимает под ним «метта, относящиеся одновременно и к окружающему миру, и к животному, причем это не передается ни одним из существующих терминов» (Гибсон, 1988, с. 188).

Как мы указывали выше, основным понятием в теории функциональных систем является результат — соотношение организма и среды, которое, следовательно, как эффорданс, относится одновременно к окружающему миру и к индивиду. Однако в отличие от эффорданса результат, как и валентность у К. Левина (Левина, 1980), включает субъективный компонент, от которого отказывается Дж. Гибсон, постулируя независимость эффордансов от потребностей и опыта наблюдателя. Поэтому для ответа на вопрос о том, как дробит среду индивид, как она представлена в его субъективном мире, мы должны дополнить экологический мир субъективным компонентом, т.е. подчеркнуть аспект использования эффордансов индивидом.

При этом оказывается, что среда дробится тем или иным образом в соответствии с опытом совершения индивидом тех или иных поведенческих актов на протяжении его индивидуального развития и в соответствии с его потребностями. Индивид отражает не внешний мир как таковой, а историко-случайные соотношения с миром. Описание среды индивидом основано на оценках его соотношения с объектами-целями поведенческих актов, т.е. на оценках результатов. Образно говоря, можно рассматривать жизнь индивида как «ассимиляцию» экологического мира, преобразующую для индивида экологический мир в мир результатов.

Решение психофизиологической проблемы и задачи системной психофизиологии

Традиционные психофизиологические исследования проводятся, как правило, с позиций «коррелятивной (сопоставляющей) психофизиологии». В этих исследованиях психические явления напрямую сопоставляются с локализованными замкнутыми физиологическими явлениями. Задачей подобных исследований, формулируемой, как правило, в терминах парадигмы реактивности, является разработка представлений о физиологических механизмах психических процессов и состояний. В рамках подобных представлений «психические процессы» сопоставляются в терминах возбуждения и торможения мозговых структур, свойства ретикулярной поляризации нейронных сенсорных структур и т.д. Решение задач коррелятивной психофизиологии не требует какой-либо специальной методологии, которая могла бы, по выражению П.К. Аникина, стать «конструктивным мостом» между психологией и физиологией. Если психолог при изучении восприятия словных критериев паттернов регистрирует какой-либо электрофизиологический показатель или нейрофизиолог при обследовании свойства активности нейронных сенсорных структур использует термины «восприятие», «образ» и т.д., их работы могут рассматриваться как психофизиологические с позиций коррелятивной психофизиологии. Коррелятивная психофизиология неоднократно подвергалась аргументированной критике как со стороны психологов, так и со стороны психофизиологов (Пинкернштейн, 1988; Шадрин, 1989, 1995; Александров, 1995; и др.).

Центральным недостатком коррелятивной психофизиологии является прямое сопоставление психического и физиологического, что с точки зрения психологов малопродуктивно (Шадрин, 1982; Рубинштейн, 1989; Яковлевский, 1996) и неизменно приводит к рассмотрению психологических и физиологических процессов как тождественных, параллельно протекающих (при этом полезна оказывается ипсифункциональность) или взаимодополняющих (при этом допускается действие гоматериальной поляризации на материю мозга). Незамысловатым решением психофизиологической проблемы существует уже столетия, известны лишь термины в рамках все тех же альтернатив (Александров, 1995). Так, например, дуализм Декарта, предполагающий взаимодействие сознания на мозг через шпифин, сменяется «триализмом» у К. Поппера и Дж. Эдварса (Popper, Edwards, 1977). Они выделяют три мира: Мир I — физических объектов и состояний (включая нейробиологические и биологические структуры, в том числе мозг), Мир II — состояний психического (включая субъективные знания, интеллект, эмоции и т.д.), Мир III — знаний в объективном смысле

(включенный уровень, зафиксированные на материальных носителях и теоретические системы). Мир I взаимодействует с Миром II, а Мир II с Миром III. Взадействие происходит на материальном уровне.

Пытаясь решить методологические проблемы подобного рода, Г. Спенсер (Спенсер, 1897) и В.М. Беттерев (Беттерев, 1991) утверждали, что субъективное и объективное являются характеристиками одного процесса (у Беттерева — нейрофизиологического). Что же это за процесс? Процесс, который обеспечивает поведение. Процесс, специфический язык которого может служить для перехода с психологического языка на физиологический язык, и наоборот (Ярошевский, 1996). Возможность рассмотрения в качестве такового рефлекторного процесса опирается, что следует из логики самой рефлекторной теории. В соответствии с ней несовершенство «рефлекторного механизма, составляющего фундамент центральной нервной деятельности», и «психологических понятий» аргументируется пространственной локализацией периферии и непространственным характером вторича (Павлов, 1949, с.385).

Как отмечает Чёрчланд (Churchland, 1986), психологи и философы в качестве основного препятствия на пути к синтезу психологического и физиологического языков рассматривают изердентность понятийского, т.е. появившиеся на уровне психического таких специфических качества, которыми не обладает физиологическое. Системное решение психофизиологической проблемы, данное В.Б. Шварковым (Шварков, 1978а; Шварков, 1995), превращает изердентность, которая была препятствием, разделяющей психологию и нейробиологию, в «конгруэнтный мост», объединяющий эти дисциплины и формирующий новое направление исследований — **системную психофизиологию**. В качестве «конгруэнтного моста», соединяющего психологию и нейробиологию, в системной психофизиологии использовано развитие в рамках теории фундаментальных систем представления о качественной специфичности, изердентности системных процессов. Внутри этих изердентных системных процессов для достижения результатов поведения организуются частные, локальные физиологические процессы, которые, однако, неводны в системные. С этих позиций, являясь рефлекторные механизмы поведения системными, можно прийти к выводу, что психологию и нейробиологию можно считать единым языком, специфическим языком психологии и нейробиологии и отводиться к поведенческому уровню организации жизнедеятельности (Ярошевский, 1996).

Суть системного решения психофизиологической проблемы заключена в следующем. Психические процессы, характеризующие организм и поведенческий акт как целое, и нейрофизиологические процессы, протекающие на уровне отдельных элементов, соотносимы только через информационные системные процессы, т.е. процессы организации организменных механизмов и фунда-

важную систему. Иные говоря, психические явления могут быть соотносимы не с самыми локализуемыми элементарными физиологическими явлениями, а только с процессами их организации. При этом психофизическое и физиологическое описание поведения и деятельности охватывается частными описаниями одной и тех же системных процессов.

Понятия в рамках этого представления рассматриваются как субъективно-объективное соотношение организма со средой, а ее структура — как «система взаимодействующих функциональных систем». Изучение этой структуры есть изучение субъективного, психического отражения. Поскольку, исходя из сказанного, можно полагать, что психическое развивается в индивидуальном развитии вместе с функциональными системами, соотносящимися организмом со средой, постольку эти представления согласуются с гипотезой о том, что психика индивида зарождается еще в пренатальном (интраутробном) периоде (Вуршманской, 1977).

Приведенное решение психофизиологической проблемы избегает все равно отмеченные недостатки: 1) отчуждения психического и физиологического, постольку психическое развивается только при организации физиологических процессов в систему; 2) параллелизма, постольку системные процессы есть процессы организации именно элементарных физиологических процессов; 3) взаимодействия, постольку психическое и физиологическое — лишь аспекты рассмотренных единых системных процессов.

Использование приведенного решения психофизиологической проблемы в системной психофизиологии в качестве одного из выходящих компонентов методологии позволяет избежать дезориентации и неясности — частых следствий психофизиологических корреляций (Алексин, 1980; Зыченко, Морозов, 1994), т.е. избежать именно тех ошибок, от которых избегает использование методологически последовательного системного подхода (Вуршманской, 1980). При этом системный язык оказывается пригодным для описания субъективного отражения в поведении и деятельности с использованием объективных методов исследования. Этот подход позволяет объединять психофизические и естественнонаучные стратегии исследования в рамках единой методологии системной психофизиологии. **Специфические задачи** последней состоят в изучении закономерностей формирования и реализации систем, их функционирования, динамики межсистемных отношений в поведении и деятельности. **Задачами** системной психофизиологии для психоанализа состоит в том, что ее теоретической и методической аппаратура позволяет избежать последнего от значения при использовании материала нейронаук (см. выше) и описать структуру и динамику субъективного мира на основе объективных показателей, в том числе электро-, нейрофизиологических и т.д.

Аппарат системной психофизиологии может быть также применен для системного описания состояний субъективного мира, соответствующих тем или иным понятиям не только научной, но и обыденной психологии (Александров, 1997), которые отражают выкладки в практическом отношении характеристики поведения человека, такие, как, например, «смирение», «уверенность», «нежность», «напряжение» и т.д. Поскольку настроения, самоощущения, поступки людей «определяются объективными законами субъективной реальности», постольку представляется очевидным, что изучение этих закономерностей в системной психофизиологии может быть чрезвычайно эффективным (Шмыров, 1989).

Системогенез

В предыдущем разделе при формулировке задач системной психофизиологии не случайно на первое место была поставлена задача изучения формирования систем. Именно история формирования поведения и деятельности определяет закономерности их реализации.

Идея развития, наряду с идеей системности, относится к основным идеям, лежащим в основе теории функциональных систем. Обе они были воплощены в концепции **системогенеза**, развитой с привлечением огромного экспериментального материала, накопленного при исследовании взаимосвязи процессов формирования нервной системы и поведения. В этих исследованиях обнаружено, что в процессе раннего онтогенеза избирательно и ускоренно созревают именно те элементы организма, имеющие самую раннюю локализацию, которые необходимы для достижения результатов систем, обеспечивающих выживание организма на самом раннем этапе индивидуального развития (Анохин, 1975).

В отличие от концепции органогенеза, постулирующей поэтапное развитие отдельных морфологических органов, выходящих соответствующим локальным «частным» функциям, концепция системности утверждает, что гетерогенез вкладках в темпах развития связан с необходимостью формирования не сенсорных или моторных, активационных или мотивационных, а «общереорганизменных» целостных функциональных систем, которые, как мы уже говорили, требуют вовлечения множества разных элементов из самых разных органов и тканей. Образно говоря, если концепция органогенеза предполагает, что развитие — это поэтапное строительство дома (фундамент, стены, крыша и т.д.), то концепция системогенеза утверждает, что в отличие от этого дома живой «домик», хотя и усложняется, модифицируется в процессе онтогенеза, но на каждом

этапе он — целый и имеет все те части, которые позволяют использовать его в качестве «дома», все более и более обустроенного.

Систематический анализ процессов развития головного П.К. Акиншу формулировать следующие принципы, раскрывающие системный характер морфогенетических процессов. 1) Принцип гетеропрерывной закладки компонентов функциональной системы. За счет **интрасистемной гетеропрерывности** — неодновременной закладки и разной скорости формирования различных по сложности компонентов функциональной системы (более ранняя закладка и формирование более сложных компонентов) эти компоненты «подготавливаются» к одновременному началу функционирования в рамках данной системы. 2) Принцип фрагментации органа. В связи с наличием **межсистемной гетеропрерывности** формирование отдельных функциональных систем на последовательных этапах онтогенеза, состав данного органа в каждый момент развития неоднороден по своей структуре. Наиболее развитыми оказываются те элементы, которые должны обеспечить реализацию систем, формирующихся на наиболее развитых этапах. Так, например, у гнуса формируется не внутренне ухо и слуховая кора коркобыды, но явно избирательно усиленно-сохраняются элементы, которые оказываются чувствительными к частоте «первичных» сигналов матеря, т.е. необходимые для обеспечения равных форм гнудобывальщины-позвонки (Хактова, Дмитриева, 1991). 3) Принцип инволютивного обеспечения функциональных систем. Функциональная система становится «продуктивной» (обеспечивающей достижение результата и выходящей все необходимые составляющие операциональной деятельности до того, как все ее компоненты получат окончательное структурное оформление (Суданов и др., 1997).

С позиций представлений о системном характере морфогенетических процессов (в особенности принципа фрагментации — см. выше), можно рассмотреть **органы**, представляющей собой обособленный комплекс тканей, в качестве одной эволюционно фиксированной «части» «множества» систем, направленных на достижение разных результатов. Характеристика данного множества в традиционных терминах сводится кая «сферическая функция» органа. Заметим здесь, что существует определенное соответствие между этим утверждением и точкой зрения, высказанной Маунтхастлом о том, что «структурные структуры являются частями многих распределенных систем» (Эдмонс, Маунтхастл, 1981, с. 57).

В настоящее время становится общепризнанным, что многие закономерности модификации функциональных, морфологических свойств нейронов, а также регуляции экспрессии генов, лежащие в основе научения у взрослых, сходны с теми, что действуют на ранних этапах онтогенеза (Акинш, 1996; Суданов и др., 1997). Это дает авторам основание

рассматривать обучение как «революционно» или «реакционно» процесс развития», исходя из места в равном онтогенезе. В рамках теории функциональных систем наряду с признанием стереотипных характеристик ранних этапов индивидуального развития по сравнению с поздними (Александров, 1989; Шумейкина, Хакития, 1989) уже довольно давно психологами (Шваров, 1978б), физиологами (Судиков, 1979) и психологами (Шадрин, 1982) было обосновано представление о том, что системogenesis имеет место не только в равном онтогенезе, но и у взрослых, так как формирование нового поведенческого акта есть формирование новой функциональной системы.

Приоритетными для понимания роли отдельных нейронов в обеспечении поведения является учет истории формирования поведения (Александров, Александров, 1980), т.е. истории последовательных системogenesis, а также разработка **системно-селекционной концепции обучения** (Зинченко, 1986). Она представляет собой составную часть **системно-эволюционной теории**, которая сформулирована В.Б. Шваровым (Шваров, 1995) и является важнейшим компонентом методологической базы системной психоравнолгии.

Системно-селекционной концепции сопутствуют современные идеи о «функциональной стереомодальности», проводимые на уровне «функциональной логомодальности» и о селективном (отбор из множества клеток мозга нейронов с определенными свойствами), а не инстинктивном (изменение свойств, «инстинктование» клеток соответствующими сигналами) превращении, лежащем в основе формирования нейронных объединений на ранних и поздних стадиях онтогенеза (Ефимов, 1987). Д-р Эдельман приводит аргументы против инстинктивного превращения, заключающиеся в том, что этот превращение требует точной копии каждого сигнала. Копия может формироваться новыми структурами, включающими старые компоненты, или совершенно новыми структурами. В первом случае необходима механика высшего порядка (*homocytosis*) для различения старых и новых элементов, во втором — система будет быстро истощена. Альтернатива — селекция. Принцип селекции, с его точки зрения, означает, что в мозгу формируются группы нейронов, каждая из которых по-своему активируется при определенных изменениях внешней среды. Стереотипная группа образуются как генетически, так и эпигенетическими модификациями, происходящими независимо от упомянутых изменений. Когда определенное изменение среды происходит, оно приводит к отбору из имеющихся в наличии групп такой группы, которая в терминах Д-р Эдельмана может обеспечить «адекватную реакцию». Изменение среды и группа могут считаться соответствующими друг другу в том случае, если клетки последней

отвечают на данные изменения более или менее специфично. Селекция имеет место уже при созревании мозга в равном соотношении, в процессе которого примерно (30% и более) нейронов гибнет. Отбрасывая же клетки составляют первичной ассортимент. Вторичный ассортимент, полагает Др. Залковски, формируется в результате селекции, происходящей в процессе поведенческого взаимодействия со средой. Как справедливо считает Рид (Reed, 1989), понятие селективная с селекции как основы развития на всех его этапах устраняет двоякомое между созреванием и обучением.

В рамках системно-селекционной концепции научения формирование новой системы рассматривается как фиксация этапа индивидуального развития — формирование нового **элемента индивидуального опыта** в процессе научения. Известно, что как молекулярно-биологическое, так и морфологическое «обеспечение» достижения одного и того же результата нового поведенческого акта меняется, проявляя зависимость от того, сколько времени прошло после обучения этому акту (Роуз, 1995; Анохин, 1996). Возможно, в процессе фиксации элемента опыта действует принцип минимального обеспечения системы (см. выше). Сравнительный анализ нейронного обеспечения реализации данного элемента на разных стадиях его существования, когда упомянутая выше модификация морфологических свойств нейронов еще не произошла, и на поздних стадиях представляется актуальной задачей.

Селективная селекция нейронов относительно вновь формируемых систем — **системная селекция** — текстовая, т.е. **нейрон системоспецифична**. В настоящее время обнаружены нейроны, селективно реагирующие относительно самых разнообразных элементов опыта: актов использования людьми определенных слов (Нейт et al., 1988), актов «социального контакта» с определенными особями в стаде обезьян (Реттл et al., 1996), актов инструментального поведения у животных (Александров, 1969; Шварц, 1969, 1991), актов ухода за новорожденными животными овец (Келдрик et al., 1992).

Селекция нейронов из резерва (равно молчаливые, неактивные клетки) лежит в основе формирования новых функциональных систем при обучении и зависит от их индивидуальных свойств, т.е. от особенностей их метаболических «потребностей». В эксперименте с использованием метода микроинъекции было показано, что искусственное изменение «микросреды» «молчаливых» нейронов ведет к повышению у них активности (моделирует вовлечение из резерва) и что разные «молчаливые» нейроны чувствительны к разным медиаторам (это, возможно, связано с различием их «потребностей») (Шерстин, 1972). Видно, именно нарастание разнообразия метаболических «потребностей» нейронов обуславливает

филогенетическое усложнение поведения: белковый и пептидный состав нейрона усложняется в филогенезе (Шерстнев и др., 1987).

Появление в скелетной и системостериферичности не означает абсолютной предопределенности: так в равном онтогенезе скелет не означает полную готовность, предопределенность моделей ретрулитизации даже видостериферичных актов — они формируются в зависимости от особенностей индивидуального развития (Александров, 1989; Хактив, Дмитриева, 1991), так и в онтогенезе корышлого, различные группы нейрона со стериферическими свойствами, которые могут быть отобраны при изучении, по-видимому, охватывает возможность сформировать не определенный акт, а определенный класс актов. Важными признаками и характеристиками подобия классов — персонифицированными заданиями.

В процессе формирования индивидуального опыта вновь сформированные системы не смешивают предсуществующие, но «наслаиваются» на них. Что значит «не смешивают, но наслаиваются»? Ответ на этот вопрос будет дан в следующем разделе.

Структура и динамика субъитивного мира человека и животных

В теории функциональных систем разработана концепция иерархичности *иерархических уровней* (Алексин, 1975). Иерархичность уровней заключается в том, что все они представляются функциональными системами, а не какими-либо специальными процессами и механизмами, например, периферического кодирования и центральной интеграции, классического обуславливания и инструментального обучения, регуляции простых рефлекторных и сложных произвольных движений, и т.д. Системообразующий фактор для всех этих систем независимо от уровня — результат. Фактором же, определяющим структурную организацию уровней, их упорядоченность, является история развития (Александров, 1989). Данное утверждение согласуется с представлением о преобразовании последовательности стадий психического развития в уровни психической организации. Это представление является стержнем концепции И.А. Пономарева (Поломарев, 1976) о преемственности этапов развития сознания в структурные уровни его организации. Ж. Пиаже также подтверждал соответствие стадий развития уровню организации поведения, полагая при этом, что формирование нового поведения означает «ассимиляцию новых элементов в уже построенную структуру» (Пиаже, 1986, с.240).

Наряду с иерархическими идеями высказываются также и мнения о том, что «истинное развитие» представляет собой не «наслаивание», а смену одних образований другими (Роговин, 1977). Однако эти мнения

опровергаются данными многократных экспериментов. Обнаружено, что в основе образования нового элемента опыта лежит не «перестройка» ранее специализированных нейронов, а как уже говорилось, установление постоянной специализации относительно вновь формируемой системы части нейронной резервы. Данные о неогенезе у взрослых млекопитающих (Weiss et al., 1996), а также недавно полученные результаты, показывающие, что неогенез у взрослых крыс увеличивается в обогащенной среде (Кастричано et al., 1998), позволяют предположить, что наряду с рекрутированием клеток «резерва» и неогенез может вносить вклад в процесс системогенеза на поздних стадиях консолидации систем.

Таким образом, новая система складывается «добавкой» к ранее сформированным, «наслаиваясь» на них. В связи с этим появлению клеток новой специализации приводит к увеличению общего числа активных в поведении клеток. Положения о валерии и molte животных разных видов множества млекопитающих клеток, об увеличении числа активных клеток при обучении, а также о том, что при обучении происходит скорее увеличение новых нейронов, чем переобучение старых, находят подтверждение в работах ряда лабораторий (Wilson, McNaughton, 1993; Bradley et al., 1996; Swadlow, Hicks, 1997). Как же используются элементы опыта разного «возраста» в достижении результатов поведения?

Обнаружено, что осуществление поведения обеспечивается реализацией не только новых систем, сформированных при обучении актам, составляющим это поведение, но и **одновременной** реализацией множества более старых систем, сформированных на предыдущих этапах индивидуального развития (Шварцов, 1989, 1995; Александров, 1989; Александров и др., 1997). Последние могут вовлекаться в обеспечение многих поведенческих актов, т.е. относиться к элементам индивидуального опыта, общим для разных актов.

Таким образом, функциональные системы, реализация которых обеспечивает достижение результата поведенческого акта, формируются на последовательных стадиях индивидуального развития, поэтому **системная структура поведения отражает историю его формирования**. Иначе говоря, реализация поведения есть, так сказать, **реализация истории формирования поведения**, т.е. множества функциональных систем, каждая из которых фиксирует этап становления данного поведения.

Можно предположить, что в основе процесса специализации нейрона находится не только проходящая экспрессия генов, например, «ранних» (Алексюк, 1997), но и **стойкая долговременная их активация**, обеспечивающая

метаболические «требности» нейроны таким образом, что он становится более избирательным в отношении своей «микросреды». Кажется логичным предположить также, что нейроны по-разному реагируют на разнообразие клеток, т.е. разномобразные паттерны экспрессированных ими генов. Если все это так, можно ожидать, что в организме число генов, экспрессируемых в нервной системе, увеличивается. Действительно показано, что как число активных генов в нервных клетках, так и «вес» генетического фактора в детерминации, например, интеллекта нарастает по ходу индивидуального развития (Шерстнев и др., 1987; Суринено, Ризанова, 1999). С позиций высказанных соображений индивидуальное развитие может быть представлено как последовательность системогенезов и «актуализаций» генома, связанная с системогенезом.

Если полагать, что в основе видоспецифических различий в размере гиппокампа птиц, зависящих и не зависящих от корм, лежит соответствующее различие их геномов, можно использовать результаты уже осуществленных исследований (Clarke, Kiehl, 1994), которые показали, что данные различия появляются лишь в том случае, когда птицам предоставляется возможность формировать опыт запоминания как свидетельство в пользу существования связи между системогенезом и «актуализацией».

Специализация нейронов относительно элементов индивидуального опыта, сформированных на стадии пре- и постнатального онтогенеза, означает, что в их активности отражается не внешний мир как таковой, а соотношение с ним индивида. Поэтому описание системных специализаций нейронов оказывается одновременно описанием субъективного мира, а изучение активности этих нейронов — изучением субъективного отражения. В рамках такого описания **субъективный мир** выступает как структура, представляемая накопленными в индивиде и в процессе индивидуального развития системами, закономерности отношений между которыми — **межсистемные отношения** — могут быть описаны качественно и количественно и которые можно, упрощая, свести в отношении сферичности и сепаратности, а **субъект поведения** — как весь набор функциональных систем, из которых состоит видовой и индивидуальный мозг. **Состояние субъекта поведения** при этом определяется через его системную структуру как совокупность систем разного фило- и онтогенетического возраста, одновременно активированных во время осуществления конкретного поведенческого акта.

С этих позиций динамика субъективного мира может быть охарактеризована как смена состояний субъекта поведения в ходе развертывания поведенческого континуума. Упомянутыми ранее

трансформационные (переключаемые) процессы теперь предстают как смена одного специфического для данного акта набора функциональных систем на другой набор, специфичный для следующего акта в континууме. Во время трансформационных процессов отмечается «перекрестки» активации нейронов, относимых к предыдущему и последующему актам, а также активация «лишних» нейронов, не активирующихся в упомянутых актах (Шварков, 1978а, 1987; Гравченко, 1979; Максимова, Александров, 1987).

Перекрестки могут быть рассмотрены как «коактивации» нейронов, во время которой происходит согласование состояний одновременно активных клеток, принадлежащих к функциональным системам разных поведенческих актов, связанным логикой несовместимых отношений. Вероятно, это согласование лежит в основе системных процессов, которые включают оценку выработанного достигнутого результата, зависящую от данной оценки организационно следующего акта и реорганизационно отключившей между функциональными системами только что реализованного акта. Наличие активаций «лишних» нейронов показывает, что данные процессы происходят с вовлечением и, возможно, с модификацией также и остальных элементов опыта, представляемых которыми являются «включения» в действительности нейроны.

Едв Ф. Бартает предлагал полностью отбросить взгляды, в соответствии с которыми «воспроизведение на пальцах» рассматривается как «повторное возбуждение нейронных «следов» (Warley, 1932, р. vi). Позже было четко продемонстрировано, что не только словесные акты могут обнаруживать направленную динамику (совершенствоваться) в течение тысяч и даже миллионов реализаций, но даже простые акты являются «повторными без повторения» (Бартает, 1966; Goodale et al., 1988).

Анализ активности системно специализированных нейронов показывает, как «мы никогда не имеем по-настоящему изолированные функциональные системы» (Анохин, 1977, с. 42; любой акт — однократная реализация множества систем), так же мы не имеем и изолированного извлечения из памяти (в «чистом виде») специфического набора систем, соответствующего данному акту. В связи с наличием упомянутых выше сложнейших отношений, существующих между элементами индивидуального опыта и в зависимости от них, актуализация одного элемента «включает» другие. Результат поведенческого акта достигается за счет актуализации множества словесных логик несовместимых отношений элементов опыта, образованных при формировании разных актов. Процессам реализации одиночного акта поведения соответствует сложная и динамичная системная структура, представляемая как функциональными

СИСТЕМАМИ, НЕИЗМЕННО ПОВЫШАЮЩИМИСЯ в его осуществлении, так и системами, набор которых модифицируется от реализации к реализации данного акта, по которым возможно колеблются в реализации или либо других актов.

Модификация набора систем определяется невозможностью полного воспроизведения в повторных реализациях акта структуры межсистемных отношений. Каждый последующий акт отличается от предыдущего хотя бы уже потому, что ему предшествует большее число реализованных актов, а, следовательно, он может характеризоваться иным уровнем мотивации, степени автоматизированности и т.п. Кроме того, параметры полученного результата не «математически точно соответствуют заданным», но «всегда имеют многоместный разброс около ... предсказанного акцептором действия эталона» (Анохин, 1978, с.273). Таким образом, трансформационные процессы, в которых задается конкретная структура межсистемных отношений, не могут быть точной копией предыдущих. Следует учесть и необходимость срочных реорганизаций межсистемных отношений в связи с меняющимися условиями среды, в которых осуществляется поведение. Модификация набора актуализированных систем определяет изменчивость субъективного мира при повторных реализациях «одного и того же» действия. Изучение нейронной активности позволяет сделать закономерности актуализации отдельных элементов опыта, лежащие в основе этой изменчивости, предметом количественного анализа (Александров и др., 1999).

Процедура индивидуального опыта на структуры мозга в норме и патологии

Из всего сказанного выше с очевидностью следует, что с позитив системной психофизиологии проблемы «адаптации сенсорных функций» должна быть сформулирована как проблема **процедуры индивидуального опыта на структуры мозга** (Шварков, 1995).

Иные данные в пользу зависимости корковых процедур от особенностей ранних этапов индивидуального развития были получены Д.Н. Спрингалем (Sprinell, 1978), который обнаружил, что обучение котят оборонительным движениям передней лапы приводит к увеличению по сравнению с контрольной группой, числа нейронов, имеющих рецитивные поля на этой лапе; область ее представительства в соматосенсорной коре существенно расширяется. Позднее было обнаружено,

что обусловленное обучением формирование редуцированных полей нейронов с характеристиками, соответствующими свойствам распознаваемых объектов, имеет место и у взрослых животных (Tanaka, 1993). В настоящее время не исключены сомнения, что редуцированные поля и «узловые карты» могут модифицироваться в течение всей жизни (Wal, 1988), хотя объем этих модификаций в разном возрасте может быть разным. Так, показано, что представительство пальцев левой руки у музыкантов, играющих на струнных инструментах, расширено по сравнению с контрольной группой, тем сильнее, чем в более раннем возрасте началось обучение игре (Eliert et al., 1995).

С точки зрения теории функциональных систем при тестировании редуцированных полей нейронов выдвигается их выделение и обеспечение систем тех или иных поведенческих актов. В связи с этим представленные выше данные можно рассмотреть как указание на то, что процедура индивидуального опыта на структуры мозга животных и человека изменяется в процессах системогенеза на всех стадиях индивидуального развития и зависит от особенностей их обитания.

Для того чтобы получить данные, непосредственно характеризующие процедуру тех или иных элементов опыта на структуры мозга, необходимо составить паттерны системной специализации нейронов этих структур. Под **паттерном системной специализации нейронов** данной области мозга понимается конкретный состав функциональных систем, по отношению к которым специализированы нейроны данной структуры, и количественное соотношение нейронов, принадлежащих к разным системам. Эксперименты, в которых анализировалась системная специализация нейронов многих центральных и периферических структур мозга, показали, что, в целом, нейроны новой специализации максимально представлены в коре мозга (хотя, как это было только что отмечено, отдельные ее области могут сильно различаться по этому параметру) и в меньшей степени или совсем отсутствуют в ряде филогенетически древних и периферических структур. Нейроны же более старых специализаций в значительном числе представлены как в корковых, так и в других структурах. Можно полагать, что специфика процедур на структуры мозга зависит от специфических метаболических «потребностей». Эти свойства определяют выделение нейронов данной структуры в формирование конкретной функциональной системы.

Процедуры опыта на структуры мозга могут изменяться не только при нормальном ходе индивидуального развития. Повреждающие воздействия, такие, например, как перерезка нервов или ампутиция пальцев, заставляют

перестроить поведение, также приводит к модификации рецептивных полей в соответствии с изменениями «карты колы» (Wahl, 1968). У биологически депривированных после рождения животных и у слепых людей значительно повышается по сравнению с нормальной умелостью, в том числе как тактильное и слуховое — усиливается (Rauschecker, 1995).

Таким образом, процесс индивидуального опыта на структуры мозга определяется историей обучения в процессе индивидуального развития и модифицируется при патологических воздействиях.

Список литературы

- Альбертс Б., Брей Д., Ламк Д., Рафф М., Робертс К., Уотсон Д. (1986) Молекулярная биология клетки. — М.: Мир, Т. 1—5.
- Александров Ю.Н. (1971) Отражение интенсивности электрохимического раздражения в ответе корковых нейронов // Материалы 22–23 итоговой сессии СНО. — М.: МЭСССР, С. 21–29.
- Александров Ю.Н. (1989) Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. — М.: Наука.
- Александров Ю.Н. (1995) Макроструктура деятельности и первичные функциональные системы // Психологический журнал, Т. 16, № 1, С. 26–29.
- Александров Ю.Н. (1997) Психология + физиология №№ психофизиологии // Психологическая наука: Традиции, современное состояние и перспективы. — М.: Труды Ин-та психологии, Т. 2, С. 263–268.
- Александров Ю.Н., Шварцов В.В. (1974) Латентные периоды и синхронность разрядов нейронов зрительной и соматосенсорной коры в ответ на условную стимуляцию света // Нейрофизиология, Т. 6, № 3, С. 331–333.
- Александров Ю.Н., Александров И.О. (1980) Активность нейронов зрительной и моторной областей коры мозга при осуществлении поведенческого акта с открытым и закрытым глазами // Журнал высшей нервной деятельности, Т. 31, № 6, С. 1179–1189.
- Александров Ю.Н., Боченко Т.Н., Бурова В.В., Бурин А.Г., Шенников Д.Г., Боченко Ю.В., Александров И.О., Максимов Н.Е., Благославных Б.Н., Бедрина М.В. (1997) Закономерности формирования и реализации индивидуального опыта // Журнал высшей нервной деятельности, Т. 47, № 2, С. 243–260.

- Александров Ю.И., Шенченко Д.Г., Горюхи А.Г., Гринченко Ю.В. (1999) Динамика системной организации поведения и его последовательным реализациям // Психологический журнал. Т. 20. № 2. С. 82–89.
- Асмоли К.В. (1996) Обучение и память в молекулярно-генетической перспективе // Двадцатые годовые тезисы. — М.: Дыалог-МГУ. С. 23–47.
- Асмоли К.В. (1997) Молекулярные сценарии консолидации долговременной памяти // Журнал высшей нервной деятельности. Т. 47. № 2. С. 261–280.
- Асмоли П.К. (1945) От Декарта до Павлова. — М.: Медгиз.
- Асмоли П.К. (1973) Системный анализ условного рефлекса // Журнал высшей нервной деятельности. Т. 23. № 2. С. 229–247.
- Асмоли П.К. (1975) Обзор по физиологии функциональных систем. — М.: Медицина.
- Асмоли П.К. (1978) Философские аспекты теории функциональной системы. — М.: Наука.
- Асмоли П.К. (1980) Из тетрадей П.К.Асмоли // Психол. журн. № 4. С. 185–188.
- Аристотель. (1937) О душе. — М.: Соцгиз.
- Безуглов А.С. (1978) Обратная связь в системе управления движением // Теория функциональных систем и физиология и психология. — М.: Наука. С. 195–219.
- Бернштейн Н.А. (1966) Обзор по физиологии движений и физиологии активности. — М.: Медицина.
- Бехтерев В.М. (1991) Объективная психология. — М.: Наука.
- Болдырев Н.В., Юдин Б.Г. (1986) Системный подход как современное общенаучное направление // Дialectика и системный анализ. — М. С. 136–144.
- Бор Н. (1961) Атомная физика и человеческое познание. — М.: Изд-во ИЛ.
- Бруси Ф. мл. (1960) Возбуждение и его проведение по нейрону // Экспериментальная психология. — М.: Изд-во ИЛ. С. 93–141.
- Брусиловский А.В. (1977) О природе предельных количественного развития человека. — М.: Знание.
- Брусиловский А.В. (1990) Один из вариантов системного подхода в психологии мышления // Проверки системности в психологических исследованиях. — М.: Наука. С. 97–112.
- Вертгеймер М. (1980) О гештальттеории // Хрестоматия по истории психологии. М.: Из-во МГУ. С. 84–97.

- Гиттенкрейтер Ю.Б. (1988) Введение в общую психологию. – М.: Изд-во МГУ.
- Берман Н. (1911) Фартушная игра. – М.
- Бриземко Ю.В. (1979) Нейрофизиологические механизмы смены отделными актами в словесном поведении // Системные аспекты нейрофизиологии поведения. – М.: Наука. С. 19–71.
- Гибсон Дж. (1988) Экологический подход к зрительному восприятию. – М.: Прогресс.
- Джонс Г. (1915) Витализм. Его истории и системы. – М.: Наука.
- Дружинин В.Н. (1993) Структура и методы психологического исследования. – М.: Изд-во «Наука психологии РАН».
- Дьячковский В.Я. (1955) О применении воображаемых действий в процессе постановки и сохранения навыков // Вопросы психологии. № 6. С. 30–61.
- Зинченко В.П., Маргулис Е.Б. (1994) Человек развивающийся. Очерки российской психологии. – М.: Тризна.
- Иванченко А.М. (1951) Адаптация. – М.
- Клайв М. (1984) Математика. Утрата определенности. – М.: Мир.
- Крушинский А.В. (1986) Биологические основы расщепленной деятельности. – М.: Изд-во МГУ.
- Лавин К. (1980) Типологии и теории пола // Хрестоматия по истории психологии. – М.: Изд-во МГУ. С. 122–131.
- Леттвин Дж., Матурама У., Мак-Каллоу У., Питтс У. (1963) Что сообщает язык лагушки мозгу лагушки? // Электроника и кибернетика в биологии и медицине. – М. С. 211.
- Леонтьев А.Н. (1975) Деятельность. Сознание. Личность. – М.: Помпидулет.
- Ломов Б.Ф. (1984) Методологические и теоретические проблемы психологии. – М.: Наука.
- Максимова Н.Е., Александров Ю.О. (1987) Типология медленных потенциалов мозга, нейрональная активность и динамика системной организации поведения // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологическом исследовании. – М.: Наука. С. 44–72.
- Москвичев С. (1995) Социальные представления: исторический взгляд // Психологический журнал. Т. 16. № 2. С. 3–14.
- Найссер У. (1981) Познание и реальность. – М.: Прогресс.
- Павлов И.П. (1949) Избранные произведения. – М.: Изд-во АН СССР.

- Павлов А.Х., Шарков В.Б. (1978) О соотношении времени реакции при обучении // Теория функциональных систем в физиологии и психологии. – М.: Наука. С.347–357.
- Павлов Ж. (1986) Теория Павлова // История зарубежной психологии. – М.: Изд-во МГУ.
- Патарела Э.Д. (1979) Развитие нейронов мозга млекопитающих в аспекте их функционально обусловленной биохимической гетерогенности // Нейронные механизмы ритмичности мозга. – М.: Наука. С.227–243.
- Потемкин В.А. (1976) Психология творчества. – М.: Наука.
- Рогозин М.С. (1977) Структурно-уровневые теории в психологии. – Ярославль: Изд-во ЯГУ.
- Ротт С. (1995) Устройство памяти от молекул к сознанию. – М.: Мир.
- Рубинштейн С.А. (1989) Основы психологии. – М.: Педагогика. Т.П.
- Сергиенко Е.А., Рыжкова Т.В. (1999) Младенческое базальное исследование: сдвиги психического развития // Психол. журн. Т.20. №. С.1–13.
- Сеченов И.М. (1947) Как и как разрабатывать психологию? (1873) // Избранные философские и психологические произведения. – М.: ОГИЗ. С. 222–308.
- Спенсер Г. (1897) Основания психологии. – СПб.: Изд-во Сестина.
- Семелова А.В. (1995) Развитие учения о мозге и поведении. – СПб.
- Судakov К.В. (1979) Системогенез поведенческого акта // Механизмы деятельности мозга. – М.: Госмучтехиздат. С.88–89.
- Судakov К.В. (Ред.) (1987) Функциональные системы организма. – М.: Медицина.
- Судakov К.В., Наврошнина С.А., Шарковы Н.А., Александрова Е.А., Кутеп Т.В., Гадков А.Н., Аншан К.В., Богомолова Е.М., Курочкин Ю.А., Макаренко Ю.А. (1997) Теория системогенеза. – М.: Гринго.
- Угольский А.А. (1978) Избранные труды. – А.: Наука.
- Хавин С.Н., Дыгунова А.П. (1991) Организация раннего постнатального поведения. – М.: Наука.
- Чурикова Н.Н. (1997) Психология умственного развития: принцип дифференциаций. – М.: Стелетив.
- Щадриков В.Д. (1982) Проблемы системогенеза профессиональной деятельности. – М.: Наука.
- Шарков В.Б. (1978а) Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения. – М.: Наука.

- Шварков В.Б.* (19786) Нейрональные механизмы обучения как формирование функциональной системы поведенческого акта // Механизмы системной деятельности мозга. – Борский. С.147–149.
- Шварков В.Б.* (1989) Психофизиология // Тенденции развития психологической науки. – М.: Наука. С.181–200.
- Шварков В.Б.* (1987) Что такое нейрональная активность и ЭЭГ с позиций системно-эволюционного подхода // ЭЭГ и нейрональная активность и психофизиологические исследования. – М.: Наука. С. 5–23.
- Шварков В.Б.* (1995) Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН».
- Шварков В.Б., Александров Ю.Н.* (1973) Обработка информации, поведенческий акт и корковые нейроны // ДАН СССР. Т. 212. № 4. С.1021–1024.
- Шваркова Н.А.* (1979) Анализ интуитивной активности нейронов при пугежом и оборонительном поведении кроликов // Системный анализ механизмов поведения. – М.: Медицина. С.319–326.
- Шерстнев В.В.* (1972) Нейрохимическая характеристика «смысловых» нейронов коры мозга // ДАН СССР, Т. 202, № 6. С.1473–1476.
- Шерстнев В.В., Никитин В.П., Рылов А.А.* (1987) Молекулярные механизмы интегративной деятельности нейронов // Функциональные системы организма. – М.: Медицина. С.319–352.
- Шулейкина К.В., Хаустов С.Н.* (1989) Развитие теории системологии на современном этапе // Журнал высшей нервной деятельности. № 1. С.3–19.
- Эддисон Д., Марджестри В.* (1981) Разумный мозг. – М.: Мир.
- Яковлевский М.Г.* (1996) Наука о поведении: русский путь. – М.–Воронеж: Изд-во «Ин-т практической психологии».
- Alexandrov Yu.I., Javřilehto T.* (1993) Activity versus reactivity in psychology and neurophysiology // *Ecological Psychology*, V.5, P.85–103.
- Buly C.H., Kandel E.R.* (1993) Structural changes accompanying memory storage // *Ann. Rev. Physiol.* V.53, P. 397–426.
- Barlett F.* (1932) *Remembering*, Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- Bradley P.M., Burns B.D., King T.M., Webb A.C.* (1996) Electrophysiological correlates of prior training: an in vitro study of an area of the avian brain which is essential for early learning // *Brain Res.* V.708, P.100-107.
- Churchland P.S.* (1986) *Neurophilosophy. Toward a unified science of the mind-brain.* – London: A Bradford Book.
- Clayton N.S., Kiehl J.R.* (1994) Hippocampal growth and attrition in birds affected by experience // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, V.91, P. 7410–7414.

- Dennett C.D. (1995) *Darwin's dangerous idea*. – N.Y.: Simon & Schuster.
- Devey J. (1969) *The early works, 1882–1898*. – London: Southern Illinois Univ. Press.
- Eidelman G.M. (1987) *Neural Darwinism: The theory of neuronal group selection*. – N.Y.: Basic.
- Elbert T., Pantev C., Wienbruch C., Rockstroh B., Taub E. (1995) Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players // *Science*, V. 270, P. 305–307.
- Gottlieb G.J., Corcos D.M., Joric S. (1988) Practice improves even the simplest movements // *Exp. Brain Res.* V. 73, P. 436–440.
- Heisenberg M. (1994) Voluntariness (Willkürfähigkeit) and the general organization of behavior // *Flexibility and constraint in behavioral systems*. – England: John Wiley & Sons Ltd. P.147–156.
- Heit G., Smith M.E., Halgren E. (1988) Neural encoding of individual words and faces by the human hippocampus and amygdala // *Nature*, V. 333, P. 773–775.
- Kempermann G., Kubie G.H., Gage F.H. (1998) Experience-induced neurogenesis in the senescent dentate gyrus // *The J. Neurosci.* V. 18, No 9, P. 3206–3212.
- Kendrick K.M., Levy F., Keverne E.B. (1992) Changes in the sensory processing of olfactory signals induced by birth in sheep // *Science*, V. 256, P. 833–836.
- Koffka K. (1935) *Principles of gestalt psychology*. – N.Y.
- Perrett D.I., Oram M.W., Lovince E., Emery N.E., Baker C. (1996) Monitoring social signals arising from the face: studies of brain cells and behaviour // *8th world congress of IOP*. – Tampere, P.201.
- Popper K.R., Eccles J.C. (1977) *The self and it's brain*. – Berlin: Springer.
- Procyk E., Tanaka J.L., Joseph J.-P. (1998) Monkey cingulate neural activities related to a sequential problem solving task // *Exp. J. Neurosci.* V. 10, Suppl. 10, P. 86.
- Przybylski J., Sza S.J. (1997) Reconsolidation of memory after its reactivation // *Behav. Brain Res.* V. 84, P. 241–246.
- Rauschecker J.P. (1995) Compensatory plasticity and sensory substitution in the cerebral cortex // *TINS*, V. 18, P. 36–43.
- Reed E.S. (1989) Neural regulation of adaptive behavior // *Ecological Psychology*, V. 1, P. 97–117.
- Rodriguez P.R., Engel A.K., König P., Singer W. (1997) Visuospatial integration is associated with zero time-lag synchronization among cortical areas // *Nature*, V. 385, P. 157.

- Shoykhet V.B. (1986) Behavioral specialization of neurons and the system-selection hypothesis of learning // Human memory and cognitive capabilities. Amsterdam, Elsevier. P. 599–611.
- Smyth M.M., Morris P.E., Levy Ph., Ellis A.W. (1987) Cognition in action. Lawrence Erlbaum associates, Publishers. – Hillsdale.
- Spinelli D.N. (1978) Neural correlates of visual experience in single units of cats: visual and somatosensory cortex // Frontiers in visual science. – N.Y.: Springer. P. 674–688.
- Szwedlow H.A., Hicks T.P. (1997) Subthreshold receptive fields and baseline excitability of -colicis- SI callosal neurons in awake rabbits: contributions of AMPA, kainate and NMDA receptors // Exp. Brain res. V. 115. P. 405–409.
- Tirakci K. (1993) Neuronal mechanisms of object recognition // Science. V. 262. P. 685–688.
- Edman E.C. (1932) Purposeful behavior in animals and men. – N.Y.
- Uexküll J. von. (1957) A stroll through the worlds of animals and men // Instinctive behavior. – N.Y. P. 5–80.
- Wall J.T. (1988) Variable organization in cortical maps of the rat: an indication of the flexible adaptive capacities of circuits in the mammalian brain // TINS. V. 11. P. 549–561.
- Winn S., Reynolds B.A., Vecsei A.L., Morshed C., Craig C.G., Kooy van der D. (1996) Is there a neural stem cell in the mammalian forebrain // Trends in neurosci. V. 19. No 9. P. 387–393.
- Wilson M.A., McNaughton B.L. (1993) Dynamics of the hippocampal ensemble code for space // Science. V. 261. P. 1055–1058.



Елена Николаевна Кизлова (родилась в 1959 г.) — доктор философских наук, ведущий научный сотрудник Института философии РАН. Окончила философский факультет МГУ (1982) и специализацию Института философии АН СССР (1983). В 1996 — 1998 годах работала при финансовой поддержке фонда А. фон Гумбольдта в Центре синергетики Г. Хакена в Штутгарте. Автор более чем 180 публикаций, в том числе трех монографий.

В последние годы ее исследовательские интересы сфокусированы на развитии диалектического подхода в когнитивной парадигме, базирующегося на применении модели нелинейной динамики, теории сложных адаптивных систем, теории хаоса и синергетики для генерации закономерностей эволюции формационного человеческого сознания.

Сергей Павлович Курдюмов (родился в 1928 г.) — крупный российский ученый, специалист в области математического моделирования, математической физики и вычислительной математики, член-корреспондент РАН (с 1984 г.), автор и соавтор более 300 научных работ, опубликованных в России и за рубежом, в том числе пяти монографий. Имеет большой личный вклад в разработку фундаментальных проблем синергетики и теории нелинейных неавтономных уравнений. С 1989 по 1999 г. возглавлял Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, в течение многих лет был президентом Международного математического клуба, вице-президентом Национального комитета по математическому моделированию, является действительным членом Европейской Академии и Sciences. В настоящее время — член редколлегии пяти отечественных и международных научных журналов. С.П. Курдюмов ведет большую работу по подготовке научных кадров, является заведующим кафедрой прикладной математики и синергетики в Московском физико-техническом институте. Под его руководством защищены 10 докторских и 19 кандидатских диссертаций.

Е.Н. Кизлова, С.П. Курдюмов

АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП В СИНЕРГЕТИКЕ¹

1. Синергетика как наука о сложном

«Сложность» — одно из ключевых слов, спецификацирующих синергетические исследования. Наряду с понятиями «самоорганизация», «нелинейность», «открытость» и «хаос» синергетика концентрирует

¹ Сокращенный вариант статьи. Полностью текст опубликован в *Вопросы философии*, 1997, № 3, С. 62–79.

внимание на исследование сложности. Синергетика есть понимание и объяснение сложного, его природы, принципов организации и эволюции.

Согласно классической термодинамике и ее второму началу, энтропичность мира увеличивается в процессах упрощения организации, деградации структур и образования мира, возрастания энтропийных, запутанных элементов. В своем крайнем выражении эти представления доводятся до гипотезы о тепловой смерти Вселенной. Синергетика, в основу которой положена неравновесная термодинамика, изучает главным образом противоположные процессы: путь к сложному, рождение сложного и его нарастание, процесс морфогенеза. Процессом застывания и упрощения организационноследуются синергетической линией как необходимые энтропийные стадии формирования сложного и восхождения к более сложному. Изучению кодам морфогенеза была посвящена работа А. Тьюринга (Turing, 1952), опубликованная еще в 1952 г.

Как возникает сложное? Почему формируются и структуры самоорганизации природы именно такие, скажем, спиральные или решетчатые (правильные гексагональные решетки)? Как происходит усложнение формообразования в мире? Возможно ли смена форм? Как осуществляется процесс морфогенеза? Возможно ли цепная реакция усложнения? (Нельзя над этим вопросом брать пример А. Тьюринга и последующие исследования.) По каким принципам строится сложная структура из простых элементов, целое из частей? Как происходит сборка сложного в этом мире? Следствиями в области теории самоорганизации (синергетика), пожалуй, не пролили на сегодняшний день и возможные пути в поисках ответов на эти вопросы.

Г. Николас и Н. Пригожин в своей книге «Появление сложного» пытаются прояснить в природе сложности как таковой, исследовать поведение сложных систем независимо от того, идет ли речь о молекулах, биологических или социальных системах. В качестве ингредиентов сложного поведения, с их точки зрения, можно рассматривать «неравновесность, обратные связи, периодичные явления, энтропию». Несколько позже они выразили это более детально: это «поведение нелинейных диффузионных процессов вдали от равновесия и при наличии подпадающих нелинейностей, нарушающих симметрию влиятельных бифуркаций, а также образование и поддержание корреляций макроскопического масштаба» (Николас, Пригожин, 1980).

Согласно Дж. Николасу, сложное связано с субординативной устроен, иерархическим построением, кроме того, сложное с необходимостью должно рассматриваться в энтропийном аспекте (Николас, Пригожин, 1980).

Известный американский физик М. Галл-Манн, также занимающийся в последнее время междисциплинарным исследованием природы простого

и словного, выступил в 1984 году в качестве одного из основателей Института в Санта-Фе (Нью-Мексико). Этот институт получил ныне широкую известность как ведущий центр по изучению сложного. В нем проводятся исследования таких сложных адаптивных систем, как биологические организмы, язык, человеческий мозг и кратковременная память.

В своей недавней книге «Кварк и игуар» Гелл-Манн стремится показать, что, как это ни парадоксально, мир кварков имеет довольно много общего с миром булдогающего в ночи игуара. Два полюса мира — простое и сложное — тесно взаимосвязаны. «Кварк символизирует базисные физические законы, которые управляют универсумом и всем воцарством в нем... Игуар означает сложность окружающего нас мира, в особенности то, как мир проявляет себя в сложных адаптивных системах... Мне представляется, — заключает он, — что кварк и игуар олицетворяют два аспекта природы, которые я называю простым и сложным: с одной стороны, лежащие в основе всего физические законы материи и Вселенной, а с другой — богатая фабрика мира, которую мы непосредственно воспринимаем и частью которой мы сами являемся» (Gell-Mann, 1995).

М. Гелл-Манн предложил новый термин «*рестрис*», который с его точки зрения удачно выражает взаимоотношения простого и сложного во всех их бесчисленных проявлениях. Этот термин имеет греческое происхождение и семантически связан с «искусством переплетения», «составления», «усложнения». Таким образом, в современной теории сложного происходит переход «*from complexity to regularity*» (см. также обсуждение новейших результатов исследований в Институте Санта-Фе: Ноткин, 1995, р. 74–78). С нашей точки зрения, термин *рестрис* (переплетение) глубоко резонирует с условиями пересечения областей локализации простых структур при возникновении на них сложной структуры (см. ниже раздел 3.) Подлинно сложные феномены возникают на границе хаоса и порядка, *at the edge of chaos* (на краю хаоса). Выше некоторого порогового состояния системы становится неустойчивой, когда микроскопическое движение (флуктуация) вызывает быстрый лавинообразный процесс, выход на аттрактор.

К. Майндер, который недавно стал президентом Немецкого общества по изучению сложных систем и нелинейной динамики (почетным председателем этого общества избран профессор Г. Хаген), также обсуждает различные аспекты современной теории сложных нелинейных систем. Описывая сложного, как показывает он, невозможно без представления о нелинейности и современных нелинейных моделях. В условиях современного мира лавинное мышление, до сих пор доминирующее

в некоторых областях науки, становится преимущественно недостаточным и даже опасным. Он приводит к такому выводу: «Наш подход предполагает, что физическая, социальная и ментальная реальность является нелинейной и словесной. Этот существенный результат синергетической эпистемологии влечет за собой серьезные следствия для нашего поведения. Стоит еще раз подчеркнуть, что линейное мышление может быть опасным в нелинейной словесной реальности... Наши врачи и психологи должны научиться рассматривать людей как сложные нелинейные существа, обладающие умом и телом. Линейное мышление может терпеть неудачу в установлении правильных диагнозов... Мы должны помнить, что в политике и истории монокартальность может вести к диктаторству, отсутствию толерантности и фашизму... Подход к изучению словесных систем порождает новые следствия в эпистемологии и этике. Он дает шанс предотвратить хаос в словесном нелинейном мире и использовать креативные возможности синергетических аффектов» (Maitze, 1994, p. 13).

Различные аспекты проблемы словесной в теории самоорганизации, а также возможности построения единой теории словесных систем рассмотривались в недавних публикациях (Козлов, 1985, 1991; Lazo, 1993; Матичева, Varela, 1988; Mori, 1992) и в ряде других работ¹.

Судя по известным нам работам, до сих пор не найдено последовательное решение задачи морфогенеза, задачи усложнения, перехода от простых форм (структур) к сложным. Более актуальна задача поиска сложного спектра структур-аттракторов, т.е. спектра асимптотически эволюционирующих процессов, протекающих в словесных нелинейных системах (на открытых нелинейных средах).

Наше обсуждение опирается также на многолетние результаты математического моделирования словесных систем и вычислительного эксперимента, полученные большой группой ученых в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, в Институте математического моделирования РАН и на факультете ВМК МГУ. Философское их осмысление, с нашей точки зрения, представляет интерес для широкой общественности.

В нашей научной школе пока не удалось описать морфогенез как переход от простых структур к сложным. Решается более простая задача: уста-

¹ См. тезисы докладов I Antonia, H. Adin, V. Babin, G. Burgi, E. Lazo, K. Mainzer, J. Nicolis, G. Schaefer, F. Varela, F. Wuketits и др. в сборнике: Московский Синергетический Форум. Выпуск 1 (1996) тезисы. «Новейшие развитие в синергетике мира». 27-31 января 1996, Москва. Тезисы / Под ред. В.Н. Аршинова, Е.Н. Козловой, Москва, 1996.

вопрос, какие базовые математические модели содержат словесный спектр нестационарных структур-аттракторов. Иначе говоря, достигнет ли прогресс в понимании, какие открытые нелинейные среды (системы) обладают словесным спектром аттракторов, при каких режимах эволюционных процессов это возможно, какие собственные параметры сред для этого необходимы (точнее, какие должно быть соотношение диффузионных, рассеивающих и марширующих неоднородности в среде факторов, связанных с нелинейностью источников), каково число возможных структур-аттракторов для определенных открытых нелинейных сред. Рассматриваются также условия их возбуждения в среде и эволюция во времени.

2. Сверхстечиское расширение антропного принципа

Сверстечиско перестраивает наше мировоззрение (см. Козлова, Курдюмов, 1994б, 2002). Сверстечиско открывает необычные стороны мира его нестабильность и режимы с обстремлением (режимы гиперболического роста, когда характерные величины многократно, вплоть до бесконечности, возрастают за конечный промежуток времени), нелинейность и открытость (различные варианты будущего), возрастающую сложность формообразования и способ их объединения в эволюционноструктурную целостности (законы новологов).

Узкий эволюционный коридор в словесное. Сверстечиско позволяет взглянуть на мир другим взглядом. Вновь удивиться миру. Главное чудо — в том, что мир устроен так, что он допускает сложное. Известна формулировка антропного принципа, связанного с происхождением Вселенной. Сложность наблюдаемой Вселенной определяется очень узким диапазоном сечений первичных элементарных процессов и значениями фундаментальных констант. Если бы сечения элементарных процессов в эпоху Большого взрыва были бы, скажем, немного выше, то вся Вселенная «вытаракала» бы за короткий промежуток времени (Николис, 1989, С. 27 — 28). Антропный принцип оказывается предиктом существования сложного в этом мире. Чтобы на макроуровне сегодня было возможно существование словесных систем, элементарные процессы на микроуровне изначально должны были протекать очень избирательно.

На основе исследования математических моделей открытых нелинейных сред (систем) обнаружены явления иерархии титла и локализации процессов (иерархий, порогов) в виде нестационарных структур, развивающихся в режиме с обстремлением (Самарская и др., 1987; Samaritai et al., 1993; Курдюмов

et al., 1995; Ахромеева и др., 1992; Achromeeva et al., 1989). Есть основания сформулировать гипотезу о распространении аттрактивного поведения на условия проявления «сложности» в явлении самоорганизации. Эта гипотеза состоит в том, что словный спектр структур-аттракторов, отличающихся различными размерами и формами, существует лишь для узкого, универсального класса моделей со степенными нелинейными зависимостями. Удивительно, что все словные построены в мире чрезвычайно избирательно, что эволюционный порог в словные отнюдь узок. Эволюционное послание по мере все усложняющихся форм и структур означает реально лишь все более маловероятные события.

Итак, относительно простые математические модели содержат сложные, словный спектр структур-аттракторов. Показано, что на выделенном классе открытых и замкнутых сред могут возникать и метастабильно поддерживаться словные спектры нестационарных структур, структур, развивающихся в резонанс с обострением. Путь к словному — это путь к средам с большими нелинейностями и новыми свойствами, с более сложным спектром форм и структур. Это следует основными рассмотреть мир как *иерархию сред с разной нелинейностью*.

Свертывание сложного. Одна из основных и методологически конструктивных идей — это идея свертывания сложного, радикальной редукции сложного к простому. Аттракторы эволюции сложных систем описываются новым путем, чем петлеобразной и неоднородной путь к ним.

Как известно, поведение любой системы может быть представлено бесконечным рядом гармоник (мод) с временным коэффициентом перед каждой. Если в модели линейной системы различные гармоники (моды) независимы, то в нелинейной модели устанавливается определенная связь между ними. Открытость системы приводит к тому, что в определенные гармоники поступает энергия, например, энергии, а нелинейность определяет характер ее распределения между гармониками. Диссипативные процессы затухающе действуют по всему спектру гармоник. В силу нелинейности диссипативной «выводятся», уничтожаются те гармоники, которые недостаточно поддерживаются энергетически. В результате остается нечеткое и небольшое количество гармоник, а стало быть, и небольшое число уравнений, описывающих асимптотическое поведение бесконечно сложной открытой нелинейной системы.

Этот вывод можно сформулировать в общем виде. Неправильно при поиске структур-аттракторов чрезмерно усложнять модели, вводить большее число параметров эволюции. Синергетика позволяет видеть некие

психологические барьеры, структуры словесных системных. Сверхсловесная, бесконечномерная, квантизированная на уровне элементов среда (система) может открываться, как и всякая открытая нелинейная среда (система), небольшим числом фундаментальных идей и образов, а затем, возможно, и математическим уравнениям, определяющим общие тенденции разноразмерных процессов и шей (Маммердай, 1996). Можно попытаться определить в числе прочего и параметры порядка мирового развития (к примеру, законы роста населения мира).

Структуры-аттракторы эволюции, ее направленности или цели относительно просты по сравнению со словесным (запутанным, квантовым, неустановившимся) видом промежуточных процессов в среде. Асимптотика классически упрощается. На основании этого появляется возможность противопоставить, исходя из «из делай» процессов (структур-аттракторов), *Д* «от делай», исходя из общих тенденций разноразмерных процессов целостных систем (среды), и тем самым, *З* из идеала, желаемого человеком и соответствующего с собственными тенденциями развития процессов в среде.

Обоснование модели. Конкуренция двух факторов в нелинейной системе. Мы рассматриваем динамику эволюции сложных нелинейных систем (открытых нелинейных сред), учитывая при этом действие двух факторов (Кандела, Курдюмов, 1992).

С одной стороны, это — фактор, создающий неоднородности в сплошной среде, аналог «работы нелинейных объемных источников» своего различного рода. В самом общем смысле это действие нелинейных обратных связей в сложной системе, фактор самовалитиза, самовоздействия, саморастания (или самослабления) процессов в сложной системе (среде). Причем эти нелинейные положительные (или отрицательные) обратные связи (самовалитиза) являются не энергетическими, а селективными и конфигурационными: лишь правильно топологически организованное, резонансное воздействие приводит к значительному усилению (или ослаблению) процессов в среде. Примеры самовоздействий такого рода могут быть самыми различными: теплые реакции в лазере, приводящие к сокращению поперечного спектральной линии; раскрытие малых колебаний в радиотехнике; биологические катализаторы, позволяющие колоссально ускорить скорость процессов в живых организмах, приводить к взрывному нарастанию; быстрый рост и взрывное тая «капитала на капитал», когда полученная прибыль идет не на потребление, а снова вкладывается в производство.

С другой стороны, это фактор, размыывающий неоднородности в нелинейной системе (среде), аналог диссипации, диффузии своего различного рода.

Это может быть «диффузия» (миграция) населения, диффузия (распространение) инновационных бизнесов, диффузия (передача) знаний, научной и культурной информации, культурно-исторических традиций. Рассогласующий фактор означает влияние процессов, протекающих на микроуровне на глобальную структуру на макроуровне. Этот фактор, так сказать, многофункционален: он может выступать а) как сила, выводящая на структуру-аттрактор эволюции, б) как способ перепада между различными режимами эволюции, скажем, режимом быстрого роста и режимом ослабления интенсивности процессов, в) как фактор когерентности, установления связи между структурами, согласования структур, разнонаходясь в разном месте, в единое целое (делаящую эволюционирующую структуру).

Конкуренция между этими двумя факторами — действием нелинейных обратных связей и диссипативных, разнонаправленных процессов — приводит к различным режимам развития процессов в нелинейных системах (средах). Может устанавливаться *IS-режим* с обострением, режим локализации и роста интенсивности процессов во все более узкой области vicinity максимума (если фактор нелинейного самоингибирования сильнее аналога диссипации), или *HS-режим* с понижением интенсивности процессов, расплывания структуры и «растекания от центра» (если аналог диссипации сильнее фактора самоингибирования).

Наличие двух противоположных режимов эволюции словных систем может быть интерпретировано как возможность существования словных эволюционирующих структур в двух формах — в форме локализованных процессов, «частич» (*IS-режим*) и в форме «волн выкладки», расплывания процессов по старым следам (*HS-режим*). Парадоксально, что можно строго математически показать, что линеаризация таких моделей приводит к исключению «мира частич», т.е. к исключению второй формы существования словных структур, — линеаризация как бы «вырезает» вторую половину мира.

Как будет показано ниже, сложный спектр структур-аттракторов может существовать лишь при определенном сочетании, тонком гармоничном равновесии действия этих факторов в нелинейной системе (среде).

Задача реконструкции аттрактора. Исследование эволюции словных процессов, протекающей в открытых нелинейных средах, включает в себе ряд интересных постановок проблем. Существуют методы, позволяющие восстановить размерность аттрактора и его общий вид по экспериментальным данным.

Задача восстановления спектра структур-аттракторов чрезвычайно сложна и пока не решена, но можно проводить поиск одного аттрактора,

анализируя последовательность измерений некоторой величины. Эта задача называется задачей реконструкции аттрактора. Оказывается, чтобы исследовать количество параметров порядка у сложной многомерной системы, требуется измерять одну из ее характеристик в дискретные моменты времени» (Курдюков и др., 1989) Поиск числа и характера параметров порядка сложной системы, которые определяют поведение всех остальных степеней ее свободы, является одним из способов упрощения этой системы, основанная сложного достаточно простым и доступным образом.

Метод ПАР (приближенных автомодельных решений). Установлено, что асимптотическим инвариантным процессом и определенными классам открытых нелинейных сред, т.е. структуры аттрактора, соответствуют инвариантно-групповым решениям.

Поскольку в инвариант пространств и время не свободны, а определенные образы связаны друг с другом, постольку мы переходим к пространственно-временному описанию процессов, протекающих в сложных системах. На асимптотических стадиях рост величин по времени (рост населения, капитала, знаний, научной информации) тесно связан с пространственным распределением этих процессов (с урбанизацией, распределением капитала, структурами кристаллизации знания).

Мы считаем, что математическая модель сложными систем должна обладать сложным спектром аттракторов, т.е. структур, которые возникают на развитых, автомодельных (т.е. самоподобных, сохраняющих при эволюции свою форму) стадиях процессов. Основная проблема заключается в том, чтобы найти тип уравнений, которые допускают сложный спектр аттракторов. Иначе говоря, какие типы нелинейности делают возможным существование сложного спектра аттракторов? Как уже отмечалось, это — уравнения со системными нелинейными зависимостями.

Это упрощение удается проверить на достаточно широком классе зависимости коэффициента теплопроводности от температуры $k(T)$ и источника от температуры $Q(T)$. В работе В.А. Пальмистова и А.А. Самарского показано, что если зависимость от сложной зависимости коэффициентов от температуры не допускает инвариантно-групповых решений, на развитых стадиях (при времени, стремящемся к времени обострения) уравнения вырождаются в такие, которые допускают инвариантно-групповые решения (Пальмистов, 1982, 1983; Пальмистов и др., 1983). (При типе вырожденных уравнений, описывающих асимптотическую стадию — это уравнения с экспоненциальными и степенными зависимостями и уравнения класса Пальмистова-Якоби). Если речь идет об асимптотическом состоянии, об описании развитых автомодельных стадий процессов,

то с некоторого класса уровней решений сходится к инвариантно-групповым решениям и среда них лишь системные автоколебательные решения допускают сложный спектр собственных функций (структур-аттракторов), т.е. только при $k(T) = k_0$ \mathcal{P} и $Q(T) = Q_0$ \mathcal{P} .

Новый тип странных аттракторов. Решения с обострением обладают такой особенностью, что ход процессов в них имеет две существенно отличающиеся друг от друга стадии: длительную метастабильную стадию, когда все характеристики процессов растут чрезвычайно медленно и незначительно, и стадию асимптотической неустойчивости вблизи момента обострения, когда возникает угроза стохастического, вероятностного, «радикального» распада сложной структуры. Вблизи момента обострения очень угодно малые флуктуации способны расколоть тип развития внутри различных подструктур сложной структуры, в результате чего сложная структура подвергается реальной угрозе распада. Открытие асимптотической неустойчивости сложных структур может быть интерпретировано как существование особого типа странных аттракторов.

Существуют определенные классы неустойчивых систем или стадии развития процессов, проявляющие неустойчивость. Неустойчивыми системами, т.е. такими, для которых существуют предельные границы предсказания и контроля, можно считать системы со странными аттракторами. И. Пригожин называет неустойчивыми состояния системы вблизи точки бифуркации, когда система совершает выбор дальнейшего пути развития. Мы же говорим о неустойчивости иного рода. О неустойчивости как определенной стадии режимов сверхбыстрого нарастания развития процессов с медленной положительной обратной связью. Неустойчивость — это вероятностный распад сложнокоррелированных структур вблизи момента обострения.

Спектр структур-аттракторов существует вблизи S-режима. В результате исследования фундаментальных математических свойств нелинейных моделей установлено существование двух качественно различных режимов эволюции сложных систем — IS-режима локализации и сокращения интенсивности процессов во все более узкой области вблизи максимума и HS-режима «распадения структур» и «скачка».

Существование сложного спектра структур-аттракторов обнаружено в IS-режиме с обострением. Сама структура понимается здесь как процесс, локализованный на среде, способный как-то развиваться и перестраиваться. Нелинейная открытая среда является носителем различных

форме локализации (структур-аттракторов). Показано также, что при достаточно большой нелинейности в объемах источников по сравнению с линейнейшим показателем в размазывающих, диссипативных процессах, в LS -режиме исчезает сложный спектр структур (Адмони, 1983). Это означает, что показатель нелинейности источника β должен не сильно отличаться от показателя нелинейности в диффузии σ . Спектр структур-аттракторов существует лишь в LS -режиме (с сокращающейся областью локализации), несильно отличающемся от S -режима, раздваиваясь на фундаментальной длине (имеющей фиксированную область локализации).

Кроме HS -режима «замедленно» существует HS -режим с обострением, с подрастанием интенсивности процессов и распространением этих процессов в пространстве.

Группа наших болгарских коллег, в которую входят С.Н. Димова, М.С. Касчиев, М.Г. Колена и Д.П. Васильева, недавно получила важный научный результат. В этой модели при приближении HS -режима с обострением к S -режиму открыта возможность существования волн со сложной структурной организацией, которые также являются структурными аттракторами, описываемыми инвариантно-групповыми решениями. Полушарима этих структур-волн растет со временем (Димова и др., 1994). Ранее предполагалось, что сложный мир структур соответствует лишь LS -режиму с сокращающейся полушаримой преобладающей роли действия нелинейных источников по сравнению с диффузионными процессами. Ан упомянутой выше работе С.Н. Димовой с коллегами открыт еще сложный мир солитонных структур-волн, сохраняющих свою форму при растущей полушариме.

Итак, установлено, что существование спектра структур-аттракторов сложными системами (сред.) предполагает выполнение двух условий: во-первых, развитие процессов в режимах с обострением (локализация возможна лишь в сверхаттрактор-процессах); во-вторых, спектральной вид организованности показателя нелинейности источника и показателя нелинейности в теплопроводности, т.е. требуется развитие процессов области S -режима ($LS \rightarrow SHS$).

Число возможных структур-аттракторов определяется простой формулой: $N \approx (\beta - \sigma) / (\beta - \sigma - 1)$, где β — показатель нелинейности источника, а σ — показатель нелинейности в диффузии. При β не сильно отличающемся от $\sigma + 1$, $\beta > \sigma + 1$ ($LS \rightarrow S$), или $\beta < \sigma + 1$ ($HS \rightarrow S$) может существовать как угодно сложный спектр структур-аттракторов, например, с числом типов структур до 10^5 .

Суммируем сказанное в этом разделе. Физически и математически показано, что только степенной класс нелинейных степенных зависимостей

(определенный класс моделей) допускает существование сложного спектра структур-аттракторов. И потому эта модель может быть использована для исследования процессов в сложных системах, а именно для определения:

- примерного количества структур-аттракторов;
- их формы, пространственно-временной «архитектуры»;
- эволюционной парадигмы, принципов построения сложных структур из простых;
- нарушений симметрии в связи с объединением структур «раннего возраста», включением «памяти» системы.

К обсуждению этих законов и парадоксальных следствий антропного принципа мы сейчас и переходим. Отметим, что гипотеза об общности определенного класса математических моделей, лежащих в основе сложных структур мира, обосновывает саму возможность познания сложного мира. Понимание антропного принципа и лежащих в его основе поисков общего принципа организации мира продвигает нас в разгадке туды познаваемости мира.

3. Сложность: дело и дело

Гипотеза о синергетическом расширении антропного принципа включает ряд конструктивных условий объединения, коэволюции развивающихся в разном темпе структур.

Вообще говоря, синергетические представления о структурах-аттракторах, эволюционных, делех эволюционных процессов взаимосвязаны с синергетическими принципами построения эволюционного целого из частей, сложных структур из простых. Вопрос «Куда идут процессы?» ставится параллельно с вопросом «Как строится сложное эволюционным путем?», «Каковы законы нелинейного синтеза?».

Возможно, сами понятия «цель» и «целое» этимологически связаны. По крайней мере, это усматривается в греческих «теломатия» или «телономия», выходящих греческое происхождение (τέλος — завершение, завершение; окончание, высшая точка, предел, цель, или τέλος — заключительный, полный, свершившийся, окончательный, крайний, высший, совершенный). Достигание цели одновременно означает и завершение действия, замыкание круга, возвращение к началу, обратившись, круготе. Цель достигается тогда, когда оказывается построенным совершенное симметричное целое.

Куда идут эволюционные процессы в открытых нелинейных системах? Они идут в создании все более сложных организаций и структур путем интеграции различных частей, развивающихся в разном темпе структур, в эволюционные целостности.

Связность структур связана с когерентностью. Под когерентностью мы понимаем согласование темпов развития структур посредством диффузионных, диссипативных процессов, возникающих на мезоскопическом промежуточном масштабе. Для построения сложной организации необходимо когерентно соединить внутри нее подструктуры, синхронизировать темп их эволюции. В результате объединения структур попадают в один темповый, значит, начинают развиваться с одним и тем же моментом обострения, «заигнуть» в едином темпе.

Для создания сложной структуры, очевидно, необходимо уметь соединять структуры «разного возраста», развивающиеся в разных темпах структуры, необходимо включать элементы «памяти», будь то биологическая память, ДНК, или память культур, культурные традиции. Поскольку структуры-аттракторы, характеризующие различные (устойчивые) стадии эволюции структур вселенного мира, описываются инвариантно-групповыми решениями, постольку пространственные и временные характеристики структур-процессов оказываются неразрывно связанными. Динамика развития сложной структуры требует согласования (с одним моментом обострения) развития подструктур «разного возраста» внутри нее, а это, как правило, приводит к нарушению пространственной симметрии. Включение «памяти» (элементов прошлого) снижает нарушение симметрии в пространстве.

Можно попытаться сформулировать правила нарушения симметрии при соединении разновозрастных структур в целое, указать оптимальную степень связи (пересечения областей локализации) подструктур внутри сложной структуры, топологии их расположения, законом смены режимов и другие факторы, обеспечивающие устойчивое совместное развитие в одном темповом (Курдюмов, 1990; Курдюмов, 1982, 1993а, 1993б).

Не какие угодно структуры и не как угодно, не при любой степени связи и не на каком угодно стадии развития могут быть объединены в сложную структуру. Существует ограниченный набор способов объединения, способов построения сложного эволюционного целого.

Чтобы возникла единая сложная структура, должна быть определенная степень перекрытия входящих в нее более простых структур. Должна быть соблюдена определенная топология, «архитектура» перекрытия. Должно быть определенное «чувство меры».

Фактором объединения сложных социальных структур является некий общий хаос, фрустрация, диссонанс, резонс в обобщенном смысле этого слова. Хаос (обобщенный процесс равного рода), таким образом, играет конструктивную роль не только в процессах выбора пути эволюции, но и в процессах построения сложного эволюционного целого. Фигурально выражаясь, хаос выступает в качестве «клея», который связывает части в единое целое.

При создании топологически правильной организации из более простых структур (при определенной степени взаимодействия структур и при определенной симметрии архитектуры создаваемой единой структуры) осуществляется выход на новую, более высокий уровень иерархической организации, т.е. делается шаг в направлении сверхорганизации. Тем самым расширяется диапазон той структуры, которая интегрируется в систему.

4. На пути к синергетике с человеческим лицом

Сегодня мы находимся на пути к синергетике или топосинергетике. Мы пытаемся построить, если можно так выразиться, синергетику с человеческим лицом. Мы движемся к синергетике, умевшей подходить к инноваций, как подходить к человеческой культуре, к пониманию феномена человека во всех его разнообразных проявлениях, и раскрытию тайн человеческого художественного и научного творчества, познания, здоровья, образования, кооперации, взаимодействия человека в биосферу и более отдаленную социальную и культурную среду.

На пути к гуманитарной, человеческой синергетике возникает ряд метафорических представлений, мысленных картин самоорганизации и геометрии человеческого поведения; фрактальные рисунки исторических событий; ментальные (или социокультурные) ландшафты, в которых всеобъемлюще представлено вчера-сегодня-завтра; ситуации «здесь и теперь» как такие области, где исторгается недавнее прошлое и высветно повникается будущее; когнитивные карты личности, карты «студенца» и «разреженна» культурных инноваций — эти образы, навеянные синергетикой, способны стать точками роста гуманитарного знания.

Итак, синергетика применяется и применяется к пониманию самых разных явлений природы и мира человека. Синергетика пытается выступать в самых разных модификациях, более или менее отдаленных приложениях. Сама синергетическая система знания развивается благодаря «синергетическому подходу к ...» и через него (Моисеев, 1995; Степан, 1992; Назаретян, 1993; Лотман, 1993; Шустер, 1995; Томакова, 1994; Мелик-Гаймазов, 1995; Козлова, Курдюмов, 1994а).

Синергетика может рассматриваться как целостная парадигма, как метод экспериментирования с реальностью. Это — не инструмент, дающей предельные результаты, а дверь, открытая в ... реальность, природную или человеческую, в ожидании ответов от самой этой реальности. Стоит познакомиться, подойти к миру синергетически, проинтерпретировать или переинтерпретировать феномены или события с синергетической точки

зрения и посмотреть, что получится. Симергетика становится способом не просто открывания, но и создания реальности, способом увидеть мир по-другому и активно встроиться в него. Она дает возможность рассмотреть старые проблемы в новом свете, переформулировать вопросы, переориентировать проблемное поле науки.

Экспериментальная, или «песчаная», симергетика может строиться на сложном фундаменте математических аналитических расчетов и компьютерного моделирования процессов в открытой нелинейной среде. Речь идет о свободном оперировании полученным знанием и попытках творческого приложения этого знания в самых различных областях. Симергетика возможна не только как строгая наука, но и как средство экспериментирования, игры с реальностью.

Парадигма самоорганизации, или, с нашей точки зрения, симергетическая парадигма, влечет за собой, как показывают И. Пригожин и И. Стенгерс, новый диалог человека с природой (Пригожин, Стенгерс, 1986). Она приводит также к новому диалогу человека с самим собой и с другими людьми. Нелинейная ситуация, ситуация бифуркации путей эволюции или состояние неустойчивости нелинейной среды, чувствительности ее к малым воздействиям, связана с неопределенностью и возможностью выбора. Осуществляя выбор дальнейшего пути, субъект ориентируется на один из собственных, определяемых внутренними свойствами среды путей эволюции и вместе с тем на свои ценностные предпочтения. Он выбирает наиболее благоприятный для себя путь, который в то же время является одним из реализуемых в данной среде. Симергетику поэтому можно рассматривать как оптимистический способ овладения нелинейной ситуацией.

Симергетика вообще неразрывно связана с оптимизмом. В современной ситуации ускоренного и нестабильного развития мира симергетика имеет закономерное звучание. Это — оптимистическая попытка понять природу эволюции и коэволюции сложных систем, раскрыть причины эволюционных кризисов, нестабильности и хаоса, овладеть методами нелинейного управления сложными системами, находящимися в состоянии неустойчивости.

Главная проблема заключается в том, как управлять, не управляя, как малым резонансным воздействием подтолкнуть систему на один из собственных и благоприятных для субъекта путей развития, как обеспечить самоуправляемое и самонддерживаемое развитие. Проблема также в том, как преодолеть хаос, его не преодолевая, а делая его творческим, превращая его в поле, рождающее искры инноваций.

Разрешить узловой в глубокую древность строения слова перед законом, увидеть красоту и конструктивность закона — это *konst de konst*, настоящей подруги синергетики. Мало и эстетическое прекрасное, ибо открывают возможность рождения нового. Красота с синергетической точки зрения может быть рассмотрена как некий промежуточный феномен между законом и порядком. Красота — это не полная симметрия, а некоторое нарушение симметрии (порядка).

Синергетика позволяет понять разрешение как творческий процесс, а «страсть и разрешение как творческую страсть», а тем писал М. Басукин, ибо, только освободившись от творения, повернув процесс в обратную сторону, на противонаправленной режиссе, на осколки старого может быть создано что-то привлекающее внимание, новое.

Немалой (синергетическая) ситуации — это ситуации игры с реальностью. Это — некий тип физического экстремизма, или же ментальной или экзистенциальной игры, буржанина по полю многовариантных путей в будущее. В этой некоординированной игре ничто не предопределяется, кроме самых общих правил этой игры. Эти правила носят характер некоординированных запертов, накладываемых на некоторые несвойственные сложной системе (среде) пути эволюции.

Не субъект дает результаты и управляет немалой ситуацией, а сама немалая ситуация, будь то природная ситуация, ситуация общения с другим человеком или с самим собой, как-то разрешается и в том числе строит самого субъекта. Немалой, творческой ситуации в миру, выходи образом, означает открытие возможности сделать себя творимым. Позволить немалой ситуации или другому человеку влиять на себя. Строить себя — от другого. Позволяя принцип выходя в поэтическом господстве Пола Валери: «Творец — это тот, кто творим».

Погружение в синергетику и намерение ее использовать как «позитивную парадигму» связано, стало быть, с развитием игрового сознания. Синергетически мыслящий человек — это *homo ludens*, человек играющий. Синергетика выступает в таком случае как некий тип интеллектуальной игры. Давая результаты овладения словом, она разрешает сам «разрешить», сам предельный способ результатобразования. Она все делает гибким, неизвестным, открытым, многозначным. Синергетическое действие — это действие исподволь, исходя из собственных форм образования, собственным она, способностей, историй. Это — стимулирующее действие.

Синергетический подход к человеку — это новый подход к здоровью человека, индивидуальному или коллективному (социотерапия). Открытые примеры сбора словного из простого, синергетика строит новый человек.

Символистский подход к человеку — это холистический подход. Если речь идет о здоровье, то это гештальт-терапия. Лечение обретает метафорический образ «нового открытия себя», «возвращения к самому себе» (Арешкин и др., 1996). Говоря об основах будущей холистической педагогики, Ф. Капра отмечает: «Доктор должен будет уметь слышать способность тела к самоисцелению и не пытаться господствовать над процессом исцеления» (Капра, 1996).

Лечение и исцеление предстают как «символистское привлечение» человека, при котором в самом человеке обнаруживаются скрытые установки (структуры-аттракторы) на благоприятное и здоровое будущее. Оно есть проявление собственных поддерживающих человека путей и внутренних сил следовать этим путям. С позиций символизма возможно обсуждение таких вопросов: здорово ли быть историческим, каковы причины эффективности маммы (допустим, гомеопатических или акупрессурных) воздействий, можно ли быть психически здоровым при соматической болезни, и наоборот, может ли быть здоров индивид, если «нездорово» общество, социальная среда его обитания, и наоборот.

Символистский подход к образованию (символика образования) может быть охарактеризован аналогично образу как гештальт-образование. Процедура обучения, способ связи обучаемого и обучающего, учителя и ученика — это не передача знаний из одной головы в другую, не внушение, просвещение и превращение готовых истин. Это — немедийная ситуация открытого диалога, прямой и обратной связи, солидаристического образовательного привлечения, попадания (в результате разрешения проблемных ситуаций) в один самоотлаженный темпор. Это — ситуации пробуждения собственными силами и способностями обучающегося, инициирование его на один из собственных путей развития. Гештальт-образование — это стимулирующее, или пробуждающее, образование, открытие себя или сотрудничество с самим собой и другими людьми.

Кто-то мудро сказал, что образованием — это то, что помнится, когда уже все забыто. Это в высшей степени относится к символистскому образованию и к образованию через символика. Знание не просто вкладывается на структуры личности или, тем более, навязывается им. Символистское образование действует подлудно. Это — образование, стимулирующее на собственные, может быть, еще не проявленные, скрытые линии развития. Как мы стремились показать, это — способ открывания реальности, поиска путей в будущее.

Исследовательская работа поддерживалась на разных этапах фондом INTAS и Российским фондом фундаментальных исследований.

Литература

- Адылов М.М., Клоков Ю.А., Михайлов А.П. (1983) Самоподобные тепловые структуры с сопрягающейся полустертойкой // Дифференциальные уравнения. Т. 19. № 7. С. 1107–1114.
- Аршинов В., Малый А., Пестов П. (1996) Медведка III в контексте становления синергетического познания // Московский Синергетический Форум. Январская встреча. «Устойчивое развитие в изменяющемся мире», 27–31 января 1996, Москва. Тематика / Под ред. В.И.Аршинова, Е.Н.Киселевой. – М. С.31–32.
- Аршинов В.С., Курдюмов С.П., Маллерштейн Г.Г., Самарский А.А. (1992) Нестационарные диссипативные структуры и диффузионный хаос. – М.: Наука. С.541.
- Галактионов В.А., Курдюмов С.П., Самарский А.А. (1985) Об асимптотических собственных функциях задачи Коши для нелинейного параболического уравнения // Математический сборник. Т. 126. № 4. С. 435–472.
- Галактионов В.А., Самарский А.А. (1982, 1983) Методы построения приближенных автомодельных решений нелинейных уравнений теплопроводности // Математический сборник. 1982. Т.118. № 3. С. 292–322; 1982. Т. 118. № 4. С.435–455; 1983. Т.120. № 4. С.3–21; 1983. Т.121. № 2. С.131–155.
- Гаманов С.А. (1994) Компьютерный метод в историческом познании. – М.: МГПУ.
- Димина С.Н., Киселев М.С., Колена М.Г., Васильева Д.П. (1994) Численное исследование радиально-несимметричных структур в нелинейной теплопроводной среде // Доклады Академии наук. Т. 338. № 4. С. 461–464.
- Капри Ф. (1996) Уроки мудрости. Разговоры с замечательными людьми. – М. С.163.
- Киселев Е.Н., Курдюмов С.П. (1992) Синергетика как новое мировоззрение: диалог с Н. Прагматизмом // Вопросы философии. № 12. С. 3–20.
- Киселев Е.Н., Курдюмов С.П. (1994а) Интуиция как самодостраивание // Вопросы философии. № 2. С. 110–122.
- Киселев Е.Н., Курдюмов С.П. (1994б) Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. – М.: Наука. С. 236.
- Киселев Е.Н., Курдюмов С.П. (2002) Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпоры. СПб.: Алтейка.

- Курдюмов С.П. (1982) Собственные функции горения нелинейной Среды и конструктивные законы построения ее организации // *Современные проблемы математической физики и вычислительной математики*. – М.: Наука. С. 217–243.
- Курдюмов С.П. (1993а) Законы эволюции и самоорганизации сложных систем // *Наука, технология, вычислительный эксперимент*. – М.: Наука. С. 28–31.
- Курдюмов С.П. (1993б) Собственные функции горения нелинейной среды и конструктивные законы построения ее организации // *Наука, технология, вычислительный эксперимент*. М.: Наука. С. 73–77.
- Курдюмов С.П., Маламудный Г.Г., Потанин А.Б. (1989) *Сверетника — новые направления*. Бюрократия общества «Эконт» (Серия «Математика и кибернетика». № 11). – М. С. 36–37.
- Лоткин Ю.М. (1992, 1993) *Избранные статьи*. В 3 т. – М.
- Маламудный Г.Г. (1996) *Хаос, структура, вычислительный эксперимент*. – М.: Наука.
- Мельни-Гайкалик И.В. (1995) *Информация и самоорганизация*. – Томск: Томский политехнический университет.
- Моисеев Н.Н. (1993) *Современный рационализм*. – М.: МГУП КОКС.
- Новаретти А.П. (1995) *Агрессия, мораль и кризисы в развитии мировой культуры (сверетника социального прогресса)*. – М.: Кипитник.
- Николик Г., Пригожин Н. (1990) *Песнь о сложном*. Введение. – М.: Мир. С. 53, 96.
- Николик Дж. (1989) *Динамика иерархических систем. Эволюционное представление*. – М.: Мир.
- Пригожин Н., Стенгерс И. (1986) *Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой*. – М.: Прогресс.
- Самарский А.А., Галактионов В.А., Курдюмов С.П., Михайлов А.П. (1987) *Режимы с обострением и задачи для квазилинейных параболических уравнений*. М.: Наука.
- Степан В.С. (1992) *Философская антропология и философия науки*. – М.: Высшая школа.
- Хакин Г. (1985) *Сверетника. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах*. – М.: Мир.
- Хакин Г. (1991) *Информация и самоорганизация: Микроскопический подход к сложным системам*. – М.: Мир.
- Штур В.А. (1993) *Самоорганизация городского расселения*. – М.: Рос. Открытый университет.

- Achironov T.S., Kuznetsov S.P., Malinetski G.G., Samarski A.A. (1989) Nonstationary Dissipative Structures and Diffusion-Induced Chaos in Nonlinear Media // *Physical Reports*. Vol. 176. P. 189–372.
- Gell-Mann M. (1995) *The Quark and the Jaguar. Adventures in the Simple and the Complex*. – London: Abacus. P.11.
- Hogan J. (1995) From Complexity to Perplexity // *Scientific American*, June. P.74–78.
- Kuznetsov S.P. (1990) Evolution and Self-organization Laws in Complex Systems // *International Journal of Modern Physics C*. Vol. 1. No 4. P.299–327.
- Kuznetsov S.P., Samarski A.A., Zmitrenko N.V. (1995) Heat Localization Effects in Problems of ICF (Inertial Confinement Fusion) // *International Journal of Modern Physics B*. Vol.9. No 15 P.1797–1811.
- Laszlo E. (1995) *The Interconnected Universe*. – New York etc.: World Scientific.
- Mautzer K. (1994) *Thinking in Complexity. The Complex Dynamics of Matter, Mind, and Humankind*. – Berlin: Springer-Verlag. P.13.
- Matuzana H.R., Vasela F.J. (1988) *The Tree of Knowledge. The Biological Roots of Human Understanding*. – Boston & London: New Science Library.
- Morin E. (1992) *Method. Towards a Study of Humankind*. Volume I. *The Nature of Nature*. – New York etc.: Peter Lang.
- Samarski A.A., Galaktionov V.A., Kuznetsov S.P., Mikhailov A.P. (1995) *Blow-up in Problems for Quasilinear Parabolic Equations*. Berlin, N.Y.: Walter de Gruyter. P.533.
- Turing A. (1952) *The Chemical Basis of Morphogenesis* // *Philos. Trans. Roy. Soc. London*. Vol. 237. P.37–72.

Научное издание

Символика и психология
Тексты
Выпуск 3. Когнитивные процессы

Редактор — *О. В. Шаповалякова*
Обложка — *А. Б. Пожарский*
Компьютерная верстка и графика — *А. А. Седаркин*

Сдано в набор 19.01.04. Подписано в печать 15.03.04.
Формат 60x90/16. Бумага офсетная № 1. Периодика Академии.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 25,7. Уч.-изд. л. 21,5.
Тираж 1700. Заказ .

ИД № 05006 от 07.06.01
Издательство «Когнито-Центр»
129366, Москва, ул. Ярославская, 13
тел.: (095) 216-3604, (095) 282-0900
E-mail: vino@psychol.rae.ru www.cogito.msk.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного макета в ППП «Тирогрария» «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6

Синергетика и психология. Тексты.

Книги этого серийного издания включают тексты авторов, работающих в области нелинейной динамики, теории хаоса, теории катастроф, теории динамических систем — т.е. в областях, объединяемых общим методологическим подходом, называемым синергетикой. Синергетическая методология активно применяется за рубежом, начиная с 70-х годов XX века, и не только в области естественных наук, но и при моделировании социальных, демографических, психологических и исторических процессов. За рубежом систематически выходят книги серии «Теория хаоса в психологии и наука о жизни» и выходит журнал «Нелинейная динамика в психологии и наука о жизни». Но в России, несмотря на богатые традиции системной методологии, до сих пор недоступно большинство первоисточников по этой тематике. В связи с этим было принято издание данной серии хрестоматий.

Планируется дальнейшее издание оригинальных работ ведущих зарубежных и отечественных специалистов в этой области (Выпуск 4, «Медицинская психология и психотерапия» и Выпуск 5, «Психология развития»).

