

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ РАН**

**РАЗВИВАЮЩИЕСЯ СИСТЕМЫ.  
В науке, технике, обществе и культуре**

**В.В. Александров**

Молись за благополучие властей,  
так как без страха перед властями  
люди съедят друг друга живьем.  
Талмуд

**ЧАСТЬ I**

**ТЕОРИЯ СИСТЕМ и СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург  
Издательство СПбГТУ  
2000

ББК 32.965.4

УДК [681.3.019.621.398].004.14.007.159.955

Александров В.В. Развивающиеся системы. В науке, технике, обществе и культуре: СПб. ч. 1. Теория систем и системное моделирование: Изд-во СПбГТУ, 2000. 243 с.

Первая часть книги посвящена концептуальным основам и математическим методам анализа систем. Выделены энергетические и информационные признаки классификации систем. Приведены различные типы информационных описаний, их роль и возможный математический аппарат для их анализа. Показано, что основная трудность системного анализа – в несоответствии исходного информационного описания используемым математическим методам и, следовательно, компьютерным программам типа STATGRAPHICS, MATLAB и др. Различные примеры и развернутые цитаты призваны обратить внимание читателя, что понятие системы и системное моделирование активно использовались в истории, культуре и других сферах нашей жизни на много раньше, чем появились первые научные труды по теории систем, кибернетике, синергетике и др.

Показано, что основная характеристика самодостаточных развивающихся систем – это гиперболический закон развития типа  $A/F^{1,618}$ , который проявляется в концентрации капиталов, зарплате: выдающихся спортсменов, менеджеров; шоу-бизнесе, текстах, музыке, картинах и других социально-общественных явлениях.

Во второй части предполагается рассмотреть принципы устойчивости систем. Приводятся рекурсивные описания информационных процессов как математический подход к исследованию развивающихся систем. Показана связь между итерационно-функциональным анализом, вэйвлетами, фракталами и рекурсивной сегментацией информационных описаний.

Приводятся примеры построения интегрированной системы обработки данных "Сито", системы обработки изображений: адаптивно динамическая сегментация, многокритериальное иерархическое принятие решения на примере распознавания рукописных текстов, непрерывный анализ аудиовизуального потока, а также принципы идентификации семантико-смыслового содержания.

Текст данного издания учебного пособия ориентирован для студентов и аспирантов как инженерно-технической, так и гуманитарной направленности.

199178, Санкт-Петербург, 14-я линия, д.39, СПИИРАН

Тел. (812) 323-5139.

E-mail: alexandr@mail.ias.spb.su

©СПИИРАН, 2000

© Александров В.В., 2000

Развитие новых информационных технологий потребовало изменений и расширения базовых основ новых научных дисциплин. Первым шагом на этом этапе было создание в 1993 году кафедры "Интеллектуальные системы управления" в Санкт-Петербургском Государственном Техническом Университете.

Предлагаемое учебное пособие содержит материал по двум оригинальным учебным курсам "Системное моделирование" и "Компьютерное моделирование развивающихся систем"

Автор, заслуженный деятель науки и техники Р.Ф., академик РАЕН, д.т.н. профессор, книги которого по статистическим методам обработки данных, рекурсивному подходу анализа сигналов и изображений переведены на английский язык. Им же еще на заре новых технологий опубликован научно-популярный цикл "Что может ЭВМ?"(1987), "Рисунок, чертеж, картина на ЭВМ."(1987), "Игра, ЭВМ и творчество."(1989), "ЭВМ видит мир."(1990).

Данное учебное пособие аккумулировало разработанные и прочитанные с 1991 года лекции на кафедре ИСУ СПбГТУ.

*Директор ИИСТ СПбГТУ,  
Заведующий кафедрой ИСУ  
Д.т.н., профессор,  
академик РАЕН  
А.А. Ерофеев.*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	<b>6</b>
<b>ГЛАВА 1. ПРЕДИСТОРИЯ.</b>	<b>24</b>
<b>ГЛАВА 2. ПРИРОДА СИСТЕМ.</b>	<b>50</b>
2.1. Что такое СИСТЕМА.	50
2.2. Естественные системы	57
2.3. Искусственные системы	70
2.3.1. Системы он-лайн (on-line)	73
2.3.2. Системы реального времени	74
2.3.3. Системы интерактивные	76
2.3.4. Системы поддержки решений и стратегического планирования.	76
2.3.5. Системы баз знаний.	79
2.3.6. Развивающиеся системы	80
2.3.7. Интеллектуальные системы	93
<b>ГЛАВА 3. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМ.</b>	<b>103</b>
3.1. Коммуникационный аспект информационных потоков	112
3.2. Классификация информационных структур	113
3.2.1. Определение коммуникации	113
3.2.2. Структура первого уровня	117
3.2.3. Структура второго уровня	119
3.2.4. Структура третьего уровня	120
3.2.5. Структура четвертого уровня	121
3.3. Иерархии	122
3.4. Ультраметририя и кластеризация.	123
3.4.1. Ультраметрическое расстояние.	124
3.4.2. Ультраметрическое пространство.	124
3.5. Структура пятого уровня. Концептуальная иерархия	127
<b>ГЛАВА 4. МЕТОД АНАЛОГИЙ, ГИПОТЕЗ. МОДЕЛИ И ИЗОМОРФИЗМ.</b>	<b>136</b>
4.1. Аналогия	136

4.2. Гипотезы	137
4.3. Модель	143
4.4. Изоморфизм	144
<b>ГЛАВА 5. ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b>	<b>156</b>
5.1. Эксперимент, теория и численные модели	156
5.2. Как строится численная модель.	161
5.3. Математическое описание	169
5.3.1. Внутреннее описание	170
5.3.2. Внешнее описание	171
5.3.4. Энтропия и потенциальная функция	173
5.4. Глобальные свойства системы.	176
5.5. Понятие состояния.	181
5.6. Понятия управляемости и наблюдаемости	183
5.7. Процессы типа белого шума	185
5.8. Оценивание параметров по методу наименьших квадратов	187
5.9. Динамическая сложность.	190
<b>ГЛАВА 6. ХАОС, КАТАСТРОФЫ И СИНЕРГЕТИКА.</b>	<b>193</b>
6.1. Параметр порядка и принцип подчинения.	211
6.2. Существующие подходы к моделированию развивающихся систем.	218
6.3. Принцип опережающего отражения П.К. Анохина [59].	223
6.4. Самоподобное рекурсивное развитие и фракталоподобные структуры.	228
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.</b>	<b>236</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.</b>	<b>239</b>

Где древо познания,  
там всегда рай.  
[Ф. Ницше]

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Крылатая фраза «...нельзя жить в обществе и быть свободным от него...» эмпирический факт. Мы не существуем вне той или иной системы, а общество всего лишь одна из подсистем окружающего нас мира. Наши знания и взаимодействие с окружающей средой всегда опосредованы через ту или иную систему. А наш посредник это знание законов и принципов на основе которых функционирует система. И только наше постоянное интуитивное желание **Прогресса и Совершенства**, без ответа на Вопрос «КТО МЫ, ОТКУДА МЫ, КУДА МЫ ИДЕМ?», а также ошибки в работе системы вызывают необходимость в коррекции, а **система** наглядно проявляет себя через свое отрицание.

Так например, господствовавшая во времена Коперника геоцентрическая система знаменитого александрийского математика Клавдия Птолемея обладала несравненно большими достоинствами, чем догадки античных гелиоцентристов. Во-первых, она лучше согласовывалась с наблюдениями; во-вторых, объяснения наблюдаемых движений небесных светил в каждом отдельном случае проводились с помощью строгих (с тогдашней точки зрения) математических рассуждений.

И все же Коперник обнаружил в геоцентрической системе ряд фундаментальных недостатков. Это касалось прежде всего принципов построения теории и ее методологических основ, если пользоваться современной терминологией. Коперник обращает внимание на то обстоятельство, что геоцентрическая концепция не представляет собой единой, стройной картины мира. Давая объяснения каждому отдельному наблюдаемому явлению, она не в состоянии привести к построению **внутренне**

**согласованной системы теоретических знаний.** Для описания движения небесных светил в каждом отдельном случае Птолемей использовал особые «начала», не связанные друг с другом принципы и основания для объяснения.

Система классификации К. Линнея и теория эволюции Дарвина разрушает гипотезу об эксклюзивном (божественном) происхождении человека. Теория Фрейда открывает в человеке подсознание, что принципиально не может гарантировать только разумное поведение человека, возможно неосознанное действие, и следовательно вместо уголовного наказания – возможны лечебные процедуры.

И наконец компьютерные технологии приводят к осознанию того факта, что уничтожается ЭГО-Человека как единственного творца знаний.

А система ИНТЕРНЕТ приводит к принципиальной возможности организации виртуальных производств, путешествий и взаимодействий.

Интуитивно очевидно, что **системы** различного вида постоянно возникают и развиваются, а коммерческий успех, да и самовыживание отдельных коллективов, стран, наций, да и всего человечества в умении целенаправленно создавать и прогнозировать поведение систем.

Знание основных принципов системного подхода формирует и системное мышление, которое только и позволяет преодолевать ловушки приводящие к деградации систем вследствие принципов Питера [1].

**... В иерархии каждый индивидуум имеет тенденцию подниматься до своего уровня некомпетентности.**

*...Меня одолевают сомнения. Не могу разобратсья, кто управляет миром – люди некомпетентные, но честные либо умные ребята, которые нас дурачат. Задумайтесь над следующими примерами, и вы поймете, что меня беспокоит. Будучи профессором в университете Британской Колумбии, я получил памятку: «профессора не имеющие собственных секретарш, могут пользоваться девушками из сводной группы секретарей». Выходящая в Стоутоне, штат Висконсин, газета «Курьер» сообщила: «на Фортон-стрит отремонтирован мост, рухнувший прошлой осенью. Установлены новые,*

укрепленные железными брусьями опоры фермы, и мост теперь приведен в то же состояние, в каком он находился перед тем, как рухнуть»...

*...Хотя открытие Принципа помогло мне во многих отношениях, все же оно не оградило меня от своих воздействий. Мы поселились на берегу океана в маленьком старом доме. Он отчаянно нуждался в ремонте. Среди прочего – не открывалось окно в моем кабинете. Пришел плотник, починил раму, сменил подоконник. Когда он закончил работу, окно стало открываться, но погас свет. Приглашенный электромонтер обнаружил, что в проводку был забит гвоздь, вызвавший короткое замыкание. Он поправил дело, лампы зажглись, но тут оказалось, что в итоге его возни оконное стекло треснуло. Явился стекольщик, сменил стекло, и вслед за этим я позвал маляра, чтобы навести окончательный лоск. Теперь все в порядке, объявил я, после чего выяснилось, что окно, покрашенное в закрытом положении, опять не открывается...*

Другой пример антисистем приведен в книге Умберто Эко «Маятник Фуко» [2].

*...Крупные научные силы сосредоточены на несусветном факультете, большая их часть - на кафедре невозможностей. Примеры: вот как раз цыганская урбанистика или коневодство у ацтеков. Сущность наук, как правило, состоит в выявлении глубинных оснований их ненужности, а для программы несусветного факультета - невозможности. Чтобы дать вам несколько примеров. Морфология азбуки Морзе. История хлебопашества в Антарктиде. Живопись острова Пасхи. Современная шумерская литература. Самоуправление в специнтернатах. Ассиро-вавилонская филателия. Колесо в технологиях доколумбовых цивилизаций. Иконология изданий Брайля<sup>1</sup>. Фонетика немого кино.*

*Под оксюмористикой, как и следует из названия, понимаются обоюдодопротиворечивые предметы, как, например, цыганская урбанистика, или, точнее, урбанистика кочевых племен. Надо различать. Несусветность*

---

<sup>1</sup> Луи Брайль (1809-52) – французский изобретатель точечного шрифта для слепых – комбинации шести выпуклых точек



*предполагает эмпирическую невозможность, а оксюмористика - терминологическую.*

*Что у нас тогда в оксюмористике? Революционные постановления ... Парменидова динамика, гераклитова статика, спартанская сибаритика, учреждения народной олигархии, история новаторских традиций, психология мужественных женщин, диалектика тавтологии, булева эвристика...*

Продолжение этого ряда – хорошее упражнение на системное мышление.

Следуя выше приведенным примерам и тому, что система ярче всего проявляется через свое отрицание, наряду с понятием система введем понятие антисистемы. Приведем следующие примеры из нашей повседневной жизни.

Пример 1.

At 501 West 123-rd Street studio #13-E, Ring Security Code # 196

New York, NY 10027

Corner Amsterdam Ave and West 123<sup>rd</sup> Street

Первая фаза адекватности восприятия текста как системы в переводе на родной русский язык: 123-я улица на Западе, дом 501, квартира 13-Е, кодовый замок на входе 196. Город Нью-Йорк, Штат Нью-Йорк, почтовый индекс 10027.

Это американская система адресации. Цель такой системы естественная однозначная идентификация месторасположения адресата. Она достигается только когда объекты их имена и связи адекватно воспринимаются всеми пользователями этой системы. Обратим внимание что в этой адресной системе введены естественные идентификационные привязки, использующие элементарные знания по географии и направленности числового ряда. Более изощренное системное мышление проявлено в данной адресной системе при нумерации квартиры 13-Е, 13 это этаж на который нужно подняться в лифте, а Е- идентификатор квартиры на этаже.

Теперь каждый может сравнить приведенную выше адресную систему с любым адресом из книги «Весь Санкт-Петербург-1999», которая вся в целом идеальный пример антисистемы. Открываем наугад, стр. 197:

Медицинский университет  
им. академика И.П. Павлова  
Санкт-Петербургский Государственный,  
издательство и типография  
197022, ул. Льва Толстого 6/8.

Ни какой привязки ни к карте города, ни к транспорту и т.д. и что такое 6/8. Как говорится, комментарии излишни. Следующий пример, более важный и он хорошо иллюстрирует истоки возникновения бюджетного дефицита.

Цель транспортной системы удовлетворить потребность населения в передвижении по городу при **минимальных** затратах. Уровень компетенции транспортного отдела Мэрии должен по крайней мере исходить из известных законов физики 7-8 классов, что затраты на потенциальную энергию т.е. на спуск и подъем по эскалаторам метрополитена есть яркий пример антисистемы транспортного перемещения. Метро везде убыточно даже в Нью-Йорке и при развитой инфраструктуре, и без эскалаторов. Но степень убыточности в Санкт-Петербурге связана с глубиной-длиной эскалатора и его расходы определяются скорее из КПД лифта, чем КПД транспортной системы, что делает население г.Санкт-Петербурга заложником либо дополнительных субсидий центра либо более высокой при всех прочих равных условиях метросоставляющей налога на жителя Санкт-Петербурга. А ведь было известно, что проектировалось метро как атомное бомбоубежище - рефлекс 900 дневной блокады города. И частые ссылки на геологические условия не выдерживают критики, так как существует множество альтернатив – транспортные системы эстакадного, монорельсового и другого типа.

Возникает парадокс: все считают себя специалистами по системному подходу, цитируют научные источники от Аристотеля до И. Пригожина. Руководители разного ранга всегда в выступлениях подчеркивают системный подход в своих проектах, а в повседневной жизни мы постоянно сталкиваемся с существованием антисистем, функционирование которых полностью

покрывается знаменитой фразой Черномырдина: «... Хотели как лучше, а получилось как всегда...».

Это связано с тем, что в **любой системе в процессе функционирования происходит скрытая, не явно выраженная подмена или коррекция исходного при конструировании функционального назначения, что в конечном итоге приводит любую систему в состояние антисистемы.** Состояние же антисистемы примечательно тем, что оно явно проявляется через результаты своего функционирования.

Например, бюджет правоохранительной системы увеличивается при росте правонарушений.

- Из рапорта ГБДД С.-Петербурга: общая дорожная обстановка в 1999 году опять ухудшилась, а выставленный знак «Стоп» при въезде в город создает пробки и дополнительное напряжение у водителей, является отпиской о повышении бдительности борьбы с терроризмом.
- Самый простой тест на компетентность сотрудника ГБДД – насколько уменьшается средняя скорость потока на километровой отрезке при остановке на 1 сек. даже не приходит в голову организаторам движения.
- Деньги социального страхования должны идти на развитие медицины, а не на евроремонт кабинетов и дорогостоящей мебели.
- Эмпирически известно, что демократические институты принципиально не могут развиваться без системы взаимного контроля и диктата закона. А первый же так называемый «демократический» мэр г. Санкт-Петербурга первым же распоряжением распустил народный контроль и дружины общественного порядка.

**В [3] Дж. Сорос исследовал это свойство антисистемы как радикальную ошибочность.**

*...Я утверждаю, что все построения человеческого мозга, ограничены ли они тайными уголками нашего мышления или находят выражение во внешнем мире в форме дисциплин, идеологий или институтов, - все они в любом случае имеют недостатки. Недостаток может проявиться в форме внутренней непоследовательности, или несоответствия внешнему миру, или несоответствия цели, которой должны служить наши идеи.*

*Это предположение, конечно, гораздо сильнее признания того, что все наши построения (концепции и идеи) могут быть ошибочными. Я говорю не о простой недостаточности соответствия, а о реальном недостатке всех человеческих построений и о реальном расхождении между результатами и ожиданиями. Как я объяснил ранее, расхождение имеет значение только для исторических событий. Поэтому радикальный вариант ошибочности может служить основанием для теории истории.<sup>2</sup>*

*Утверждение, что все человеческие построения имеют недостатки, звучит довольно мрачно, но это не причина для отчаяния. Ошибочность оценивается негативно только потому, что мы лелеем ошибочные надежды.*

*Недостатки проявятся когда-нибудь в будущем, но это не служит доказательством их существования в момент, когда были созданы сами построения. Недостатки доминирующих идей и институциональной организации общества становятся очевидными только по прошествии времени, и концепция рефлексивности оправдывает только одно заявление, – что все человеческие построения потенциально ошибочны. Именно поэтому я представляю мои идеи как рабочую гипотезу, без логического доказательства и не претендую на научный статус.*

*Я называю это рабочей гипотезой, потому что она хорошо работала как в моих финансовых решениях, так и в моих занятиях филантропией и в международной деятельности. Это дало мне стимул **искать недостатки в любой ситуации и, найдя, - получать выгоду от этого знания.***

---

<sup>2</sup> Здесь все же лучше обратиться к Дж. Тойнби «Постижение истории», где рефлекс ошибочности рассмотрен как ВЫЗОВ – ОТВЕТ.

Система это когда благосостояние государственного чиновника автоматически зависит от благосостояния населения и развития отечественной промышленности. Никакие экономические соображения не имеют смысла в лизинге и покупке западной технике – это отложенный регресс – антисистемный подход. Не строятся самолеты, автомобили, компьютеры, нет возможности повышения квалификации специалистов, нет возможности и потребности в обучении, образовании, науке и **лавину регресса не остановить министерству чрезвычайных ситуаций.**

**Как непревзойденный образец классического примера системного мышления приведем здесь статью Дж.Б.С. Холдейна «О целесообразности размера».**

*Несмотря на то, что различие в размерах животных — факт совершенно очевидный, зоологи уделяли ему очень мало внимания. Солидные учебники зоологии умалчивают о том, что орел больше воробья или что гиппопотам больше зайца, хотя отмечают разницу в размерах мыши и кита. Однако можно без труда показать, что заяц не может достигнуть величины гиппопотама или что кит не может быть размером с селедку. Каждый тип животного имеет наиболее удобный для него размер, изменение которого неизбежно влечет за собой изменение формы.*

*Допустим, что существует человек-великан 18-ти метров высотой, подобный Попу и Язычнику — гигантам из сказок моего детства. Такие великаны не только в 10 раз выше среднего человека, но в 10 раз шире и в 10 раз плотнее, т. е. их общий вес в 1000 раз превышает вес среднего человека, а следовательно, составляет от 80 до 90 тонн. Поперечный срез костей таких великанов в 100 раз превышает срез костей среднего человека; следовательно, каждые 6 квадратных сантиметров кости гиганта должны выдержать нагрузку в 10 раз большую, чем 6 квадратных сантиметров кости среднего человека. Учитывая, что берцовая кость человека разрушается при нагрузке, в 10 раз превышающей его вес, берцовая кость великанов должна была бы*

ломаться при каждом их шаге. Уж не потому ли на картинках, которые я еще помню, они изображены сидящими?

Вернемся к зоологии. Допустим, что газель — изящное маленькое создание с длинными тонкими ногами — стала бы вдруг большой. Она сломала бы себе ноги при несоблюдении одного из двух условий: первое — в случае, если бы ее ноги не стали бы такими же короткими и толстыми, как у носорога (тогда для поддержания каждого полукилограмма веса тела приходилась бы такая же площадь кости, как у нормального животного); второе — тело должно было бы сжаться, что привело бы к соответственному удлинению ног для достижения устойчивости, как у жирафа. Я упоминаю именно этих животных, поскольку они относятся к тому же отряду, что и газель, и оба (жираф и носорог) — прекрасные бегуны, отличающиеся высоким совершенством механики.

Сила земного притяжения доставляет много неприятностей обычному человеку, но для великанов — это настоящее бедствие. Для мыши или другого мелкого животного сила притяжения практически не опасна. Можно уронить мышь в угольную шахту глубиной в 1000 метров: достигнув дна, мышь, отделавшись легким сотрясением, убежит. Крыса, вероятно, погибнет от такого падения, хотя она останется невредимой, упав с высоты 11-этажного дома. Человек, упавший с такой высоты, погибнет, а лошадка превратится в лепешку. Сопротивление воздуха движению пропорционально поверхности движущегося объекта. Разделим длину, ширину и высоту животного на 10. Его вес уменьшится в 1000 раз, а поверхность только в 100. Таким образом, сопротивление воздуха при падении небольшого животного будет в 10 раз больше, чем скорость падения.

Насекомое поэтому не боится силы тяжести: оно может падать без опасения и может удивительно спокойно разгуливать по потолку. Особенно наглядно это проявляется у изящных и необыкновенных животных форм, таких, например, как долгоножка, отличающихся спецификой опоры. Но существует сила, которая также труднопреодолима для насекомого, как сила

притяжения для млекопитающего, а именно — поверхностное натяжение. Человек, выходящий из ванны, покрыт тонкой пленкой воды толщиной почти в 0,5 миллиметра. Общий вес пленки — около четырехсот грамм. Мокрая мышь весит вдвое больше сухой. Мокрая муха при взлете должна поднять вес, во много раз превышающий ее собственный и, как всем хорошо известно, муха, побывавшая в воде или в другой жидкости, выглядит весьма плачевно. Для того чтобы напиться, насекомое вынуждено подвергнуть себя такой же опасности, какой подвергает себя человек, наклонившийся над пропастью в поисках пищи. Если насекомое намокнет, т.е. попадет в тиски поверхностного натяжения воды, оно не сможет выбраться из воды и утонет. Лишь отдельные насекомые, такие, как водяные жуки, ухитряются не намокать. Наличие удлиненного хоботка у большинства насекомых позволяет им держаться поодаль от источников питья.

Понятно, что высокие наземные животные встречаются с другими затруднениями. Они вынуждены перекачивать кровь на высоту, превышающую рост обычного человека, поэтому им необходимо иметь более высокое кровяное давление и более мощные кровеносные сосуды. Многие люди умирают от разрыва артерий, особенно мозговых, и, видимо, эта опасность еще в большей мере угрожает слону или жирафу. Следует отметить, что животные разных типов сталкиваются с затруднениями, связанными с их размерами. Это происходит по следующей причине. Типичный представитель животных меньшего размера, например микроскопический червь или коловратка, покрыт гладкой кожицей, через которую проникает необходимое количество кислорода, снабжен прямым кишечником с достаточно большой поверхностью для усвоения пищевых материалов, а также примитивной почкой. Десятикратное увеличение размеров этих животных во всех направлениях привело бы к увеличению их веса в тысячу раз. Если бы это животное столь же эффективно оперировало своими мышцами, как его миниатюрный двойник, в сутки ему потребовалось бы в 1000 раз больше пищи

и кислорода, в результате чего оно выделяло бы в 1000 раз больше продуктов обмена.

В случае, если форма животного останется неизменной, то поверхность его—при десятикратном увеличении размеров—увеличится в 100 раз, и в одну минуту через каждый квадратный миллиметр кожи и кишечника проникнет соответственно десятикратное количество кислорода и пищи. При достижении определенного предела адсорбционных возможностей их поверхность должна увеличиться за счет какого-нибудь специального приспособления. Например, часть кожи может образовать выпячивания с превращением их в жабры, или быть втянутой внутрь с превращением в легкие, увеличивая таким образом поверхность, абсорбирующую кислород, пропорционально объему животного. Так, у человека общая площадь легкого равна ста квадратным метрам. Соответственно, кишечник у него из гладкого и прямого превращается в свернутый и образует бархатистую поверхность; другие органы также усложняют свою структуру. Более высокоорганизованные животные могут быть мельче низкоорганизованных. То же относится и к растениям. Низшие растения, такие, как зеленые водоросли, живущие в стоячих водах или на коре деревьев, — это лишь круглые клетки. Высшие растения увеличивают свою поверхность путем образования листьев и корней. Сравнительная анатомия есть не что иное, как история борьбы за увеличение поверхности в соответствии с объемом.

Некоторые способы увеличения поверхности полезны лишь до определенного предела. Например, в то время как у позвоночных кислород поступает в организм через жабры или легкие и разносится током крови по всему телу животного, у насекомых воздух переносится непосредственно к каждому отдельному участку тела с помощью мельчайших закрытых трубочек, известных под названием трахей и открывающихся на многих точках поверхности. И хотя благодаря своим дыхательным движениям насекомое в состоянии обновить состав воздуха во внешней среде трахеальной системы, в ее более тонкие веточки кислород должен проникать путем



диффузии. Газы могут легко диффундировать на очень малые расстояния, не намного превышающие среднюю дистанцию, которую проходит газовая молекула при столкновении с другими. Но если она должна преодолеть большое расстояние — например, 6 миллиметров, что с точки зрения движения молекулы весьма значительно, то процесс замедляется. В результате части тела насекомого, удаленные от наружного воздуха больше, чем на 6 миллиметров, всегда будут испытывать кислородное голодание. Вряд ли найдутся насекомые, толщина которых превышала бы 12 миллиметров. Наземные крабы имеют такой же общий план строения, как насекомые, но они более неуклюжи. Как и у человека, кислород у них доставляется в ткани кровью, и поэтому они могут во много раз превзойти по своим размерам любое насекомое. Если бы по «плану» строения насекомых воздух переносился по тканям, а не диффундировал в них, то насекомые могли бы достичь величины крабов, однако размеров человека достичь не могли бы — уже по другим причинам.

Трудности такого же порядка наблюдаются при изучении способности к полету. Элементарный принцип авиации заключается в том, что минимальная скорость, необходимая для поддержания самолета заданной формы в воздухе, меняется в соответствии с квадратным корнем его длины. Четырехкратное увеличение линейных параметров самолета ведет к двойному увеличению скорости полета. В этом случае мощность мотора, необходимая для минимальной скорости, возрастает быстрее, чем вес машины. Таким образом, самолет, в 64 раза превышающий вес другого самолета, для успешного полета должен быть снабжен двигателем в 128 раз более мощным. Применяя те же принципы к изучению полёта птиц, можно заметить, что предел их размеров достигается очень скоро. У ангела, мышцы которого развивали бы не большую мощность на единицу веса, чем мышцы орла или голубя, грудь должна была бы выдаваться вперед на 120 сантиметров, чтобы на ней могли разместиться мышцы, обеспечивающие работу крыльев; в то же время для экономии веса ноги его должны были бы быть редуцированы до

тончайших «ходуль». Фактически большая птица, такая, как орел или ястреб, держится в воздухе главным образом не за счет движения крыльев. Обычно наблюдают парение этих птиц, т. е. сохранение ими равновесия над поднимающимся столбом воздуха. Но даже парение становится все более и более затруднительным с увеличением размера. Если бы не это обстоятельство, орлы могли бы достичь размера тигров и стать столь же страшными для человека, как вражеские самолеты.

Перейдем к рассмотрению некоторых преимуществ размеров. Очевидно, что размер позволяет сохранять тепло. Все теплокровные животные в состоянии покоя теряют одинаковое количество тепла на единицу поверхности кожи, поэтому и количество, и качество их пищи должно быть пропорционально не весу, а поверхности их тела. Пять тысяч мышей весят столько же, сколько один человек. Сумма поверхностей их тел, потребление пищи или кислорода примерно в 17 раз превышают эти же показатели у человека. И в самом деле, мышь съедает в сутки количество пищи, равное четверти ее собственного веса; используется эта пища главным образом на поддержание температуры тела. По той же причине мелкие животные не могут жить в холодных странах. В арктических зонах нет ни рептилий, ни амфибий, ни мелких млекопитающих. Самое маленькое млекопитающее на Шпицбергене — лисица. Мелкие птицы зимой улетают, а насекомые умирают, хотя отложенные ими яйца могут выдержать мороз в течение шести месяцев и больше. Наиболее приспособленные к холоду млекопитающие — это медведи, тюлени и моржи.

Те же закономерности обнаруживаются при изучении глаза. Его функции проявляются недостаточно, пока глаз не достигнет значительной величины. Задняя стенка человеческого глаза на которую отбрасывается образ внешнего мира и которая соответствует пленке фотоаппарата, состоит из мозаики палочек и колбочек, диаметр которых несколько превышает длину средней световой волны. Каждый глаз снабжен палочками и колбочками численностью до полумиллиона, и для различения двух объектов

необходимо, чтобы их образы падали на отдельные палочки и колбочки. Очевидно, что при меньшем их количестве, но большем размере, наше зрение было бы менее отчетливым. Если бы они были в два раза шире, то две точки должны были бы отстоять друг от друга вдвое дальше: лишь в этом случае мы смогли бы различить их на заданном расстоянии. При уменьшении размера и увеличении количества палочек и колбочек мы не стали бы видеть лучше, поскольку невозможно образовать определенное изображение, которое было бы меньше длины световой волны. Именно поэтому глаз мыши — не уменьшенная модель человеческого глаза. Палочки и колбочки глаза мыши ненамного меньше, чем у человека, и поэтому их количество у мыши гораздо меньше, нежели у человека. Мышь не может отличить лицо одного человека от другого на расстоянии 180 сантиметров. Для того чтобы глаза мелких животных могли выполнять свою функцию, размеры их по отношению к телу должны были бы быть больше, чем у нас. С другой стороны, у крупных животных глаза относительно небольшие, а у таких, как кит и слон, они лишь немного больше, чем у нас.

По несколько менее понятным причинам эта общая закономерность справедлива и в отношении мозга. Если сравнивать вес мозга в ряду очень схожих между собой, животных, таких как кошка, гепард, леопард и тигр, то обнаружится, что по мере учетверения веса тела вес мозга лишь удваивается. Более крупное животное с пропорционально более крупными костями может «экономить» на таких органах, как мозг, глаза и ряд других.

Итак, каждый тип животного имеет свой оптимальный размер. И хотя еще Галилей более трехсот лет тому назад показал обратное, люди все еще верят, что если бы блоха была величиной с человека, она могла бы подпрыгивать на 300 метров. Между тем высота прыжка животного скорее не зависит от его размера, чем соответствует ему. Блоха может прыгнуть до высоты около 60 сантиметров, а человек — около 150 сантиметров. Прыжок на заданную высоту, если пренебречь сопротивлением воздуха, потребует расхода энергии пропорционально весу прыгающего животного. Но

*если мышцы, которые обеспечивают прыжок, составляют постоянную часть тела животного, то мощность мышц не зависит от размера при условии, что у небольшого по размерам животного происходит достаточно быстрое превращение энергии. По-видимому, мышцы у насекомых, хотя и сокращаются значительно быстрее, чем у человека, отличаются меньшей эффективностью. Если бы это было не так, блоха или кузнечик могли бы подпрыгивать на 180 сантиметров.*

*Таковы некоторые мои соображения о целесообразности размера животных.<sup>3</sup>*

Приведенный выше текст, казалось бы относящийся к конкретной области знания, пример яркого системного мышления, которое отражает казалось бы очевидный факт – изменение некоторого параметра системы на единицу приводит к изменению функционирования всей системы на порядки. Однако потребовалось 60 лет развития теории систем, чтобы этот простой и очевидный факт был сформулирован как базовое понятие синергетики – параметры порядка и принцип подчинения [4].

Автор этой книги длительное время проработал над основными тематиками ВПК в области локации, навигации, обработки сигналов, изображений. Мы участвовали и в создании техники вполне конкурентно способной. Приоритет некоторых наших изобретений, например наиболее популярные сейчас волоконно-оптические линии связи, оптические преобразования [5,6] исходят из 1970-х годов, что позволяет изложить

---

<sup>3</sup> Еще при жизни Дж. Б. С. Холдейна его статья «О целесообразности размера» была включена в четырехтомную хрестоматию лучших математических работ двухтысячелетия (от Архимеда до наших дней) — «Мир математики», изданную в США под редакцией Джеймса Р. Ньюмена (1956). Статья написана Холдейном в 1926 г., но она не потеряла своего значения и в наше время, вопросы, поднятые в ней, до сих пор остаются недостаточно разработанными. В этой статье, написанной в процессе работы над математическим обоснованием теории естественного и искусственного отбора, Холдейн использует сведения из самых различных дисциплин: сравнительной анатомии, физиологии, систематики, экологии, биохимии, авиации, физики, палеонтологии и др. для обоснования того положения, что каждый тип «Животного» имеет наиболее удобный для него размер и незначительное изменение неизбежно ведет к катастрофе вида или, по научному, приводит систему к точке бифуркации.

собственный взгляд на аспекты методологических и технических теорий систем и системного моделирования.

Трагедия наукоемких технологий в том, что для их развития и функционирования требуется персонал непрерывно повышающий свою квалификацию, т.е. необходимо **развитие опережающего знания**, фундаментальных основ функционирования современных технологических систем.

Ну не девочки телефонистки в 20-х годах XX века определили развитие Теории Связи, Кибернетики и Компьютеров.

Также как и сейчас в начале XXI века Интернет провайдеры, операторы сетей и прочий около компьютерный мир не определяет путеводную нить научно-технического прогресса.

Это хорошо понимали и 160 лет назад.

В [7] В. Одоевский в "4338 - год" (1840) писал:

*...Замечательно и то, что аэростат, локомотивы, все роды машин, независимо от прямой пользы, ими приносимой в их осуществлении, действуют на просвещении людей самым своим происхождением, ибо, во 1-х, требуют от производителей и ремесленников приготовительных познаний, и, во 2-х, требуют такой гимнастики для разумения, каковой вовсе не нужно для лопаты и лома...*

*И как бы развивая эту тему ...огромная трудность для возрождения научной деятельности в такой стране, где ее долгое время не имелось на лицо, где этому не способствуют также никакие внешние причины. Такие условия наблюдаются в настоящее время, например, в Испании; там господствует старый застывший уклад жизни, который не знает научных идеалов и даже относится к ним отрицательно; поэтому, там нет почвы для соответствующего развития несомненно имеющих и в этой стране прирожденных исследователей, и с большой уверенностью можно предсказать, что если почему либо научные идеалы приобретут там значение, то там вскоре разовьется целый ряд соответствующих талантов.*

Наиболее поразительный пример такого внезапного развития представляет собой Франция в конце XVIII столетия, когда математика и естественные науки сделали громадные шаги вперед. Под влиянием революции и порожденной ею необходимости всесторонне защищать республику от нападений старой Европы, заново организовать преподавание и технику и везде поднять образование и производительность труда, ощутилась внезапная и огромная нужда в научно образованных людях и, в особенности, в людях, знающих естественные науки; эта потребность немедленно породила тот длинный ряд блестящих мыслителей и исследователей, которыми тогда не меньше, чем своими политическими движениями, выделилась Франция. Трудно допустить, что та эпоха способствовала рождению необыкновенных людей, благодаря своей бурности, так как в общем эти выдающиеся люди родились не в период революции, а в непосредственно предшествовавшую королевскую эпоху, когда Франция находилась под сильным политическим и экономическим гнетом, а с другой стороны, поколение, родившееся в период первого революционного взрыва не дает впоследствии каких-либо особенно выдающихся характеров. Поэтому, скорее надо допустить, что тут мы имеем дело с постоянно имеющимся на лицо сырым материалом, из которого под влиянием соответствующих условий всегда выходят великие люди, и что только внезапно открывшаяся **возможность развития** способствовала особенному расцвету этого сырого материала.

**Если мы убеждены в том, что необыкновенно благоприятные условия немедленно порождают необыкновенно большое число выдающихся людей, то мы не можем не признать, что обычные неблагоприятные условия, господствующие в наших школах, заглушают и губят очень много талантов.**

Но ведь этим самым мы произвольно лишаем народ самого важного, чем только он обладает, и что может обеспечить его мировое положение, этим самым народ лишается **руководящих умов.**

Курсивом мы выделяем цитируемые тексты из различных источников, с которыми мы не только согласны, но и считаем что они наиболее точно интерпретируют и емко отражают системные взгляды, и которые по непонятной причине не нашли отражения во многих публикациях по системному анализу.

Ученый важнее царя,  
 потому что если ученый умрет,  
 некому будет его заменить,  
 а, если умрет царь,  
 то все могут его заменить.  
 [Талмуд]

Один – всегда не прав;  
 правда начинается только с двух.  
 [Ф. Ницше]

## ГЛАВА 1. ПРЕДИСТОРИЯ.

Справедливость утверждения, что в любой области знаний науки ровно столько, сколько в ней математики, казалось бы, не подвергается сомнению. Выбор математики как арбитра истинности знаний, обладающего наибольшей прогностической ценностью, исходит из основ систематизации мышления как поиск принципов единства объектов и их связей, которое и определяет по сути понятие системы.

Понятие системы первично как по отношению к различным научным дисциплинам, так и междисциплинарным исследованиям и исходит из потребности к упорядочению как основы познания окружающего мира, общения и понимания друг друга. Эта проблема системного мышления хорошо представлена в [8] как миф о Вавилонской башне.

*...Человек мечтает о том, чтобы построить каменную башню «высотой до небес», о том, чтобы создать на земле идеальную жизнь. Люди верят в интеллектуальные методы, в технические средства, в формальные утверждения. Долгое время башня все выше и выше поднимается над землей. Но неизбежно наступает момент, когда люди перестают понимать друг друга, вернее, чувствуют, что никогда друг друга и не понимали. Каждый из них представляет идеальную жизнь на земле по-своему, каждому хочется провести в жизнь свои идеи, осуществить свой идеал. Это и есть тот момент, когда начинается смешение языков: люди перестают понимать друг друга даже в простейших вещах, а отсутствие понимания вызывает разлад,*



*враждебность, борьбу. Люди строившие башню, начинают убивать друг друга и разрушать построенное. Башня превращается в развалины. Именно это и происходит в жизни отдельного человека. Каждый человек воздвигает Вавилонскую башню: его стремления, жизненные цели, достижения – все это Вавилонская башня. Но неизбежен момент, когда башня рушится. Небольшой толчок, несчастный случай, болезнь, крохотная ошибка в расчете, - и от башни ничего не остается. Человек видит все это, но исправить или изменить дело уже слишком поздно.*

*Или же в строительстве башни может наступить такой момент, когда разнообразные "я", составляющие человеческую личность, теряют доверие друг к другу, видят всю противоречивость своих устремлений и желаний, обнаруживают, что у них нет общей цели, и перестают понимать друг друга, точнее, перестают думать, что между ними есть понимание. Тогда башня должна упасть, иллюзорные цели исчезают, и человек с необходимостью сознает, что все сделанное им не принесло плодов, ни к чему не привело, да и не могло привести, что перед ним остался лишь один реальный факт - факт смерти.*

***Вся** жизнь человека, накопление богатств, приобретение власти или **знаний** - все это постройка Вавилонской башни, ибо должно закончиться катастрофой, смертью. Смерть суждена всему тому, что не может перейти на новый план бытия...*

Возникает вопрос: Что такое мир: **Хаос** или **Система**? Возник ли мир случайно, или это последовательные стадии развития (эволюции) нашего окружающего мира. Исследование этого вопроса опирается на две концепции:

**Лапласовская:** если точно определить координаты и скорости всех частиц Вселенной, то можно точно предсказать ее Будущее, в основе которой классическая наука анализа и синтеза описаний уравнений изменения системы во времени. Например, уравнение Ньютона: Сила – это причина, движение, которое есть результат действия этой силы – следствие. Связь причины и следствия однозначно можно задать через уравнения движения. Когда же

причин и следствий слишком много даже для компьютерной обработки систему называют сложной синергетической, кибернетической и пытаются либо интегрировать (объединять, укрупнять, синтезировать) причинно-следственные связи, либо анализировать систему, структурировав ее на иерархические, сетевые и прочие эвристически локально выделенные части (подсистемы). Однако на самом деле существуют принципиальные ограничения применимости Лапласовской концепции.

И действительно, уравнения Ньютона обратимы во времени, если бы мы взяли тело, движущееся согласно этим законам по гладкой траектории, и направили бы (в соответствии с уравнением движения) время вспять, то это тело должно было бы в точности повторить свою пройденную траекторию. На уровне статистического описания обратимость времени подразумевает следующий мысленный эксперимент. Если мы возьмем какой-нибудь газ в состоянии P1 со всеми известными координатами и импульсами всех частиц и подождяв некоторое время, зафиксируем состояние этого газа P2, после чего «пустим время вспять», обратив все импульсы всех частиц газа. Согласно представлениям динамики Ньютона, газ должен вернуться в состояние P1. Однако, увы, наши наблюдения за природой и компьютерные модели подобного рода процессов позволяют говорить о невозможности (даже мысленной!) такого эксперимента. Практически все природные процессы необратимы.

Более строго это сформулировано лауреатом Нобелевской премии И.Пригожиным.

*Пригожин предложил новую, оригинальную теорию системодинамики. Отметим, что наибольший интерес и внимание привлекли те ее моменты, которые раскрывают механизм самоорганизации систем. Согласно теории Пригожина [9], материя не является пассивной субстанцией; ей присуща спонтанная активность, вызванная неустойчивостью неравновесных состояний, в которые рано или поздно приходит любая система в результате взаимодействия с окружающей средой. Важно, что в такие переломные*

моменты (называемые «особыми точками» или «точками бифуркации») принципиально невозможно предсказать, станет ли система менее организованной или более организованной («диссипативной», по терминологии Пригожина).

Иная концепция сформулированная еще Анаксагором "Все во Всем" найденная интуитивно, была известна давно, но строго сформулирована как научный тезис Паскалем: *“Малейшее движение отзывается во всей природе. Один-единственный камень способен произвести изменения в целом мире... Так что в мире нет ничего несущественного”*. Это и есть концепция “холизма” – целого, когда часть и целое составляют единое событие и когда нет возможности выделить причину и следствие.

*...Известна концепция, согласно которой объект спора между Богом и Дьяволом есть воплощение Бога. Это центральная тема Нового завета. Переведена она и на язык современной западной физики. «Индивид и его части обоюдно друг друга поддерживают и являются границами друг друга; ничто не может быть взято в изоляции от целого, а все вместе представляет собой ту сложную взаимосвязь равновесия, которая называется Жизнью. И получается так, что общий контроль над целым сохраняется и поддерживается частями, и функции частей всегда направлены на сохранение целого».*<sup>4</sup>

Несмотря на известные принципиальные ограничения присущие этим 2-м концепциям именно они составляют научную картину мира на которой и основан научно-технический прогресс, и будут подробно рассмотрены в данной книге.

Однако следует привести и другой принципиально оппозиционный параллельно существующий с научным ТВОРЧЕСКИЙ подход. В меру своей продвинутости различные авторы используют разную терминологию:

---

<sup>4</sup> Smuts J. Holism and Evolution, 2<sup>nd</sup> ed. London, 1927, pp. 218-219.

духовность, культурология, религия, магия, эзотеризм, экстрасенсорика, творчество, искусство и т.д.

Приведем из К. Эрберга "Цель Творчества", Петербург 1912, следующую цитату:

*... Коперник поглощает Птолемея, но Шекспир не может уничтожить Эсхила. Хронос науки пожирается своими же детьми, титаны же искусства мирно уживаются в пантеоне истории ...*

Этот третий путь творческого познания (озарения) пока что искусственно не воспроизводится, но сам факт существования этого пути окрыляет человека - лентяя и поддерживает в нем веру в магию (наркотик, компьютер, карты, знаки и др.) - это лишь катализаторы, инструменты творческого озарения без длительного сложного трудоемкого этапа овладения научным знанием. Приведем следующие высказывания апологетов духовного творческого подхода [10].

*... Не трудно представить себе, что эта Доктрина, тесно связанная генетически с предыдущими звеньями западной философской и научной мысли, даже с христианством, разрабатывалась, однако, при активной помощи тех сил, которые озабочены созданием мощного учения, долженствующего сделаться ведущим в человечестве, но ведущим по лестнице идейно-социальных подмен к такому состоянию общественному, культурному, психологическому и техническому, откуда останется лишь один скачок до абсолютной единоличной тирании. Если допустить такую посылку, то луч прожектора, при котором мы привыкли созерцать явления культуры и истории, внезапно резко сдвинется, погрузятся в тень явления, до сих пор казавшиеся нам такими отчетливыми, и, напротив, выступят из тьмы феномены, о которых мы раньше не подозревали либо не обращали на них внимания. Железно-упрямый, не желающий уступать ни пяди, буквально с пеной у рта отстаиваемый материализм; жгучая, до неистовства доходящая ненависть ко всему, что можно заподозрить в религиозности, в мистике или в идеализме; полное исключение духовных ценностей, приравнивание их к*

пережиткам древности и утверждение лишь материального и интеллектуального рядов ценностей; постановление во главу угла идеи о материальном изобилии большинства; благословение любых средств, если они способствуют достижению этой цели; **провозглашение диктатуры пролетариата, затем подмена пролетариата одной-единственной партией, а еще позднее – подмена партии фигурой единовластного вождя;** возмещение суровой необходимости подчинения всех остальных классов общества, а потом физическое уничтожение мешающих классов; строгий контроль государства, то есть единовластной партии, над всей идейной и культурной продукцией общества; колоссальная роль, отводимая технике, машине, индустрии, автоматизации – автоматизации и производственных процессов, и социальных отношений, и самой психики – все это и многое другое приобретает под новым углом зрения новый и достаточно зловеющий смысл.

*В высшей степени симптоматично, что та самая Доктрина, которая пробивала себе путь на общественную поверхность при помощи освободительных лозунгов и тирад о свободе, начала эру своего господства с разгона всенародного собрания представителей, в выборе которых сама же участвовала, тщетно надеясь получить большинство. За этим немедленно последовало наложение запрета на деятельность всех других партий и политических организаций и уничтожение всех органов печати, кроме своих собственных.*

*Под указанным здесь углом зрения метаистории важно рассмотреть и такие феномены, как наука, технику и индустриализацию.*

*Борьба с болезнями за продление нормальных сроков жизни может вестись и совершенно другими методами, чем те, какими пользуется медицина. Быстрое передвижение в пространстве и общение на громадном расстоянии вовсе не являются монополией наук, связанных с усовершенствованием видов транспорта и средств связи. Способность к полету, например, к преодолению пространств с невообразимой быстротой, к общению на больших расстояниях, к прохождению сквозь плотную среду, к*

*преодолению болезней, к продлению срока человеческой жизни в два три раза, ко встречам с существами других слоев, к созерцанию трансфизических панорам, к восполнению жизненных сил не через пищу, а через впитывание излучения светлых стихалей и через вдыхание благоуханий – все эти способности, как и многие другие покоятся в зачаточном состоянии в глубине нашего существа. Грубыми, до смешного громоздкими, вульгарными, тяжкими, примитивными, отвратительно бездушными и даже, как ни странно, нерациональными показались бы технические достижения наших дней, вроде реактивных самолетов, телевизоров или кибернетических устройств, тому, кто способен предвидеть человека, овладевшего способностью ангельского летания, духовного зрения или умением мгновенного выполнения сложнейших умственных операций единственно в силу развития способностей, умственных операций единственно в виду развития способностей, дремлющих в нашем мозгу, в нашем физическом, эфирном и астральном организме.*

В теории систем не имело бы смысла приводить этот третий путь – «творческий» если бы не состоявшаяся удивительная прогностическая ценность в предвиденье от 20 до 100 лет результатов функционирования той или иной системы.

В качестве примера приведем следующие тексты:

Из [8], который был опубликован в 1912 году:

*... Вообще теории играли и продолжают играть огромную роль в жизни современного общества. Люди верили, а многие и ныне верят, что с помощью теории им удастся перестроить жизнь человечества. Никогда еще в истории теории не играли такой роли, какую они играют в наше время, точнее, в период, непосредственно ему предшествовавший. Главный грех "интеллигенции" - ее вера в теории. "Псевдоинтеллигенция", внешне подражая интеллигенции, тоже основывает свои действия на теориях, но она их не идеализирует, а наоборот, привносит в них изрядную долю софистики и превращает в средство личного приспособления к жизни.*

*Но искренне или неискренне возлагая свои надежды **на теории**, люди не видят и не понимают того, что в момент **практического применения теории** неизбежно сталкиваются с другими теориями, что сопротивление этих теорий, равно как и естественное противодействие ранее созданных сил и инертности **неизбежно изменяет результаты проведения теорий в жизнь**. Иными словами, они не понимают, что в применении к жизни теории дают не те результаты, которые от них ожидалось, а почти непременно нечто противоположное. Они не понимают того, что **противодействие изменяет результаты применения теорий** по сравнению с тем, что должно было бы получиться, если бы сопротивления не существовало. Фактически ни одну теорию, которая встречает противодействие, невозможно применить к жизни в ее чистом виде, и ее придется приспособлять к существующим условиям. В результате, даже если теория имеет в себе возможность реализации, какую-то внутреннюю силу, эта сила уйдет на борьбу с сопротивлением, так что на саму теорию не останется уже ничего, кроме пустой шелухи, слов, имен и лозунгов, которые будут прикрывать факты, диаметрально противоположные теории. И это не случайная неудача, а следствие общего неизбежного закона. Все дело в том, что ни одна теория не в состоянии рассчитывать на общее признание, что обязательно найдется другая теория, которая ей противоречит. В борьбе за признание обе теории утратят свои самые существенные черты и превратятся в собственную противоположность...*

В [11] концепция научного развития познания представлена с позиции трансцендентальной медитации (Transcendental Meditation (TM)):

*...Всеобщее поле в физике, состояние вакуума квантового поля могут рассматриваться как обций источник всех аспектов тел или физических сред. Все возбужденные состояния поля являются проявлениями поля наименьшего возбуждения, первоначального состояния всей материи и энергии, которые являясь базисом всех уровней мироздания, описаны в Ведах как поле чистого сознания. Уровень бесконечной связности определяет и координирует все*

представления активности в природе, ученые Европейского Исследовательского Университета Махаришии предположили, что состояние вакуума квантового поля и чистое сознание не только параллельные вещи, но и фактически идентичны: состояние наименьшего возбуждения сознания, точка перехода и общий источник и физического и ментального возбуждения.

Отсюда просвещенный индивидуум сможет точно влиять на природу. Когда ум отстоится (успокоится) и придет к простейшей форме с помощью осведомленности через ТМ, тогда самый низкий импульс мысли автоматически материализуется на физическом уровне. Это основа ТМ-Сидхи программы. Физиками установлено, что куда бы то ни направлено было внимание, оно создает изменение объекта наблюдения. Именно этот эффект внимания и сохраняет исходное состояние всех законов природы через их практику. Это сохранение источника мироздания, которое является полем бесконечной связи, автоматически распространяясь через пространство, проникая через все уровни мироздания с восприятием эволюционного развития.

На рис.1.1 представлены 4 фазы познания

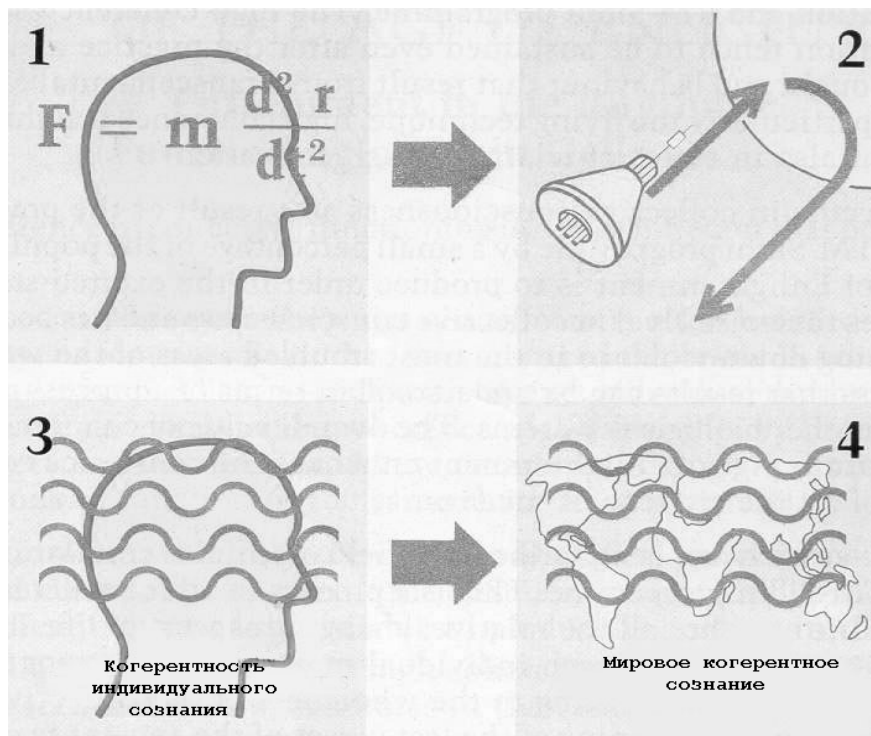


Рис.1.1.



1. Математическое знание как абстрактное и непосредственно структурируется сознанием как отражение окружающих нас законов природы.

До сих пор одним из величайших чудес науки является вопрос, как и почему математическая истина так аккуратно и точно предсказывает и отражает внешнюю объективную реальность. Математика является чистой абстракцией. Ее реальность чисто умозрительна. И все же математические формулы и законы преобразований позволяют построить модели для предсказания поведения всего в природе, от полета птиц до движения планет.

Это удивительный факт, что законы мыслительного процесса относятся точно к изменению в других физических реальностях. Это есть точный указатель, что существует связь между человеческим умом и объективной реальностью. Не так давно мы смотрели на рассудок как на частную внутреннюю область, которая не связана с внешней жизнью. Вместо этого мы должны сейчас видеть наши внутренние мысли и наше внешнее восприятие как проявления действия глубокого, универсального поля природного закона, который руководит и внутренней и внешней деятельностью из общего источника.

2. Абстрактное знание законов природы позволяет человеку создавать аппаратуру, расширяющую область своего присутствия и уровень управления (прогнозируемости) природой.
3. Третья фаза ТМ-Сидхи (ТМ-Sidhi) программы предполагает развитие осознания – знание большинства абстрактных уровней как области чистого знания, которым являются фундаментальные законы природы, посредством которых обеспечивается когерентное (синхронное, совместное) индивидуальное сознание (познание).
4. Четвертая фаза ТМ – программы формирования познания всей цепочки законов природы и их источников тем самым устраняя

беспорядок из нашей жизни, привнося гармонию, интеграцию, организуя тем самым жизнь индивидуума, общества, образования и науки – **мировое когерентное сознание**.

Классическим и популярным сегодня примером третьей фазы является понятие синергетики и фрактальности при исследовании математических и физических процессов [4,12]. А все средства массовой информации – инструмент формирования когерентного индивидуального сознания, как корпоративное – мировое сознание. Отсюда и проистекает модная сейчас концепция **глобализации** - политики, экономики, общественного сознания.

Возникновение и быстрое развитие Интернет технологии создало инструмент для практической реализации и четвертой фазы как коллективного разума.

Более подробно, потребность и неизбежность развития когерентного мирового сознания или коллективного разума см. в [13].

Одна из возможных физико-математических систематизаций и трактовок четвертой фазы подробно приведена в [4].

Следует только заметить, что само по себе, как бы ни было красиво звучание слова **СИНЕРГЕТИКА**, суть процесса, который отождествляется с этим понятием – всего лишь взаимногласованное, когерентное взаимодействие объектов и связей между ними.

А работоспособность системы и возможность прогнозировать ее развитие никак не связано с заклинаниями типа эта система - **синергетична, фрактальна, бифуркационна, интернетна** и т.д.

В [11] исходя из концепции ТМ приведены и ожидаемые прогнозы, которые полностью реализовались через 15 лет - эволюционные перспективы политических изменений в СССР с 1917 по 1978 год.

Мы добавили только данные из истории развития России с 1861 года [14] и современный этап развития - рис.1.2

- На рис.1.3 в карикатурной форме представлен исход гонки вооружений. Подчеркнем, что это было опубликовано в 1978 году.

Этот как бы «ненаучный» ТМ-подход проиллюстрировал свои возможности.

**И все же, несмотря на фактические возможности "творческого Знания", не следует магу ни белому ни черному доверять штурвал корабля, журналисту составлять бюджетный план, а автору детективов ловить преступника.**

Ответ на вопрос почему? Не такой уж простой. Истоки ответа в полемике В. Кандинского с журналистами, которые крайне негативно высказывались о его первой выставке абстрактных картин в 1910 году.

## КЛЮЧЕВЫЕ СОБЫТИЯ ПОЛИТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

<b>1861</b>	”Положения 19 февраля” - отмена крепостничества. Свободный труд, свободный человек.
<b>1890</b>	Первый, прогрессивный период земской деятельности закончился ”Положением 1890”.
<b>1900</b>	Неурожаи, голод, демографический и экономический кризис.
<b>1904</b>	С каждой сессией земских собраний нарастало оппозиционное течение в земстве.
<b>1905</b>	Стресс в коллективном сознании россиян как результат проведения политических и социальных реформ.
<b>1906</b>	Реакционно-боевой, послеконституционный рост революционных настроений. Разгон Думы.
<b>март 1917</b>	Мировая Война, растущий стресс в коллективном сознании достиг крайней точки. В этом состоянии сильного конфликта один человек, Царь не мог управлять хаотическим процессом национального сознания. Коллективное сознание создало альтернативные механизмы управления государством и Царь был вынужден отречься от престола. Эволюционная сила естественного закона свела вместе лидеров различных конфликтующих между собой общественных партий и течений.
<b>октябрь 1917</b>	Эволюционная сила естественного закона привела коллективное сознание россиян на новый уровень переоценки ценностей - новая система управления создана для управления изменяющимся национальным сознанием
<b>1918</b>	В процессе переоценки ценностей как выражении эволюционного импульса естественного закона новая Конституция развивалась вместе с программой, предназначенной для решения большого количества национальных конфликтов.
<b>1924</b>	Создание новой Конституции для обеспечения высокого развития национального сознания в связи с запуском национальной программы планирования изменений.
<b>1936</b>	Эволюционный импульс продолжает оказывать свое влияние - создание новой Конституции
<b>1977</b>	Эволюция и поддержка организованного роста через распланированное развитие получили свое выражение в новой Конституции, в которой были подняты вопросы универсальных ценностей: мира и гармонии.
<b>1988</b>	Кооперативное движение как переход к частной собственности - эволюционная сила снова изменяет коллективное познание.
<b>1991</b>	Демографическая, социальная, экономическая катастрофа (приватизация, капитализация).
<b>1993</b>	Разгон Думы, усиление коррупции
<b>1996</b>	Новая конституция, права собственника, рост коррупции, война, экономическая стагнация, дефолт.
<b>2000</b>	Стресс в коллективном сознании россиян как результат проведения политических и социальных реформ. Разгон Верхней палаты Парламента. террор, коррупция, война.
<b>2003</b>	”Проблема 2003” - демография, износ основных фондов, внешний долг государства - социальная и экономическая нестабильность.

**В  
Е  
Л  
И  
К  
А  
Я  
  
П  
Е  
Т  
Л  
Я**

Рис.1.2.

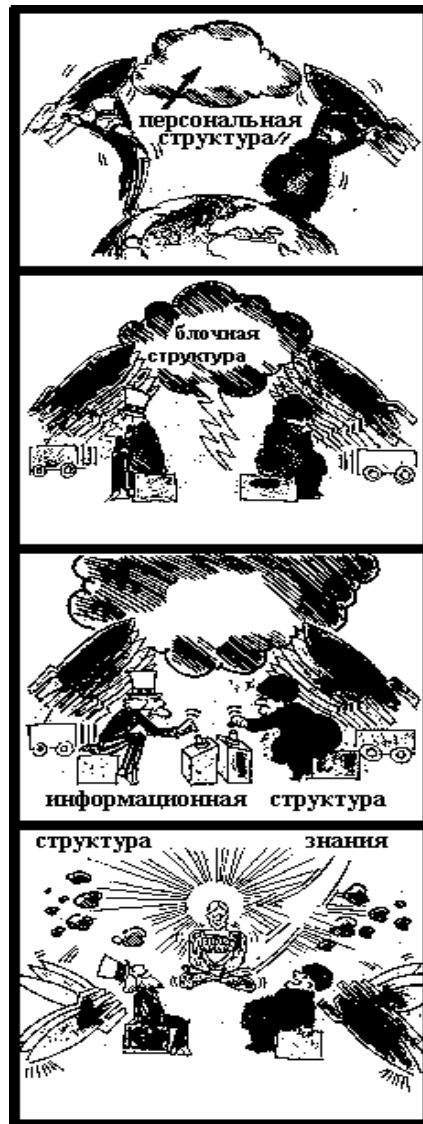


Рис.1.3.

В. Кандинский писал *никто из журналистов не знает основ физики и математики, а превозносят теорию относительности А. Эйнштейна. Я также как он в картинах описываю не внешнюю форму, а внутреннее взаимодействие отдельных частиц. Для этого я разработал свой язык, который журналисты не удосужились изучить и поэтому не понимают смыслового содержания картин.*

Справедливость теории относительности Эйнштейна в научном подходе, неразрывно связанным с постулатами, принципами, аксиомами и теоремами. Истинность которых постоянно проверяется эмпирически, как результат функционирования систем различного вида и назначения.

Естественное желание избежать хаотического развития событий постоянно активизирует умственные усилия лучших представителей рода человеческого на исследования и поиск путей устойчивого существования и развития систем различного вида. Удивительным примером иллюстрации выживания человека под ослепительным солнцем пустыни Африки являются не знаменитые пирамиды Египта, а огромный сад в г. Карнаке из высоких часто расположенных каменных столбов, среди которых всегда есть тень.



Рис.1.4.

Несмотря на близость реки Нил такое решение оказалось более эффективным чем попытки вырастить лес.

Попытки формализовать некоторые подходы построения искусственных систем приведены в [15].

Подобные же проблемы постоянно решались и решаются на бытовом уровне. А память человечества сохраняет и передает потомству только основные фундаментальные принципы функционирования тех или иных систем. Диалоги Платона по сути являются основой для общения, и сегодня в

связи с компьютерными технологиями анализа и синтеза речи снова, как некогда, актуальны.

Виньетка, представленная на рис. 1.5., хорошо иллюстрирует и принцип Аристотеля о постоянстве явлений и невозможность вечного двигателя и суть Евклидовой геометрии.

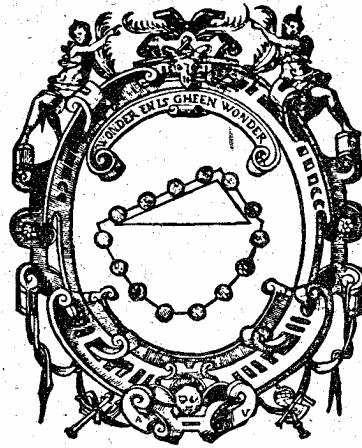


Рис.1.5. Закон наклонных плоскостей. Виньетка, придуманная Симоном Стевином.

Непрерывное развитие систем, да и весь так называемый прогресс основан на системном принципе Ле Шателье, принципе, согласно которому изменение внешних условий равновесной системы вызывает в ней реакции, противодействующие производимому изменению.

В различных областях знания это:

в физике - принцип, по которому уменьшается активность – понижение температуры, понижение уровня возбуждения – ведет к увеличению упорядоченности. Этот принцип позволяет системе приходить в исходное состояние.

в математике - постулаты, аксиомы, теоремы.

в физиологии - рефлекс Павлова.

в медицине - когерентность здоровья индивидуума и общества. Доктор как хранитель функционирования физиологии нации. Средняя

продолжительность жизни индивидуума как критерий жизни общества, нации, государства.

в истории - «Вызов-Ответ» Тойнби.

в политике - концентрация власти.

в экономике - концентрация капитала.

в социологии - интеграция когерентного сознания (объединение индивидуумов функционирует как коллективный интеллект). Социальное поле как групповое сознание.

в химии - принцип катализа.

Интересны и поучительны размышления о побудительных мотивах прогрессивного развития человечества Ф. Ницше [16].

*...Таким образом, сознание есть всего-навсего средство связи одного человека с другим, и только в этом русле суждено ему было развиваться дальше: человеку, который по складу души отшельник или хищник, оно конечно же, было ни к чему. То, что наши поступки, мысли, чувства, движения как-то сами собою вошли в наше сознание – или по крайней мере некая их часть, - это явилось следствием великого «надо», которое чудовищно долго держало человека в своей власти: самое опасное из всех животных, человек нуждался в помощи и защите, ему нужны были себе подобные, ему нужно было излить все свои горести, **уметь изъясняться так, чтобы его понимали**, - а для всего этого ему в первую очередь нужно было иметь «сознание», чтобы самому «знать», чего ему не хватает, «знать», что у него на душе, «знать», о чем он думает, ибо, повторяю, человек, подобно всякому живому существу, непрерывно думает, но не осознает этого; осознанное мышление составляет лишь мизерную часть всего мыслительного процесса, причем его самую поверхностную и самую плохую часть: ведь даже это сознательное мышление протекает в словах, то есть в знаках общения, что тут же снимает покров тайны с происхождения сознания. Короче говоря, развитие языка и развитие сознания шло совершенно параллельно рука об руку (при этом имеется в виду не разум как таковой, а лишь начало, когда разум еще только начинает*



осознавать себя таковым). К тому же не будем забывать, что не только язык может служить мостом между отдельными людьми, но и взгляд, рукопожатие, жест; степень осознанности наших чувственных впечатлений в нас самих, способность зафиксировать их и как бы отстраниться от них – все это возрастало по мере того, как росла потребность поделиться своими впечатлениями с другими, используя систему знаков. Чем больше знаков изобретает человек, тем глубже становится его самосознание; только став животным социальным, человек научился осознавать самого себя, и этот процесс не завершился, он все еще идет по нарастающей...

... Точно также обстоит дело с той верой, которой довольствуются ныне столь многие естествоиспытатели-материалисты, - **верой в мир, который должен иметь точные эквиваленты и соответствия в сознании человека и его ценностных понятиях, в «мир истины», с которым мы изо всех сил пытаемся справиться, напрягая наш квадратный умишко.** Но как же так! Неужели мы и впрямь позволим низвести все бытие до уровня бесконечных голых формул, предписывающих рабское повиновение, - предмет для упражнений математиков, не вылезаящих из своих кабинетов? Прежде всего, не следует так оголять бытие, лишая его многообразия: нужно хотя бы соблюдать приличия, милостивые государи, приличия, которые требуют благоговейного почтения к тому, что выше уровня вашего понимания! Уверенность в том, что только одна-единственная интерпретация мира имеет право на существование, а именно та, которая оправдывает ваше собственное существование, которая дает возможность проведения исследований и изысканий методами, каковые представляются вам научными (вы, очевидно, хотите сказать, механистическими?), интерпретация, которая допускает только то, что поддается исчислению, подсчету, взвешиванию, что можно видеть и осязать, - такая интерпретация есть **сущее невежество и глупость, если только не душевная болезнь, идиотизм.** Разве нельзя допустить, что как раз более вероятно совсем другое, что именно самый верхний слой бытия, его внешняя сторона – то, что видно сразу, невооруженным глазом,

*его видимая оболочка, - в первую очередь доступны восприятию? а может быть, даже это единственное, что доступно восприятию? «Научная» интерпретация мира, как вы ее понимаете, может несмотря ни на что оказаться самой глупой, то есть самой тупой из всех возможных интерпретаций мира: пусть зарубят себе это на носу господа механисты, которые нынче не прочь примазаться к философам со своей идеей о том, будто бы механика – учение об основополагающих законах, на которых, как на фундаменте, зиждется вся конструкция бытия. Но ведь признание механической сущности бытия означает признание его бессмысленности! Если, к примеру, допустить, что музыку пришлось бы оценивать с точки зрения того, что в ней поддается исчислению, вычислению и формульному выражению, - насколько абсурдной была бы такая «научная» оценка музыки! Что можно было бы из нее понять, уразуметь и уловить! Ровным счетом ничего, ничего из того, что, собственно, составляет в ней «музыку»!...*

Здесь уместно заметить, что стандарты типа MP3 и MP4 всего лишь специфический вид преобразования одномерного (сигнал) или двумерного (изображение) представления с целью компрессии при компьютерном хранении и передаче.

Теперь можно пояснить и смысл приведенного эпиграфа, да и **афоризм Пуанкаре, математика – всего лишь разные формы представления окружающего нас мира**, согласно эпиграфу, еще раз подчеркивает лишь то, что многообразие интерпретаций это всего лишь «мясо» на «скелете», или различные формы одного и того же содержания. Особенно ярко это проявляется в традиционных попытках исторического анализа в приоритете, кто, когда и как ввел понятия система, системный подход, системные принципы, системный анализ и т.д.

Более подробно об истории развития системных взглядов на мир можно прочитать в книге [17], где системный принцип обратной связи в управлении, рассмотренный в книге Н. Винера, и давший название в 50-х годах XX столетия

такой научной дисциплине как кибернетика, как частный случай упоминается еще М.А. Ампером в 1834 году.

**Это иллюстрирует лишь такой очевидный факт, что на начальном этапе исследования фиксируется, устанавливается лишь локальный (частный) эффект, а затем его действие экстраполируется в пространстве и во времени, эмпирически проверяются его универсальные (глобальные) характеристики, и наш системный парадокс в том, что систему можно «увидеть» извне, а не изнутри, т.е. каждое описание системы приводит к расширению начальной области исследований. Поэтому и в списке приведенных выше книг понятие системы в основном рассматривается исходя из Доктрин анализа и синтеза, т.е. от общего к частному или от частного к общему, что само по себе является одним из принципов системности.**

В конце XX века мы видим, что индустриальная технология реализовала **примитивные мечты человека** – “Из пушки на Луну”, “Три тысячи лье под водой”. Энергетические и скоростные возможности достигли предельных значений, вытекающих из физической модели мира.

**Информационная же технология** находится на начальной стадии своего развития и по своей сути является “паровозом” начала XXI века. Но она, в отличие от “паровоза”, призвана не “сохранить” наши ноги и усилить “мускулы”, а интегрировать наш мозг в некоторый коллективный Разум, **СТИРАЯ ГРАНЬ НЕ МЕЖДУ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ И ФИЗИЧЕСКИМ ТРУДОМ, А МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИ РЕАЛЬНЫМ И ВИРТУАЛЬНЫМ УЧАСТИЕМ** в конференциях, карнавалах, спортивных играх и т.д. То есть, когда объективное и субъективное совмещается в пространстве и времени и воспринимается разумом как единое целое. Гарвардский профессор Тимоти Лири в работе “Инфопсихология” писал: “Данная реальность пусть останется для школьников, мы же станем пионерами иных, неизведанных и моделируемых реальностей. Они не виртуальны, они есть на самом деле, нужно только найти к ним пароль. Садись за компьютер и начинай поиск”. А в более

ранней книге “Политика экстаза” писал: “Уровней сознания так же много, как и биологических структур с их собственными ключами для расшифровки. Каждый уровень – целая вселенная со своей памятью, своим языком, своими экстазами и страхами. Путешественник, исследующий глубины собственного сознания, погружается до клеточного уровня, где сталкивается с величием молекулярного мира. Он видит, как через код ДНК проносится вечность...”

И вот сообщения мировых информационных агентств в мае 2000 как сенсация номер один, научное открытие – расшифровали ДНК человека, а ее практическое внедрение потребует следующих столетий.

Это следует из **закономерности** между первой демонстрацией изобретения и его практической реализацией (появлениям на рынке), и темпом появления новых изобретений и их рыночной реализацией рис.1.6. Практически с 1978г. наблюдается почти одновременное появление заявки на изобретение и ее технической реализации. Это значит, что данная область научного знания основательно исчерпана и следует более пристально всмотреться в постоянно появляющиеся фантастические идеи трансгенных продуктов, коррекции генома человека и проекты типа торсионных полей, теории физического вакуума, телепатии, телекинеза и телепортации (не путать с депортацией!).

А социальная актуальность и престижность инженерных специализаций отражалась и отражается в последовательно изменяемых названиях и вновь организуемых научных учреждений и кафедр от "автоматики и телемеханики" - к "информационным системам", от "станков и инструментов" - к "робототехническим системам", от "радиолокационных, навигационных корабельных, летательных и т.д. систем управления" к "Интеллектуальным системам управления".

Изначально, априорно, т.е. в результате длительных экспериментов с окружающим миром человек доказал, что на космическом корабле "Земля" только он имеет нечто такое, что абсолютно однозначно выделяет его из всех других попутчиков, Это нечто и называют интеллектом. Попытки расчленить, выделить отдельные компоненты или измерить его характеристики приводят к

созданию все новых и новых научных дисциплин, но, как правило, не приводят к конструктивному (формализованному) знанию о процессах познания и теории функционирования интеллекта. Это опять возвращает нас к потребности попытаться очертить грань между традиционным понятием систем и **интеллектуальными системами** и их функциональными возможностями.

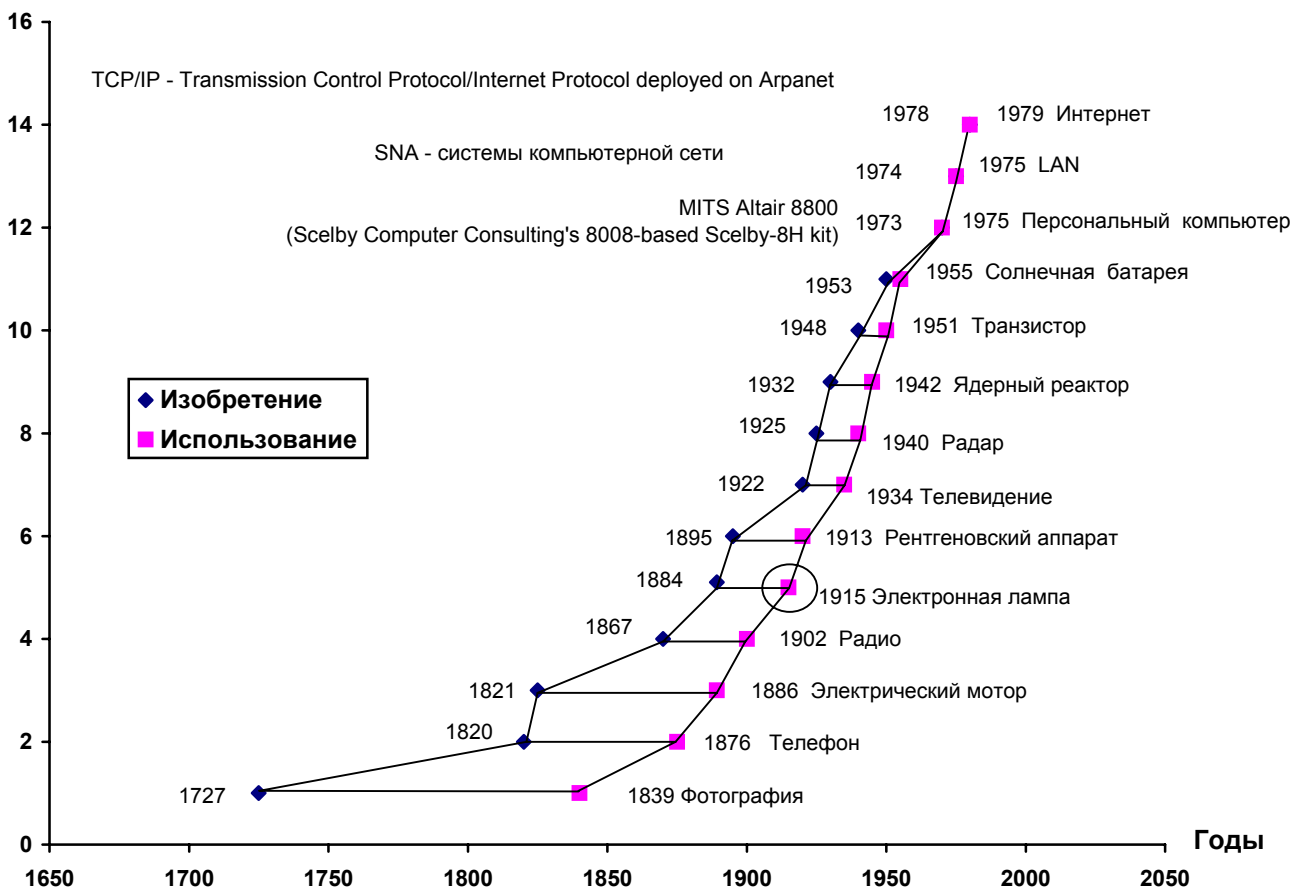


Рис.1.6

Приведем следующие примеры.

### Пример 1. Связь.

На заре телефонизации только интеллект "барышни" обеспечивал правильное соединение абонентов сети.

В 30-х годах это уже инженерное решение. А "барышни" были заменены шаговыми искателями и реле, т.е. элементами, которые ни как не могут быть определены как "интеллектуальные".

В 90-х - сложные микропроцессорные системы, осуществляют не просто функцию коммутации, а выбор, идентификацию, поиск, анализ и декодирование информации по запросу. Таким образом, объединены функции не только секретаря и референта, но и аналитической службы.

Естественно, что инженерные системы 30-х и 90-х годов - две абсолютно разные системы. Система 90-х имеет все основания считаться "интеллектуальной" в том диапазоне функций, которые и были заложены. Ясно, что интеллект человека может мгновенно перестроиться, адаптироваться и обучиться на другой класс задач, а интеллектуальные системы - всего лишь многофункциональное устройство с бинарными элементами памяти и с жестко фиксированной логикой и программой действия в заданной области функционирования.

Однако изобретение, построение, внедрение TCP/IP явилось ключевым моментом в создании и функционировании ИНТЕРНЕТ.

На рис.1.7 прослеживается точно такая же закономерность в развитии теории и практики создания вычислительных систем [4].

### **Пример 2. Нейрокомпьютер.**

Нейрокомпьютеры - специальные вычислители, имитирующие работу человеческого мозга, способны решать сложные и неформализованные задачи. Несколько лет назад эйфория по поводу их возможностей сменилась разочарованием, причиной которого был чрезвычайно сложный процесс их настройки (самообучения).

Начиная с перцептрона Ф.Розенблата (1950 годы) идея соединить много разных нейроноподобных элементов друг с другом наподобие нейронов человеческого мозга и реализовать процесс обучения, казалось, ограничивалась только техническими возможностями. Теперь, с появлением новых, сверхминиатюрных чипов, эти ограничения сняты, что и вызвало новый всплеск интереса к нейрокомпьютерам.

**События предыстории, рождения и развития Internet**

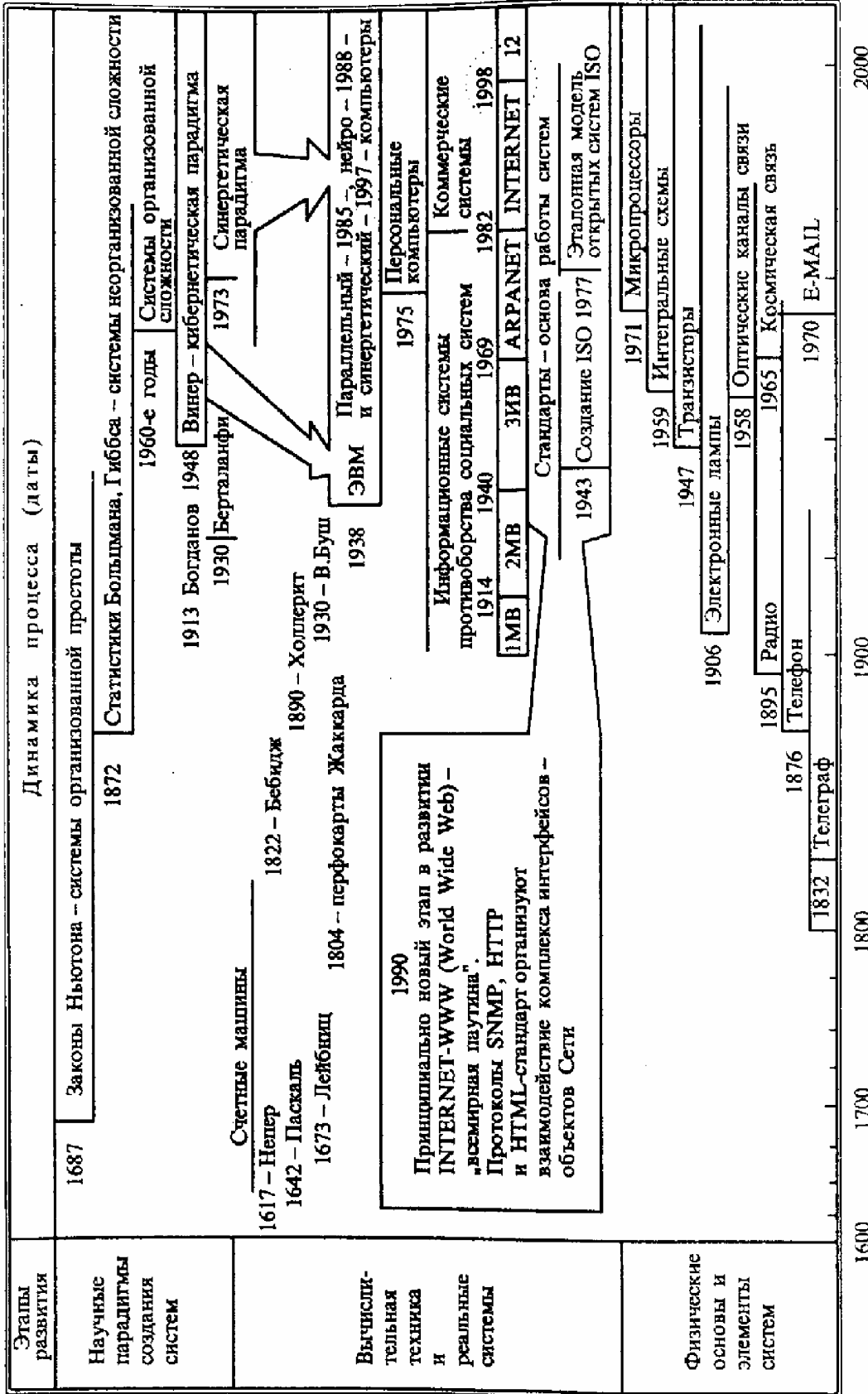


Рис.1.7.

*Эйфория по поводу коммерческих перспектив нейрокомпьютеров быстро прошла. Выяснилось, например, что стоит слегка изменить условия, к которым привык нейрокомпьютер, и результаты его работы могут обескуражить кого угодно. На фотографии бородатого мужчины с новым освещением нейросеть "узнает" женщину. Нечто похожее может происходить и с прогнозами валютных курсов. Стоит, например, основным участникам рынка чуть-чуть изменить свою стратегию, и нейрокомпьютер может выдать прогноз курса, от которого у любого финансиста волосы станут дыбом. Кроме того, для получения качественных результатов нейрокомпьютер нужно "обучать" на специально отобранных и подготовленных данных, отражающих основные закономерности в исследуемой области. Предварительная подготовка обучающих данных и выяснение ключевых закономерностей - очень трудоемкий процесс. Именно длительность процесса обучения является сегодня главным фактором, сдерживающим практическое применение нейрокомпьютеров. Большие сроки настройки компьютера для решения только одной задачи не устраивают потенциальных заказчиков, а попытки ускорить процесс обучения до сих пор не давали результатов....(Иван Шварц "Нейрокомпьютеры поумнеют", Коммерсант дэйли, 1997, N 212, от 6 дек.,)*

Однако проблема много глубже. Не всякий естественный интеллект можно обучить, а совокупность нейронов в мозгу дельфина, слона, собаки при обучении приводит пока только к интеллекту циркового уровня.

### **Пример 3. Г.Каспаров - компьютер IBM: 1996 - 4:2; 1997 - 2.5: 3.5.**

Игра в шахматы всегда была тестом на интеллект. Считалось, что для успешной игры необходимы такие качества, как хорошая память на типовые позиции и стратегию игры, быстрые просчеты и глубина выбора хода, интуиция и психологическая оценка партнера. Иными словами игра в шахматы, как порождение человеческого интеллекта требовала мобилизации всех творческих и интеллектуальных сил человека. Компьютерный выигрыш



символизировал новую веху в развитии Искусственного Интеллекта. Впервые сложная система, не имеющая формализованного описания, а только конечную совокупность правил, была как бы программно реализована на двоичных элементах с жёсткой логикой связи между собой.

Сегодня на основе новой информационной технологии широко распространены большие сложные системы компьютерного управления распределенными энергоресурсами, системы совместного резервирования авиабилетов, отелей, проката автомобилей и проведения расчетов через систему пластиковых денег (VISA, MasterCard и др.), экспертные и распределенные системы баз данных: в медицине, образовании и других областях.

Продолжение подобных примеров могут составить темы рефератов к курсу «Теория систем и системное моделирование»:

1. Выбор маршрута движения – связь и навигация в одном «флаконе»
2. «Умный» снаряд – локация, распознавание, идентификация, навигация как единый процесс.
3. Технология «Bluetooth» - интеграция устройств в единое системное целое.
4. Телемониторинг – интеграция распределенного доступа.
5. Телемедицина – распределенный доступ к медицинскому обслуживанию, контролю и управлению.

## ГЛАВА 2. ПРИРОДА СИСТЕМ.

Наконец, мы поместим Солнце  
непосредственно в центр Вселенной.  
Это обусловлено наблюдаемыми  
нами процессами и гармонией  
во всей Вселенной.  
[Николай Коперник  
Об обращении небесных сфер, 1543]

Non multum sed multa - в немногом - многое

### 2.1. Что такое СИСТЕМА.

Слово «система» все чаще и чаще употребляется учеными, политиками, экономистами, социологами, да и всеми средствами массовой информации. Такой феномен как бюрократия отражает только форму управления системой, обеспечивая ее существование в независимости от ее рода, качества или вида. Бюрократия лишь реализует принцип **Каждый может, но не ВСЕ**. Это только журналисты, писатели, историки и апологеты Власти ищут **божественные** предначертания появления Наполеона, Гитлера, Ленина и т.д. Особенно ярко тезис **«Любой на любом месте, но не все»** проиллюстрирован хаотической сменой властных особей в России на протяжении 1990 – 2000 гг.

*... Они ничего не делают и не желают ничего делать; единственное, чего им хочется, - это чтобы их оставили в покое. Однако любое их движение, любой жест, любое слово (даже те слова, которые, казалось бы, произнесены по ошибке) приобретают особое значение и либо начинают, либо заканчивают целые исторические периоды. Все они без исключения ведут к конечной катастрофе, ни одно из этих слов нельзя отбросить, даже ошибки с необходимостью повторяются.*

*«Сильные личности» - Наполеоны, Цезари, Чингиз-ханы – ничуть не отличаются от слабых. Они – пешки на той же самой доске и точно так же не могут ничего сделать сами, не могут сказать ни одного собственного слова, не могут ничего прибавить к тому, что **должны** сказать или сделать, и не могут ничего отнять. Что касается тех, кто составляет толпу на*

*мировой сцене, то и для них повторение является неизбежным. Толпа должна хорошо знать свою роль в каждый отдельный момент. **Никакие выражения народных чувств во время патриотических манифестаций, вооруженных восстаний и революций, коронаций и переворотов не были бы возможны, если бы толпа не знала заранее свою роль или забыла ее. Такое знание возможно только благодаря постоянному повторению одного и того же...***[8]

Такое повторение есть проявление системы аналогично тому, что сколько не подрезай крону «березы» под «елку», она продолжает быть «березой».

Иначе, понятие системы – антипод понятию хаоса. Хотя хаос сам по себе есть лишь крайнее порождение системы и имеет как в физике, так и в математике достаточно строгое определение.

**Системный подход, системный анализ, системное моделирование** – производные от такого понятия как Система. Строгое, «официальное» определение термина «система» довольно расплывчато, оно применимо как к общим типам систем, так и к частным, с которыми мы постоянно встречаемся в окружающем нас мире. Так, запрос в Интернете выдал следующий текст:

[Главная страница KM.RU](#) ->> [Мегаэнциклопедия](#) ->> Результаты поиска

Мегаэнциклопедия

Критерии поиска: "система"      Новый поиск:

**Всего 9775 статей.**

<a href="#">СИСТЕМА</a>	Толковый словарь	Разделы: <a href="#">Универсальная</a> (3091)
<a href="#">КОРНЕВАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	<a href="#">Автомобильная</a> (2475)
<a href="#">СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	<a href="#">Вооружений</a> (1554)
<a href="#">СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	<a href="#">Здоровья</a> (1425)
<a href="#">САМОПРИСПОСАБЛИВАЮЩАЯСЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	<a href="#">Русского языка</a> (602)
<a href="#">ТРИАСОВАЯ СИСТЕМА (ПЕРИОД)</a>	Универсальная	<a href="#">Персонального компьютера</a> (338)
<a href="#">КОНСЕРВАТИВНАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	<a href="#">Кино</a> (192)
<a href="#">ФАЙЛОВАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	<a href="#">Кулинарная</a> (39)
<a href="#">ВОСТОЧНО-АФРИКАНСКАЯ РИФТОВАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	<a href="#">Домашних животных</a> (27)
<a href="#">ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	<a href="#">Этикета</a> (25)
<a href="#">ОБЪЕДИНЕННАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА (ОЭЭС)</a>	Универсальная	<a href="#">Рока, джаза и поп-музыки</a> (7)
<a href="#">КАРАКОРУМ (горная система)</a>	Универсальная	
<a href="#">ОРДОВИКСКАЯ СИСТЕМА (ПЕРИОД)</a>	Универсальная	
<a href="#">ФИНАНСОВАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	
<a href="#">БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	
<a href="#">ИММЕРСИОННАЯ СИСТЕМА</a>	Универсальная	
<a href="#">БАТАРЕЯ (система одинаковых приборов)</a>	Универсальная	
<a href="#">КЕМБРИЙСКАЯ СИСТЕМА (ПЕРИОД)</a>	Универсальная	

Подобные произвольные классификации вызваны потребностью сузить, ограничить область функционирования системы, что только и позволяет проводить ее анализ, который в свою очередь вызывает потребность в новой классификации и т.д.

Проблема систематизации просто и доступно изложена в [7].

***История природы есть каталог предметов, которые были и будут. История человечества есть каталог предметов, которые только были и никогда не возвратятся.***

*Первую надобно знать, чтобы составить общую науку предвидения, - вторую для того, чтобы не принять умершее за живое.*

*Вам, как человеку учившемуся, известно, сколько усилий употребляли знаменитые мужи для соединения всех наук в одну; особливо замечательны в*

сем отношении труды 3-го тысячелетия по Р.Х. В глубочайшей древности встречаются жалобы на излишнее раздробление наук; **десятки веков протекли, и все опыты соединить их оказались тщетными**, - ничто не помогло - ни упрощение метод, ни классификация знаний. Человек не мог выйти из сей ужасной дилеммы: или его знание было **односторонне**, или **поверхностно**. Чего не сделали труды ученых, то произошло естественно из гражданского устройства; давнее разделение общества на сословия Историков, Географов, Физиков, Поэтов - каждое из этих сословий действовало отдельно - дало повод к счастливой мысли ныне царствующего у нас Государя, который сам принадлежит к числу первых поэтов нашего времени: он заметил, что в сем собрании ученых естественным образом одно сословие подчинилось другому, - он решился, следуя сему естественному указанию, соединить эти различные сословия не одной ученою, но и гражданскою связью; мысль, по-видимому, очень простая, но которая, как все простые и великие мысли, приходит в голову только великим людям. Может быть, при этом первом опыте некоторые сословия не так классифицированы - но этот недостаток легко исправить временем. Теперь к удостоенному звания поэта или философа определяется несколько ординарных историков, физиков, лингвистов и других ученых, которые обязаны действовать по указанию своего начальника или готовить для него материалы: каждый из источников имеет, в свою очередь, под своим ведением несколько хронологов, филологов-антиквариев, географов; физик - несколько химиков, ...ологов, минерологов, так и далее. Минеролог и пр. имеет под своим ведением несколько металлургов и так далее до простых копистов ...испытателей, которые занимаются простыми грубыми опытами.

От такого распределения занятий все выигрывают: недостающее знание одному пополнится другим, какое-либо изыскание производится в одно время со всех различных сторон; поэт не отвлекается от своего вдохновения, философ от своего мышления - материальною работою. Вообще обществу это единство направления ученой деятельности принесло плоды неимоверные;

явились открытия неожиданные, усовершенствования почти сверхъестественные - и сему, но единству в особенности, мы обязаны теми блистательными успехами, которые ознаменовали наше отечество в последние годы.”

**А в качестве прототипа Интернета представлен Кабинет Редкостей,** которому посвящено огромное здание, построенное на самой середине Невы и имеющее вид целого города. Многочисленные арки служат сообщением между берегами; из окон виден огромный водомет, который спасает приморскую часть Петербурга от наводнений. Ближний остров, который в древности назывался Васильевским, также принадлежит Кабинету. Он занят огромным крытым садом, где растут деревья и кустарники, а за решетками, но на свободе, гуляют разные звери; этот сад есть чудо искусства! Он весь построен на сводах, которые нагреваются теплым воздухом постепенно, так, что несколько шагов отделяют знойный климат от умеренного; словом, этот сад - сокращение всей нашей планеты; исходить его то же, что сделать путешествие вокруг света. Произведения всех стран собраны в этом уголке, и в том порядке, в каком они существуют на земном шаре. Сверх того, в середине здания, посвященного Кабинету, на самой Неве, устроен огромный бассейн нагреваемый, в котором содержат множество редких рыб и земноводных различных пород; по обеим сторонам находятся залы, наполненные сухими произведениями всех царств природы, расположенными в хронологическом порядке, начиная от допотопных произведений до наших времен. Осмотрев все это хотя бегло, я понял, каким образом **русские ученые приобретают такие изумительные сведения. Стоит только походить по сему Кабинету - и, не заглядывая в книги, сделаешься очень сведущим натуралистом.** Здесь, между прочим, очень замечательная коллекция животных... Сколько пород исчезло с лица земли или изменилось в своих формах! Особенно поразил меня очень редкий экземпляр гигантской лошади, на которой сохранилась даже шерсть. Она совершенно походит на тех лошадок, которых дамы держат

ныне вместе с постельными собачками; но только древняя лошадь была огромного размера: я едва мог достать ее голову.

- Можно ли верить тому, - спросил я у смотрителя Кабинета, - что люди некогда садились на этих чудовищ?
- Хотя на это нет достоверных сведений, - отвечал он, - но до сих пор сохранились древние памятники, где люди изображены верхом на лошадях.
- Не имеют ли эти изображения какого-нибудь аллегорического смысла? Может быть, древние хотели этим выразить **победу человека над природою или над своими страстями?**

И наконец будет приискана математическая формула для того, чтобы в огромной книге нападать именно на ту страницу, которая нужна, и быстро расчислить, сколько затем страниц можно пропустить без изъяна. – эта проблема поисковых серверов ИНТЕРНЕТА была сформулирована Одоевским в 1840 году.

Мы будем рассматривать **природу систем как совокупность объектов и связей между ними.**

Начнем с базисного определения системы. Каждый учебник, раскрывающий некоторые аспекты систем, содержит такое определение; обратимся к Словарю Вебстера <sup>5</sup>, дающему ряд таких определений:

1. Регулярное взаимодействие или взаимозависимая группа элементов (единиц), формирующих объединённое целое как
  - а.
    - (1) группа взаимодействующих тел под влиянием сил связи (электромагнитных, гравитационных и др.)
    - (2) совокупность элементов, имеющих тенденцию к

<sup>5</sup> Новый Университетский Словарь Вебстера, Springfield, Штат Массачусетс: G. и C. Merriam Компания, 1977.

равновесию (термодинамика)

b.

(1) группа органов, вместе выполняющих одну или несколько жизненных функций (жизнеобеспечение)

(2) тело как функциональный модуль

c.

Группа связанных естественных объектов или сил (река, горы и др.)

d.

Группа устройств или организаций, формирующих распределенную сеть для функциональной реализации заданной цели (телефон, нагревание, скоростная дорога, обработка данных, протокол ICP/IP)

2. Созданная совокупность доктрин, идей или принципов, обычно предназначенных для объяснения и организации взаимодействия как системного целого (Механика Ньютона, таблица Менделеева, машина Тьюринга)

3.

a. Организованная или установленная процедура взаимодействия

Клавиатура – касание ~ печать

Светофор – движение.

b. Способ классификации, символизации или схематизации (таксономический, десятичный). Библиотечная каталогизация – УДК, ВІВ и др.

4. Гармоничное расположение: порядок или шаблон, например, штрихкодирование.

5. Организованное общество или социальная структура: социализм,



капитализм, демократия, диктатура и др.

Как видим из определения, имеется много различных типов систем; действительно, фактически все, с чем мы входим в контакт в течение нашей жизни, является или системой или компонентом системы, которые в тоже время сами являются системами.

Нет необходимости и возможности исследовать все виды систем в социальной, биологической и компьютерной областях. Следует организовать различные виды систем в специфические категории. Возможно много различных классификаций, определение же из словаря в начале этого раздела показывает одну из классификаций.

**Для начала все системы можно разделить в две категории: естественные и искусственные системы.**

## **2.2. Естественные системы**

Подавляющее большинство окружающих нас систем не создано людьми: они существуют в природе и, вообще говоря, составляют инфраструктуру, обеспечивающую возможность нашего существования. Естественные системы удобно делить на два вида: физические системы и «живые» системы. В качестве примеров физических систем можно привести:

- ◆ Звездные системы: галактики, солнечные системы
- ◆ Геологические системы: реки, горные цепи
- ◆ Молекулярные системы: сложные организации атомов

Физические системы интересны для изучения и сравнительно просты, так как функционируют по законам, которые позволяют прогнозировать их поведение и создавать на их основе (законов) сложные искусственные системы, включая компьютерные системы, которые должны гармонично взаимодействовать с физическими системами; так что часто важно уметь моделировать системы, будучи уверенными, что наше понимание этих систем

настолько полно, насколько это возможно, и достаточно для реализации поставленных целей.

«Живые» системы включают в себя всех бесчисленных животных, растений и всё вокруг нас, также как и наше собственное человеческое сознание. Так Джеймс Миллер пишет в своей монументальной работе «Живые Системы» [Миллер, 1978], эта категория включает иерархии индивидуальных живых организмов, например, травы, племена, социальные группы, компании, нации.

Структурный анализ «живых систем» позволяет рассмотреть некоторые из свойств и характеристик известных «живых» систем, чтобы иллюстрировать и лучше понимать искусственные системы, основываясь на методе аналогии. Мы часто используем аналогию, чтобы лучше определить и понять неизвестное (незнакомое); среди наиболее доступных и известных **примеров живых систем как аналоги деловых и организационных систем** [18].

Различные виды сложной аналогии позволили выделить 20 основных подсистем у всех живых систем. «Живые» системы, содержатся ли они на уровне ячейки, блока, организма, группы, организации, общества, или межнациональной системы, входят в одну из следующих подсистем, которые сами по себе составляют следующие четыре независимых блока.

1. «Популяция»
2. «Преобразования – «Материи-Энергии»
3. «Преобразования «Информации»
4. «Время»

Все эти четыре блока порождают следующие 20 подсистем.

**Первый блок «Популяция» состоит из двух подсистем.**

## **1. ПОДСИСТЕМА ВОСПРОИЗВОДСТВА**

Подсистемы, способные воспроизводить другие системы, подобные им самим.

**Живая система – пример:** репродуктивная система

**Неживая система – пример:** Компьютерный вирус

## 2. ЗОНА

Образует границу, которая удерживает вместе компоненты, составляющие систему, защищает их от воздействий внешней среды и запрещает или разрешает вход различного рода преобразований материи-энергии или информации.

**Живая система – пример:** Кожа

**Неживая система – пример:** Корпус прибора, зона радиоактивного заражения, граница обитания племен, стада оленей, наций и государств

Эти две подсистемы по своей сути обеспечивают выживание и существование в **замкнутой среде**.

*...В колыбели жизни, называемой нами Землей, в течение длительных геологических периодов, многих сотен миллионов лет поддерживаются особо благоприятные для этой жизни условия.*

*Похоже, условия эти регулирует некий универсальный термостат. Что произойдет, если он перестанет действовать? А вот что. Если содержание кислорода в атмосфере снизится до 14 процентов и менее, мы не сможем зажечь огонь. Если оно, наоборот, повысится до 25 процентов и более, даже мокрое дерево и мох начнут воспламеняться. Одной молнии окажется достаточно, чтобы началась всемирная катастрофа, столь ужасная, что не приснится и во сне. В результате бесконечных пожаров возрастет содержание углекислого газа в атмосфере, что, в свою очередь, стимулирует производство кислорода морскими растениями, вырабатывающими значительную его часть. Пожары будут шириться, и жизнь на суше станет невозможной.*

*Расчеты ученых показали, что количество кислорода должно увеличиваться на 1 процент каждые 12 тысяч лет. Но этого не происходит. Некий таинственный механизм препятствует отклонению содержания*

животворного газа от стабильного уровня в 21 процент. Зачем? – издавна задавали себе вопрос ученые. Ответ на него ясен: чтобы сохранить жизнь на Земле.

Другой пример. Расчеты показывают еще и то, что соленость всех морей и океанов в принципе не должна отличаться от солености Мертвого моря, в котором, как известно, жизнь невозможна из-за высокого содержания солей. Доказано, что рост их концентрации с 4 до 6 процентов привел бы к гибели всех форм морской жизни. Однако этого не происходит. Кое-какие механизмы, способствующие понижению концентрации солей в водах океанов, известны, но далеко не все. А главное, эти механизмы действовали задолго до появления высших организмов, словно были заранее подготовлены.

Думая над всеми приведенными фактами, хочется воскликнуть: как узка полоса нашего существования! Какие мы хрупкие и нежные! Один порыв ветра – и мы сметены, изломаны. Такому хрупкому цветку нужен сад, за которым хорошо ухаживают. А скорее, не сад – теплица.

Пойдем дальше. Современная биология также не способна помочь нам понять таинство зарождения жизни. Лежащая в ее основе эволюционная теория ничего не объясняет. Были изучены миллионы органических соединений, но ни одно из них не обнаружило склонности к превращению в живое существо...[19]

...Так, например, при увеличении **плотности популяции** или уменьшении емкости и изменения характеристик среды значительно **учащаются агрессивные стычки между особями**. Возникает субъективное ощущение, что «нас что-то слишком много» и «тут кто-то лишний». Сигнал «тут кто-то лишний» запускает имеющуюся почти у всех животных и служащую многим целям программу «найди своих и отделись от чужих; вместе со своими прогони чужих». Если на одном пастбище смешались два стада и им стало тесно, ясно и кто чужой, и что надо делать. Однако определить, кто «свой», а кто «чужой», удается не всегда. И тогда животные делятся по любым второстепенным, в том числе и ложным признакам. У людей такими

*признаками могут быть – раса, национальность, язык, религия, класс, взгляды и т.п. Группа или популяция инстинктивно вскипает ненавистью к «чужим», проявляя часто неслыханную жестокость. Известно, что межгосударственные войны более гуманны, чем войны внутрипопуляционные, гражданские ...[20]*

Все организмы должны более или менее адаптироваться к своему окружению; другими словами, они должны более или менее зависеть от среды. **Умение существовать в любой замкнутой, ограниченной среде, очевидно, является слабостью**, недостатком независимости и представляется фактом, согласно которому приспособление к определенной замкнутой среде делает невозможным или очень трудным для животного существование в любом другом окружении.

**Сам успех адаптации уменьшает адаптационные возможности организма...**

**Блок Преобразования «Материи – Энергии» состоит из 8 подсистем.**

### **3. ПОДСИСТЕМА ПОТРЕБЛЕНИЯ**

Возобновление энергии, ресурсов из окружающей среды.

**Живая система – пример:** Рот, фотосинтез.

**Неживая система – пример:** Входной лоток принтера для бумаги

### **4. ПОДСИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

Распределение как поступившего извне, так и производимого продукта.

**Живая система – пример:** Система кровообращения

**Неживая система – пример:** Конвейерная линия

### **5. ПОДСИСТЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

Изменение вида поступившего в систему продукта в форму, адекватную для функциональной реализации ее внутри системы. Эта подсистема подобна подсистеме производства.

**Живая система – пример:** Желудок

**Неживая система – пример:** AC -> DC Выпрямитель – переменный ток преобразуется в постоянный и пр.

## 6. ПОДСИСТЕМА ПРОИЗВОДСТВА

Синтез конечного продукта – материального или информационного – из входных поступлений и внутренних преобразований.

Эта подсистема подобна подсистеме преобразования.

**Живая система – пример:** Надпочечная железа

**Неживая система – пример:** Зарядное устройство

## 7. АККУМУЛЯТОР

Подсистема хранения и подзарядки внутренней энергии от различного рода источников преобразования материи-энергии.

**Живая система – пример:** Жировая ткань

**Неживая система – пример:** Часовая пружина

## 8. ЭКСТРУДЕР

Передаёт материю-энергию из системы во внешнюю среду в форме изделий или потерь

**Живая система – пример:** Почка

**Неживая система – пример:** Клапан переполнения, дым из трубы

## 9. МОТОР

Реализует потребность в перемещении системы или ее частей относительно окружающей среды.

**Живая система – пример:** Мускулы

**Неживая система – пример:** Пружина, струя в реактивном двигателе, статор и ротор электродвигателя и т.д.

## 10. СКЕЛЕТ-СТУКТУРА

Структурная поддержка, организует фиксацию пространственных связей среди компонентов системы так, чтобы они могли взаимодействовать друг с другом.

**Живая система – пример:** Скелет

**Неживая система – пример:** Каркас здания или моста и т.д.

**Блок «Преобразования «Информации» состоит из 10 подсистем.**

## 11. ПОДСИСТЕМА ВХОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Сенсорная подсистема – изменяет вид материального носителя информации (сигнал датчика, тактильный и др.) в форму, удобную для внутренней передачи.

**Живая система – пример:** Глазное яблоко, ушная раковина

**Неживая система – пример:** Клавиатура, микрофон, видеокамера.

## 12. ПОДСИСТЕМА ВНУТРЕННЕГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Подсистема внутреннего преобразования между элементами системы, воспринимает сигнал и передает его внутри системы

**Живая система – пример:** Болевые рецепторы – как сигнал боли

**Неживая система – пример:** карбюратор – преобразует бензин в горючую смесь.

## 13. ПОДСИСТЕМА СВЯЗИ (КАНАЛ И СЕТЬ)

Подсистема, составленная из одиночного маршрута в физическом пространстве или множества взаимосвязанных маршрутов, по которым маркеры, несущие информацию, распространяются ко всем частям системы.

**Живая система – пример:** Нейронная сеть

**Неживая система – пример:** Провод, телекоммуникативные каналы и др.

## 14. ДЕКОДЕР

Изменяет код входной информации в частный (внутренний) код, используемый внутри системы.

**Живая система – пример:** Зрительный центр восприятия в мозге

**Неживая система – пример:** И-вентиль, транспьютер, микропроцессор, перевод с одного языка на другой.

## 15. АССОЦИАТОР

Выполняет первую стадию процесса обучения, формируя ассоциации из единиц информации в системе.

**Живая система – пример:** Узнавание родителей

**Неживая система – пример:** УДК, ВІВ – ассоциируются с автором, названием и темой.

## 16. ПАМЯТЬ

Реализует вторую стадию процесса обучения, сохраняя различные виды информации в системе для различных процессов и времени потребления.

**Живая система – пример:** Считается, что это непосредственно распределено в мозге

**Неживая система – пример:** Дискета, накопитель информации, текст книги, видеокассета

## 17. ПОДСИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Управляющая подсистема, реализует целевую функцию системы, сопоставляя информацию, полученную от других подсистем.

**Живая система – пример:** Считается, что это связано с корой головного мозга – 1-я, 2-я сигнальные системы, условный – безусловный рефлекс.

**Неживая система – пример:** Автопилот, компьютерные программы



## 18. КОДЕР

Изменяет код информационного ввода из других подсистем обработки информации, из частного кода, используемого внутри системы, в общий код, который может интерпретироваться другими системами в окружающей среде.

**Живая система – пример:** Языковой центр мозга

**Неживая система – пример:** Дешифратор, 7-сегментный жидкокристаллический индикатор, SECAM, PAL, NTSC и т.д.

## 19. ПОДСИСТЕМА ВЫХОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Организует маркеры-сигналы, несущие информацию из системы, изменяя маркеры внутри системы на другие формы, которые могут быть переданы по каналам системы

**Живая система – пример:** Голос, крик как сигнал.

**Неживая система – пример:** Лампочка контрольная, удар, колокол.

Четвертый блок «Время» содержит только одну подсистему.

Отдельным фрагментом во всех подсистемах выступает система, связанная с временными соотношениями:

## 20. ТАЙМЕР

Подсистема, передающая информацию о временном режиме среды или компонентов системы. Эта информация сигнализирует управляющим блокам системы или подсистемам о начале, завершении, изменении скорости, задержке протекающих в системе процессов, синхронизируя их во времени.

**Живая система – пример:** Биологические часы

**Неживая система – пример:** кварцевые, атомные и другие эталонные генераторы.

Приведенная классификация уникальна в том смысле, что выделяет области функционирования подсистем без относительности к предметным областям. В то время как классификация систем в известных учебниках, книгах [17,21,22,23] в основном исходит либо из предметной области (геологической, биологической, сельскохозяйственной, социологической, экономической), либо из физических свойств (электрические, механические, гидравлические и т.д.), либо из математических методов, лежащих в основе их функционирования: корреляционно-экстремальные системы, навигационные, цифровые системы: передачи данных, телевидения, сотовой связи и т.д.

Так, приведенные в [17] схемы различных типов классификаций систем являются всего лишь подведением некоторых итогов математического и инженерно-технического подхода при исследовании, конструировании и функционировании систем.

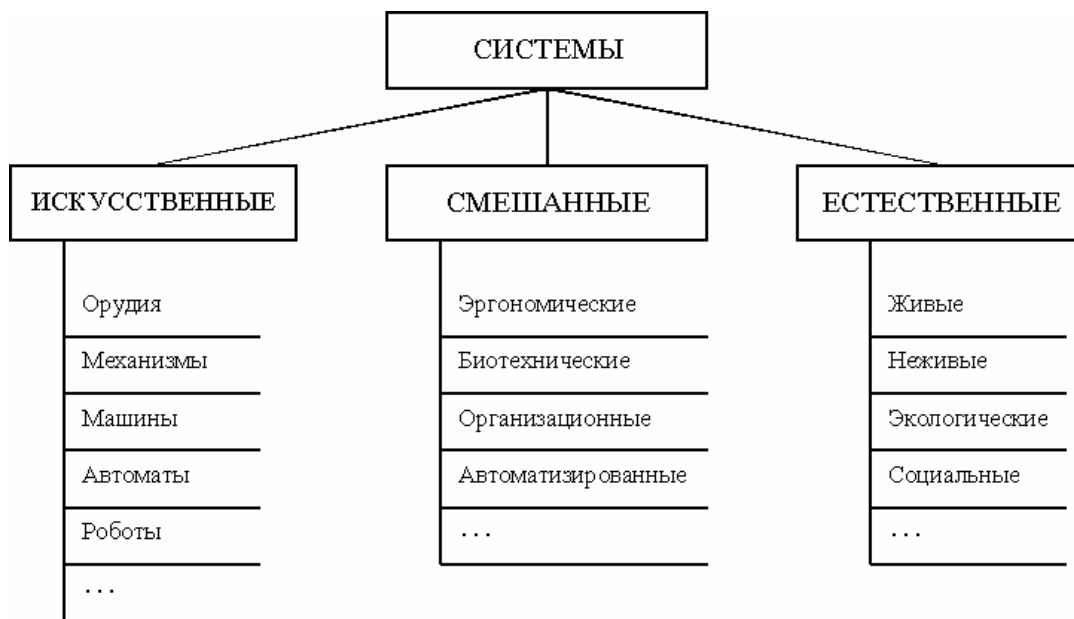


Рис.2.1. Классификация систем по их происхождению

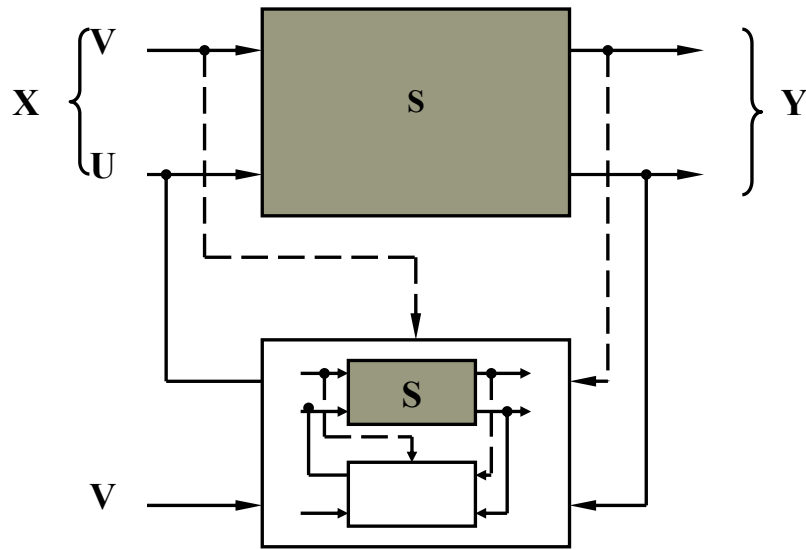


Рис.2.2. Схема функционирования управляемой систем



Рис.2.3. Фрагмент классификации систем по описанию переменных

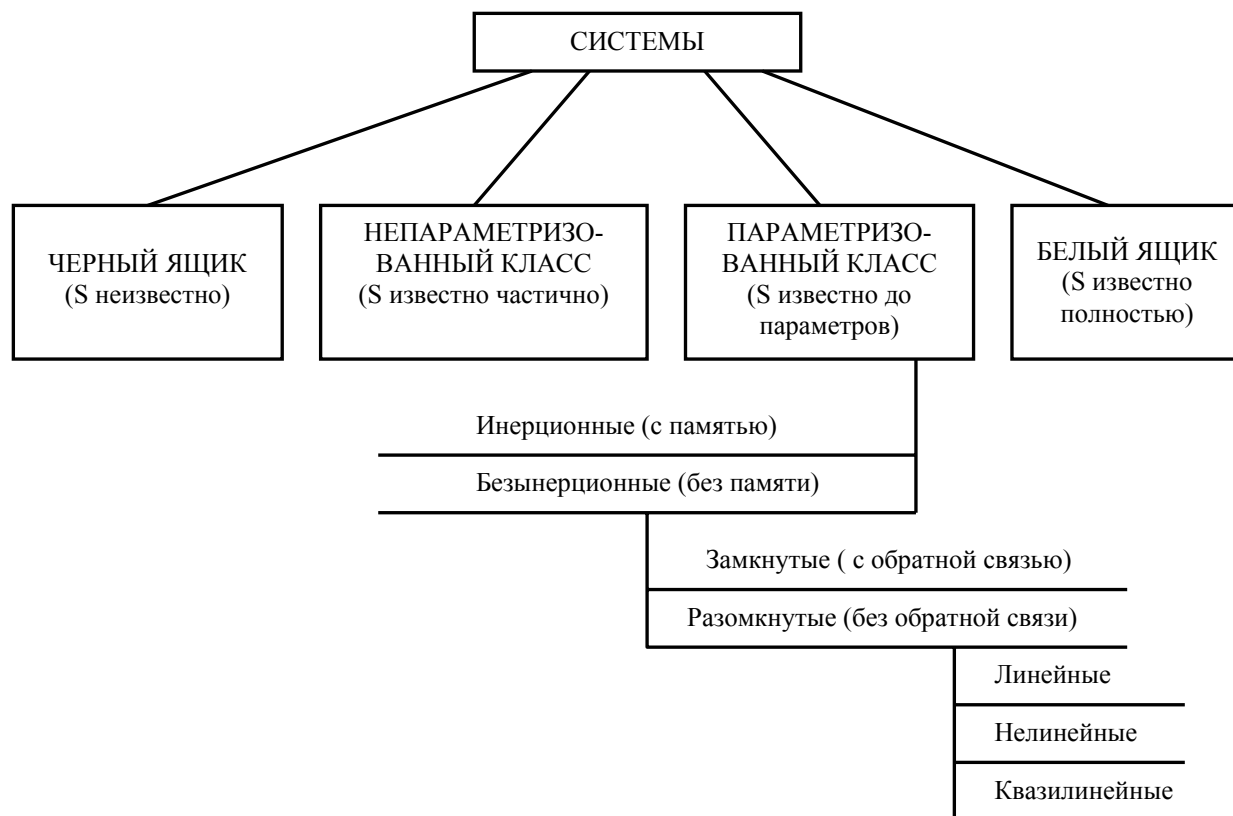


Рис.2.4. Фрагмент классификации систем по типу их операторов

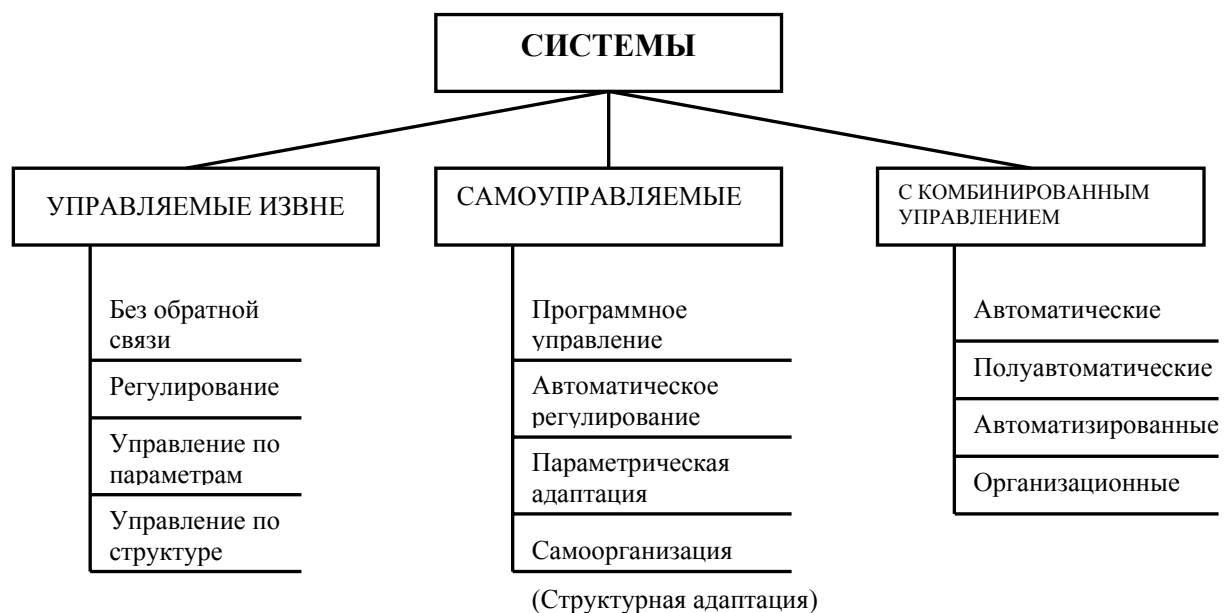


Рис.2.5. Классификация систем по способу управления

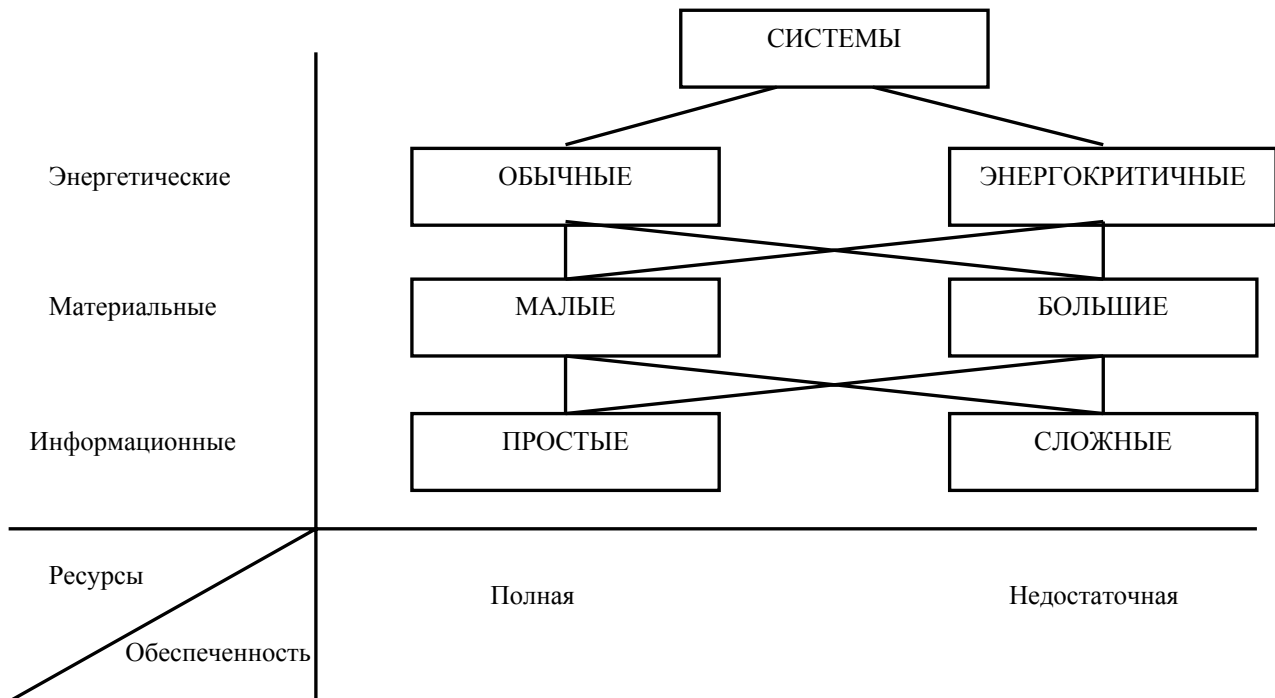


Рис.2.6. Классификация систем по степени ресурсной обеспеченности управления

Сами по себе подобные классификации систем [17] нарушают основной системный принцип – систематизация как упорядочение, упрощение однозначной идентификации функционального назначения системы. Вспомним принцип адресации в Нью-Йорке и Санкт-Петербурге.

Так, У. Эшби писал:

*Не подлежит сомнению, что наука упрощения обладает своими методами и тонкостями. Я убежден, что в будущем теоретик систем должен стать экспертом по упрощению [24].*

Поэтому классификация типа больших и сложных систем не только не конструктивна, но и контрпродуктивна. Например, в [17] дается следующее определение:

Системы, моделирование которых затруднительно вследствие их размерности, будем называть **большими**.

Но ведь основная цель теории систем и системного моделирования как раз в потребности и необходимости построения модели (математической,

технической, компьютерной и т.д.) именно для прогнозирования устойчивой области функционирования исследуемой системы.

**То что недоступно моделированию, означает лишь что наше знание и представления о системе как об объектах и связях неполно, недостоверно или недоступно.**

И. Пригожин:

*Очень часто отклик системы на возмущение оказывается противоположным тому, что подсказывает нам интуиция. Наше состояние обманутых ожиданий в этой ситуации хорошо отражает термин «антиинтуитивный»: «Эта проклятая штука ведет себя не так, как должна бы вести!». И далее: «Единственной специфической особенностью сложных систем является то, что наше знание о них ограничено и неопределенность со временем возрастает» [9].*

### **2.3. Искусственные системы**

Системы, которые созданы человеком (man-made systems):

- социальные системы: юридические законы, составляющие основу государства, функционирование налоговой службы, таможня и т.д.
- принятая система организованной упорядоченной идентификации: десятичная система (УДК, ВІВ, каталогизация книг в библиотеках, показатель экономической активности Доу-Джонса, штрихкодирование и др., ИНН - индивидуальный номер налогоплательщика, TCP/IP и т.д.)
- транспортные системы: сети дорог, авиалиний и др.
- системы связи: телефон, телекс, аварийная сигнализация и др.
- производственные системы: заводы, фабрики и пр.
- финансовые системы: банки, бухгалтерия, инвестиционные фонды, биржи и тому подобные.

Сегодня большинство этих систем включают в себя компьютерные системы. Однако надо обратить внимание, что перечисленные выше системы существовали и до появления компьютеров и потребность в компьютеризации той или иной системы не всегда очевидна.

Более того, с самого начала развития ЭВМ априорно считалось, что затраты на их создание и эксплуатацию полностью компенсируются ростом производительности труда, а следовательно, и увеличением валового внутреннего продукта (ВВП). Однако взаимоотношение между информационными технологиями (ИТ) и производительностью оказалось более сложным. Так выработанная вычислительная мощность ЭВМ в экономике США в 1985 году увеличилась более чем на два порядка по сравнению с 1970 г.

Возросший интерес к «парадоксу производительности», как он стал известен, вызвал значительное число исследований, но до сих пор это только усугубляло загадочность. Нобелевский лауреат экономист Роберт Солоу разумно охарактеризовал результаты: **«мы видим компьютеры везде, кроме статистики производительности»**.

**Производительность – это фундаментальная экономическая мера вклада технологии в увеличение ВВП.** Помня это, менеджеры все больше стали подвергать сомнению свои огромные инвестиции в компьютеры и связанные с ними технологии. Отсутствие хороших количественных критериев производительности и ценности созданного ИТ сделало работу менеджеров по оправданию инвестиций особо сложной. У ученых те же проблемы при оценке вклада этой крайне необходимой новой технологии.

Одним из ключевых результатов прошлого десятилетия для экономистов было медленное падение производительности, которое началось в начале 1970-х годов. Даже после учета таких факторов, как изменяющиеся цены на нефть большинство исследователей обнаруживает наличие необъяснимого остаточного падения производительности по сравнению с первой половиной послевоенного периода.

При информатизации общества парадокс производительности – все же не самая важная черта. Возникают более сложные и принципиально новые проблемы:

- несоответствие между теми, кто прилагает усилия и теми, кто получает выгоду. **В системе, где все участники преследуют только личные цели, вред получает не только все общество в целом, но и каждый конкретный индивидуум;**
- проблема критической массы: система становится работоспособной, эффективной и окупающей лишь после того, как к ней подключается достаточно большое количество пользователей, составляющих так называемое «on-line community»;
- нарушение социальных табу и раздражение существующих социальных структур;
- большое число отклонений от правила, всегда присущих групповой деятельности;
- эффективное сосуществование часто и редко предоставляющихся возможностей;
- сложность системы для непосредственного практического освоения и необходимость предварительной теоретической подготовки;
- сложность предварительного оценивания эффективности системы. Любое создание человеческих рук воплощает определенное мировоззрение автора, создаваемая система, однако, должна быть действительно универсальна;
- сложная настройка системы непосредственно на рабочем месте пользователя.

Желания облегчить условия труда и повысить эффективность той или иной системы всегда вызвали потребность в создании систем

- автоматических, функционирующих без участия человека, но, как правило, их область действия слишком узка. Например, датчик



наведения ракеты не распознает цель среди ложных источников излучения.

- Автоматизированных, позволяющих оператору осуществлять управление и коррекцию, повышая тем самым эффективность и работоспособность системы.

Компьютеры оказались незаменимыми информационно-управляющими блоками любой системы и по своей сути становятся автоматизированными, и по мере совершенствования информационных технологий подразделяются на:

- Системы он-лайн
- Системы реального времени
- Системы интерактивные
- Системы поддержки решения
- Системы баз знаний
- Системы развивающиеся
- Системы интеллектуальные

### **2.3.1. Системы он-лайн (on-line)**

До компьютеризации подобные системы назывались дистанционными с удаленным доступом, когда источник информации или объект управления находится на расстоянии от системы управления.

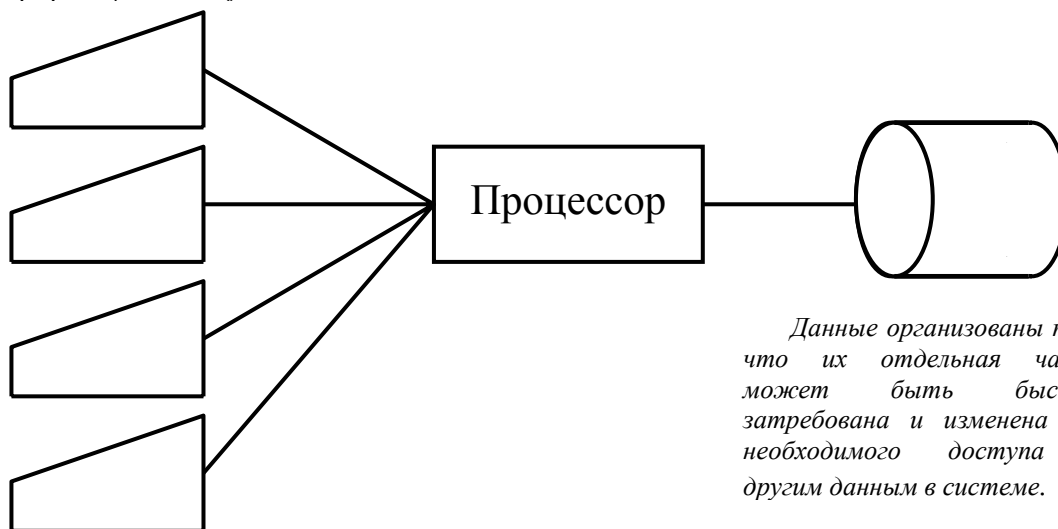
Термин он-лайн от английского слова on-line – на линии – символизирует компьютерную обработку одновременно с различных удаленных терминалов (клавиатура, рабочая станция, автоматизированная линия и т.д.). Т.е. общая характеристика он-лайн системы связана с тем, что входные данные компьютерных систем и получающие их компьютерные системы удалены. Пользователи компьютерных систем взаимодействуют посредством терминалов, удаленных друг от друга и от компьютерных систем на любое расстояние.

Другая характеристика онлайн-систем – накопление данных, файлы или база данных, обычно организованных так, что отдельная часть данных (например, такие как резервирование билетов на самолет) могут быть быстро затребованы и изменены без необходимого доступа к другим данным в системе.

Онлайновые системы – первый шаг реализации таких прикладных систем как получение денег по VISA и другим картам и организация интерактивных возможностей удаленных видеоконференций и интернет технологий.

На рис.2.7 приведена структура простейшей онлайн-системы.

*Информация поступает от источника*



*Данные передаются туда, откуда они затребованы*

Рис.2.7. Он-лайн система

### 2.3.2. Системы реального времени

Системы реального времени могут рассматриваться как вариант онлайн-систем. Однако важнейшая характеристика различия содержится в следующем определении.

Компьютерные системы реального времени – системы, которые получают и обрабатывают данные от окружающей среды, используя результаты достаточно быстро для управления окружающей средой в то же самое время.

Термин «достаточно быстро» - должен интерпретироваться согласно области применения системы.

В онлайн-овых и брокерских банковских системах, системах резервирования билетов допустима задержка в секундах. В прослушивании цифровой музыки формата MP3 – миллисекундах.

В соответствии с временем реакции можно выделить следующие критерии систем реального времени:

- системы управления производственными процессами, например, операторное управление через монитор химическими процессами переработки нефти, прокачка газа и др.
- автоматические кассовые системы – «кэш машины», получение наличных денег по чекам или картам
- высокоскоростные измерительные системы – компьютерные системы приема телеметрических данных со спутников, или результаты лабораторных экспериментов
- системы управления ракетами – компьютерные системы контроля траектории, ориентации и работоспособности всех устройств.
- системы телефонной коммуникации – коммуникационные системы управления, передачи данных, идентификация и переключение вызовов, распознавание и синтез речевых сообщений и следующий шаг определение местоположения клиента (идентификация в пространстве)
- система непрерывного мониторинга – компьютерная система непрерывного слежения: за медицинскими показателями пациента (температура, пульс и др.); за распределением и местонахождением товара и т.д.; аварийная сигнализация.

На рис 2.8 приведена структура системы реального времени.

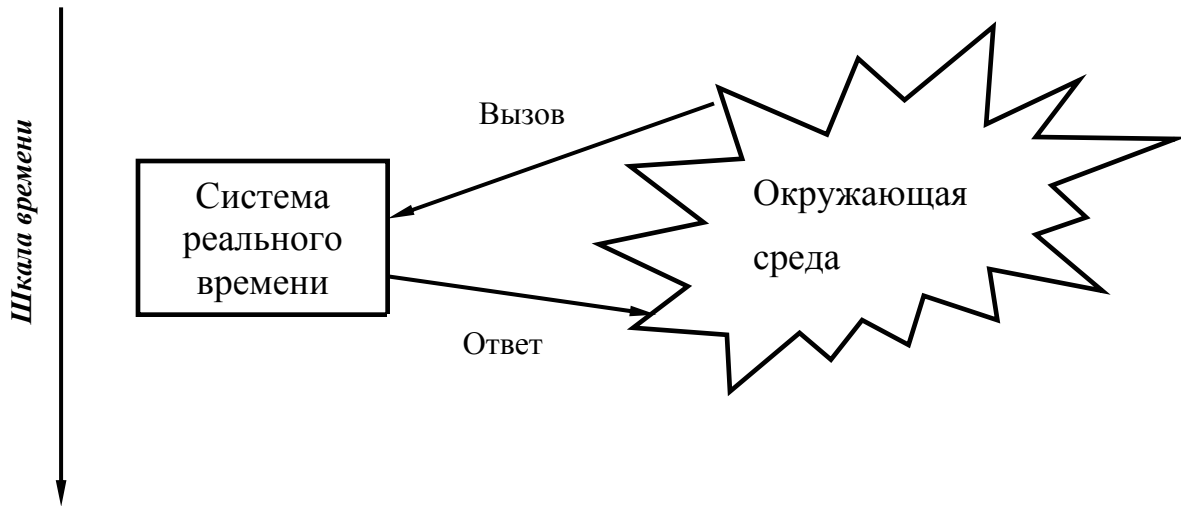


Рис.2.8. Структура системы реального времени

### 2.3.3. Системы интерактивные

По своей сути они эксплуатируют те потребности и возможности, которые развиты рассмотренными выше системами.

### 2.3.4. Системы поддержки решений и стратегического планирования.

Первая фаза компьютеризации была в основном связана с автоматизацией каждодневной работы, что потребовало развития так называемых операциональных систем. Эти так называемые системы, обеспечивающие сквозную передачу и обработку данных, выполняли заданный процесс (transaction-processing systems) – проведение расчетов в банках, упорядоченный доступ в другие системы, бухгалтерские и производственные системы. Повсеместное распространение и применение операциональных систем привело к необходимости построения нового вида компьютерных систем поддержки решения. Этот термин от английского decision-support подчеркивает, что компьютерная система не принимает решения сама, она анализирует поступающие данные, сопоставляя их с предварительно накопленными профессиональными «знаниями управляемого объекта», организуя таким образом «интеллектуальную» составляющую при поиске решения.

Наиболее простые примеры систем поддержки принятия решения: электронные таблицы (spread-sheet) как технология представления информации, системы различного математического и статистического анализа, программы прогнозирования и экспертные системы как специфическая форма логического (если – то) упорядочения предметно, проблемно ориентированного знания для систем поддержки решения.

Основная цель этих систем – выяснение, формализация параметров, влияющих на поведение исследуемого процесса. Пользователю такой системы предоставляется обычно не готовое решение, а список альтернативных решений и их коррекция изменением критерия оценки решения. Одна из возможных схем построения системы поддержки решения на рис.2.9.

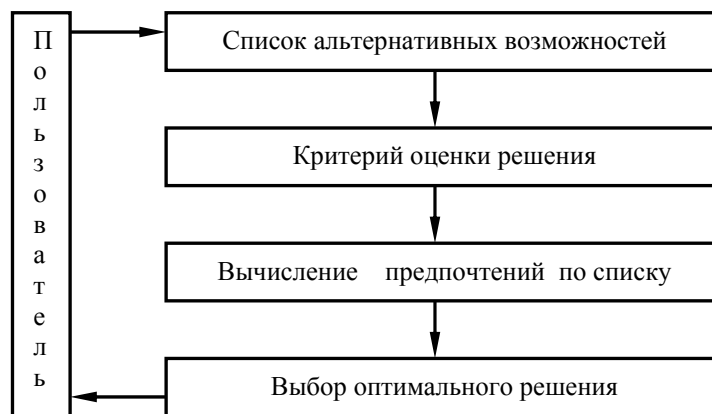


Рис.2.9. Система поддержки принятия решения

Системы стратегического планирования.

Не только компьютерные программы, но и сложная комбинация активного поиска информации и ее обработки, причем информации из разнородных как внешних источников, так и внутренних данных из операциональных систем и систем поддержки решений.

Две типичных структуры систем стратегического планирования приведены на рис.2.10 и рис.2.11.

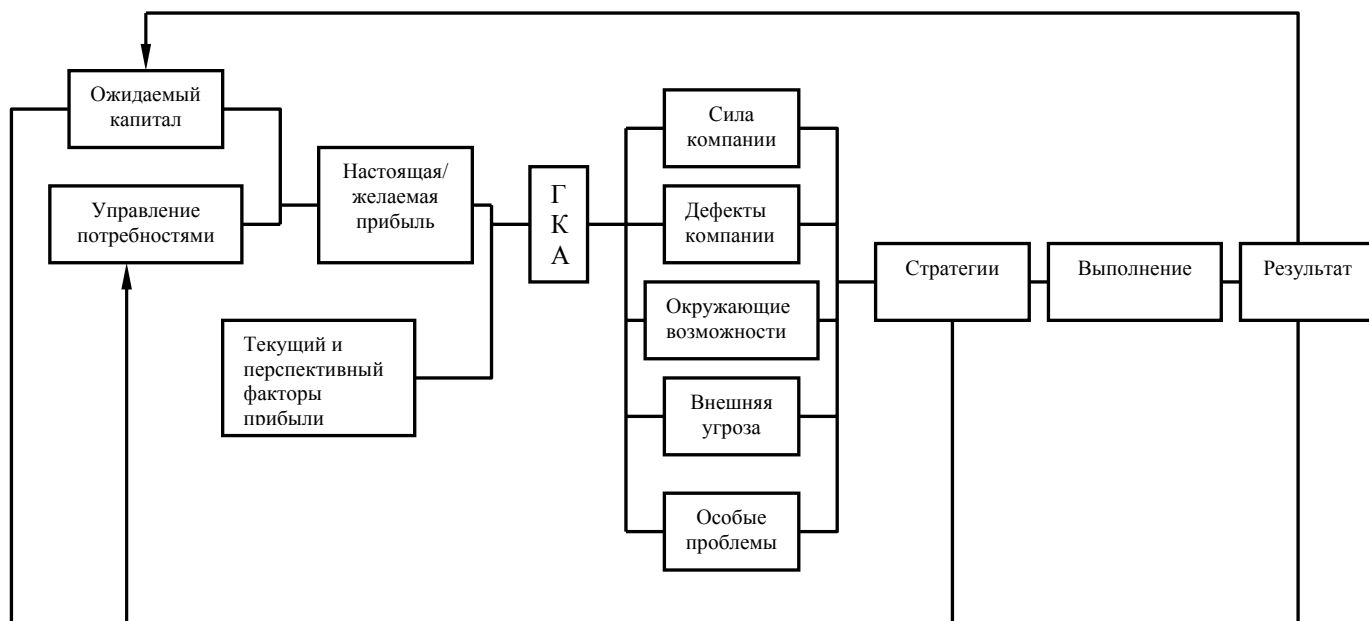


Рис.2.10. Типичная структура системы стратегического планирования

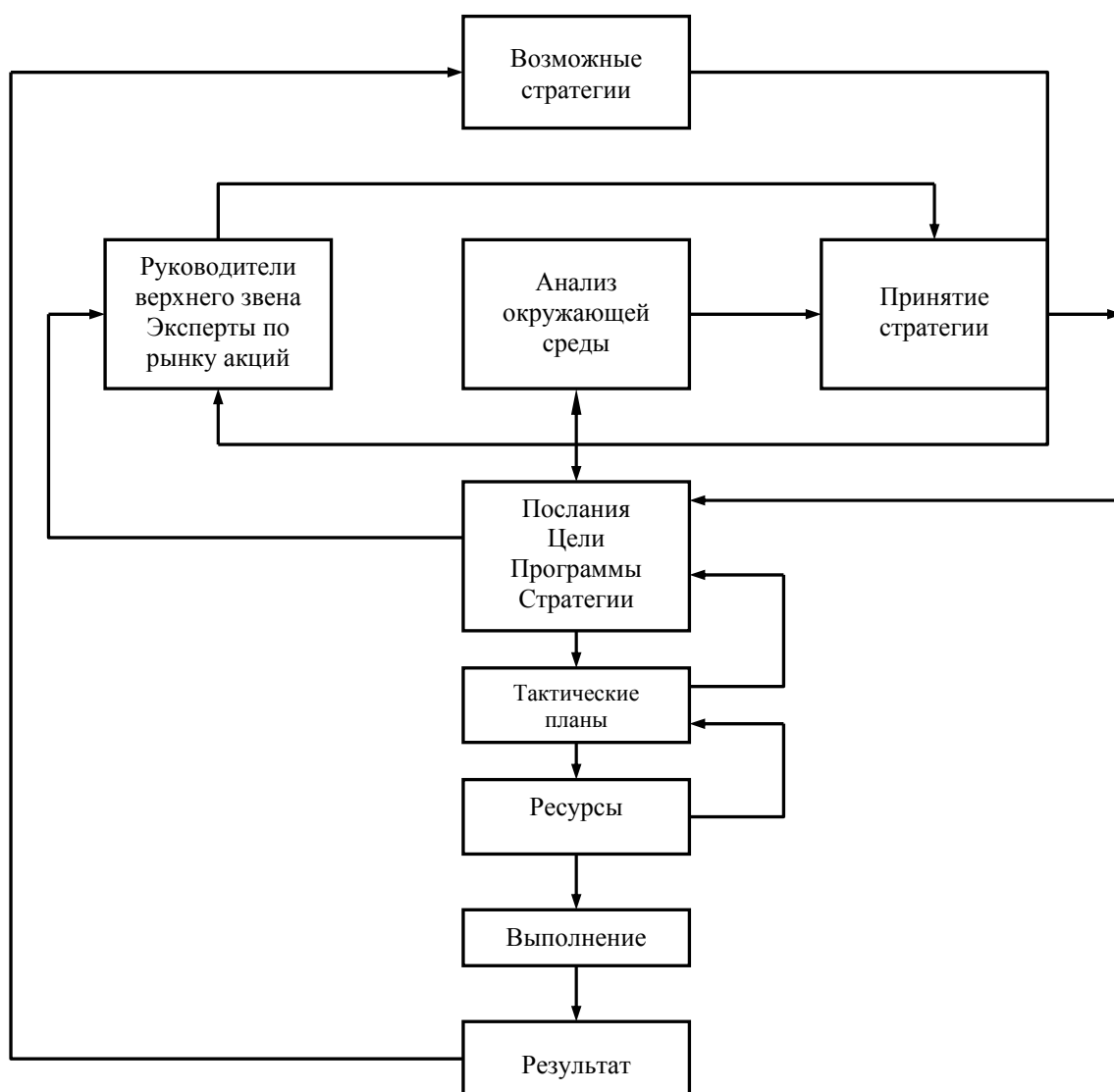


Рис.2.11. Типичная структура системы стратегического планирования

На рис.2.10 блок ГКА – главный критерий анализа – отражает название специфического критерия при анализе, который, выявляет различие между текущими параметрами и желаемыми (требуемыми), декларируемые руководством и пользователями системы.

*Заметим, что отношения между тремя системами: операциональной, поддержки принятия решения и стратегического планирования показаны на рис.2.12.*



Рис.2.12. Иерархия систем обработки информации

Операциональные системы создают интегрированные данные, которые необходимы системам более высокого уровня.

### **2.3.5. Системы баз знаний.**

*Эти системы ассоциируются с исследованиями в области искусственного интеллекта.*

Так, в [25]: «...Системы баз знаний предназначены для накопления разнообразных знаний, которые требуются при решении различного класса задач. Экспертные системы являются проблемно- предметно ориентированными системами баз знаний. Эти два термина очень часто взаимозаменяемы. **Что такое экспертная система?** Это компьютерные программы, в которые встроены знания и способность действовать на уровне эксперта – профессионала в своей предметной области. Экспертная система

*обеспечивает более высокий уровень интеллектуальной поддержки при экспертизе (диагностика инженерно-технических систем, симптомодиагностика в медицине и т.д.), что позволяет говорить о ней как об интеллектуальном помощнике...»*

Однако проблема представления и формализации знаний адекватно воспринимаемых человеком и компьютером все еще далека от своего решения. И развитие экспертных систем свелось к созданию различного рода программных продуктов типа оболочек «SHELLS», суть которых всего лишь в составлении длинных цепочек причинно-следственных связей и проверки их на непротиворечивость.

### **2.3.6. Развивающиеся системы**

Если рассматривать систему как совокупность связанных между собой элементов, функционирующих как единое целое, то под это определение подходят системы любой природы: естественные и искусственные. Проблема в установлении, выявлении, выделении для каждой системы, состоящей из элементов и функций их взаимной связи, основных параметров, обеспечивающих устойчивое и прогнозируемое поведение системы.

Результат работы любой системы всегда оценивается неким интегральным показателем - параметром, как реакции системы на изменения в окружающей среде неких локальных параметров системы. Так, например, индекс Доу-Джонсона есть интегральный показатель – параметр функционирования такой системы, как экономика. На рис.2.13, 2.14 приведены примеры соотношений между интегральными и локальными параметрами для различных систем. На рис.2.13 интегральные параметры есть: а.– количество автомобилей; b.– производительность микропроцессоров; с.– распределение слов в словаре; d. – функция Фибоначчи  $f(n)=n-f(n-1)$ ; e – Закон Развития  $(1 - x)^{-0.618}$ , а локальные параметры для a,b – годы выпуска, с – буквы, d – номер итерации, e – количество слов.



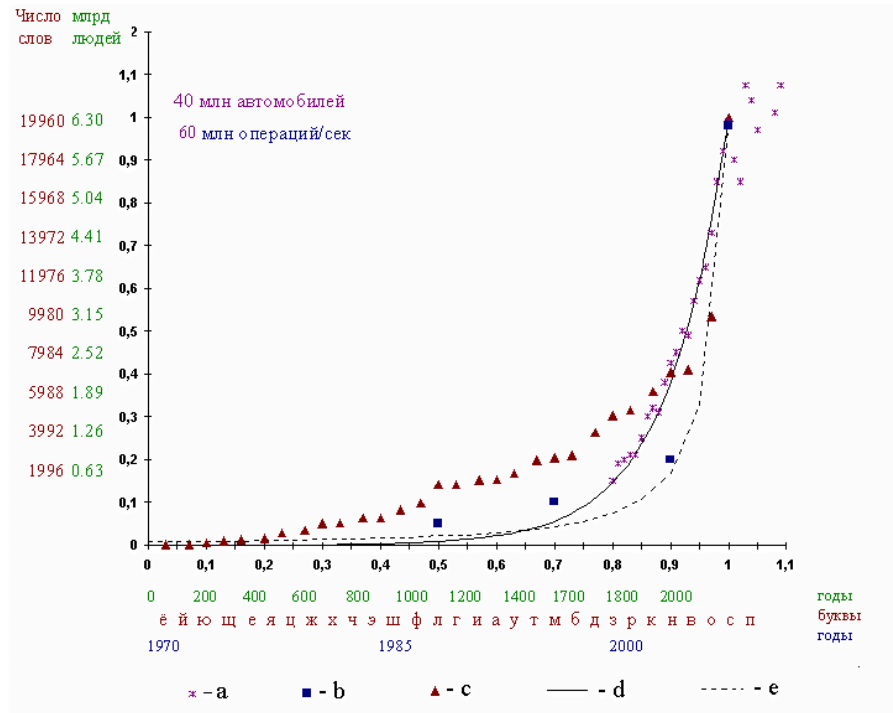


Рис.2.13

На рис.2.14 смертность населения как функция возраста.

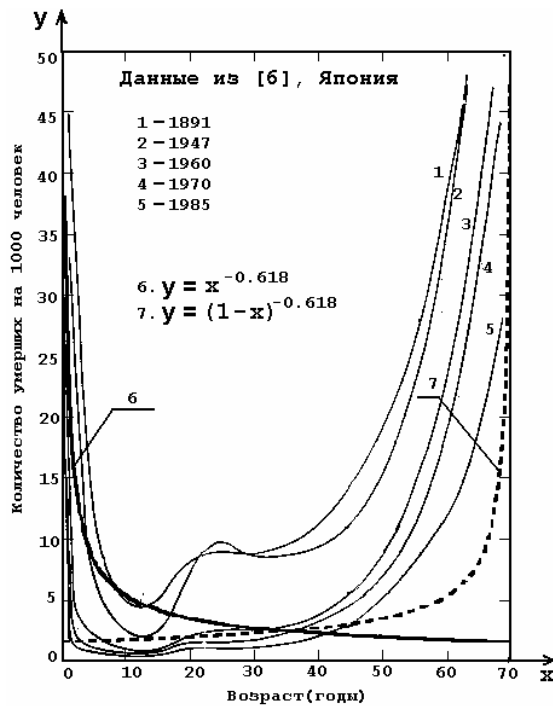


Рис.2.14

Из приведенных выше примеров видна четкая и определенная гиперболическая зависимость между интегральными и локальными показателями системы, которую можно назвать законом развития и роста.

**Рост** есть количественное увеличение числа элементов системы и их связей.

**Развитие** – качественное и структурное изменение системы.

Эта функциональная зависимость характерна и для оценки качества, работоспособности, технологичности продукции, рынка капитала, бестселлеров и многих других процессов.

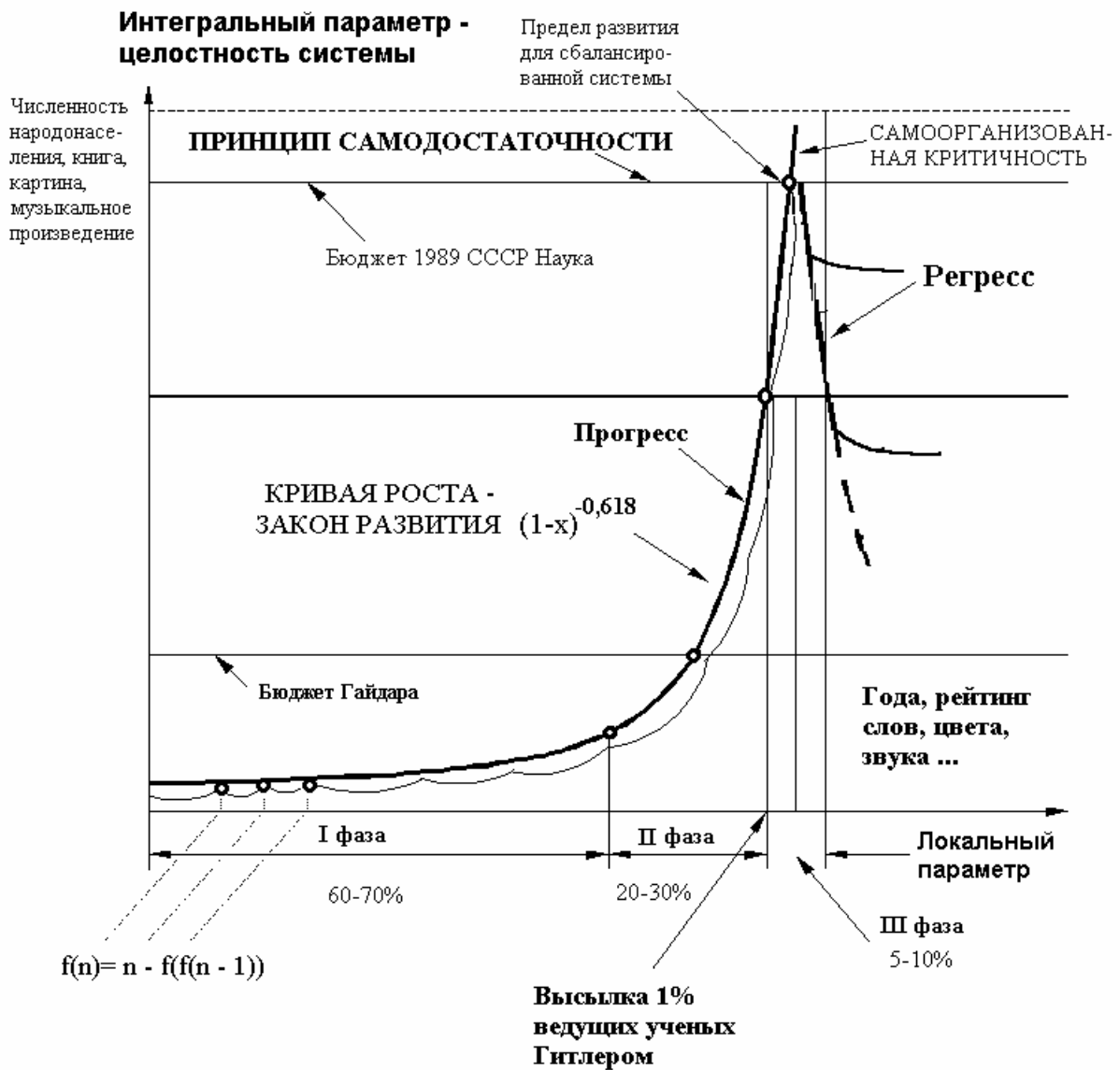


Рис.2.15

Представим результат функционирования развивающейся системы такой ее характеристикой, которая могла бы описывать систему как целое, т.е. ее интегральным параметром. Тогда закон Роста и Развития (рис.2.15) может быть представлен как функция двух параметров: интегрального - результата функционирования развивающейся системы как целого и локального, отражающего характерные структурные связи. Так в кривой Фибоначчи интегральный параметр - популяция кроликов в целом, локальный - число поколений; для книги: число слов, и рейтинг распределения слов по частоте встречаемости и т.д. Правильное определение интегрального и локального параметров чрезвычайно существенно и является целью исследования развивающихся систем.

Многочисленные наблюдения развивающихся систем, совершенно разных по своей природе, показали, что все системы в конце третьей фазы развития испытывают изменения в структурной динамике. **Среди сценариев поведения развивающихся систем** чаще всего встречаются разнообразные случайные скачки, которые характерны тем, что разрушаются старые структуры и развиваются процессы построения совершенно новых структур. Система приобретает в процессе такого развития принципиально новые свойства, часто ничем не напоминающие прежние. Однако, третья фаза развития может завершаться не скачком, а замедлением экспоненциального роста, как бы их “окостенением”, т.е. проявляется значительное замедление общего структурного роста. Направленность развития системы в конце третьей фазы неопределенна, но, если система перешла к началу первой фазы, то процесс роста, с точки зрения поведения интегрального параметра, совершенно определен. Сначала будет происходить медленный количественный рост элементов и их связей - первая фаза, затем произойдет некоторое ускорение роста - переход ко второй фазе - и затем переход к третьей фазе с ее стремительным экспоненциальным ростом. Причем третья фаза неизбежно приведет или к “бифуркации” системы, или к “окостенению” ее структур. Если на систему не оказывает воздействия внешняя среда, то структурный рост

системы происходит в наиболее благоприятных условиях и система может успешно реализовать весь свой внутренний потенциал. Микродинамика системы сугубо индивидуальна, а макродинамика строго соответствует **закону роста и развития и принципу самодостаточности**. Иначе говоря, **самоорганизация приводит к принципу самодостаточности развития и определяет строгие закономерности процессов структурного роста**. Систему, развивающуюся в таких условиях, мы называем **развивающейся самодостаточной системой**.

В общем случае под процессами самоорганизации понимается поведение систем при переходе от неупорядоченного состояния к состоянию порядка. Причем совершенно различные по своему характеру системы (химические реакции, динамика популяций, астрофизические явления, образование молекул и т.д.) при переходах к состоянию порядка ведут себя схожим образом. Основной постулат синергетики – **СВОЙСТВО САМООРГАНИЗОВЫВАТЬСЯ** есть лишь у **СИСТЕМЫ В ЦЕЛОМ**, но нет ни у одного ее элемента. Этот постулат не имеет конструктивного начала, а, следовательно, и не отвечает на вопросы, когда и при каких условиях система способна к самоорганизации. Важным результатом исследования, проведенного с помощью компьютерного моделирования, явилось обнаружение эффекта **САМООРГАНИЗОВАННОЙ КРИТИЧНОСТИ**.

Согласно этой теории [26] многие составные системы естественным образом эволюционируют к критическому состоянию, в котором малое событие вызывает цепную реакцию, могущую повлиять на любое число элементов системы. Хотя в составных системах происходит больше незначительных событий, чем катастроф, цепные реакции всех масштабов являются неотъемлемой частью динамики.

Как следует из теории критичности, малые события вызывает тот же механизм, что и крупные. Более того, составные системы никогда не достигают равновесия, а вместо этого эволюционируют от одного метастабильного состояния к другому.

Концепция самоорганизованной критичности – это теория целостности (анализ характеристик системы как целого); она подразумевает, что глобальные характеристики, такие как относительное число больших и малых событий не зависят от микроскопических механизмов. Именно поэтому глобальные характеристики системы нельзя понять, анализируя ее части по отдельности.

Последние годы эксперименты и расчеты по моделям показали, что многие составные системы, стоящие в центре исследований в геологии, экономике, биологии и метеорологии, обнаруживают признаки самоорганизованной критичности.

Поскольку составные системы содержат много компонентов, а их поведение определяется большим числом взаимодействий, невозможно построить математические модели, которые были бы одновременно и совершенно реалистичными, и поддающимися теоретическому анализу.

Понятие критичности системы – малые (микроскопические) события вызывают цепные (ветвящиеся) процессы, охватывающие то или иное число элементов системы.

Субкритичность - микроскопические события (воздействия) вызывают слабые (маленькие по числу задействованных элементов системы) цепные процессы в системе.

Суперкритичность – микроскопические события вызывают цепные процессы, охватывающие почти всю систему (взрыв системы).

Для модели системы, представляющей собой песчаную кучу на круге, при постоянном равномерном добавлении песка на вершину кучи, критическое состояние системы наступает в тот момент, когда количество добавляемого песка в среднем компенсируется количеством песка, сваливающегося с края.

Одна песчинка упавшая на кучу, находящуюся в критическом состоянии, может вызвать лавину любого размера, но даже катастрофические лавины не могут привести к значительному отклонению крутизны склона от критического значения.

Лавина является разновидностью цепной реакции, или ветвящегося процесса. Размер лавины может быть оценен общим числом скатившихся песчинок. "Активность" песчинки - ее почти неустойчивое состояние, способность начать движение при малом на нее воздействии, движение до положения устойчивого или почти неустойчивого состояния.

Куча сохраняет постоянную высоту и крутизну потому, что вероятность прекращения "активности" в среднем равна вероятности ветвления "активности". Таким образом, цепная реакция, поддерживает критическое состояние.

Субкритичное состояние в такой модели наблюдается тогда, когда крутизна склона кучи меньше критической. В этом случае лавины будут меньше по размеру и их общее среднее будет меньше, чем при критическом состоянии. Переход в критическое состояние наблюдается и из субкритического состояния и из суперкритического (лавины будут значительно больше тех, что генерируются критическим состоянием).

В целом критическое состояние устойчиво относительно любых малых изменений в характеристиках системы.

Песочная куча, как модель многокомпонентной системы, обладает двумя, на первый взгляд исключаящими друг друга свойствами: эта система неустойчива во многих различных местах и вместе с тем ее критическое состояние абсолютно устойчиво. С одной стороны, конкретные свойства, такие как локальный рельеф кучи, постоянно меняются из-за лавин. С другой, статистические свойства системы, такие, как распределение размеров лавин, остаются неизменными.

**Для локального наблюдателя** большие лавины являются непредсказуемыми, потому что они являются следствием эволюции кучи в целом. Независимо от локальной динамики лавины будут возникать с относительной частотой, которую нельзя изменить.

Несмотря на то, что песок добавляется к куче с постоянной скоростью, количество песка, ссыпавшегося с кучи, значительно меняется со временем.

Если нарисовать график этой величины в зависимости от времени, то мы увидим хаотический сигнал со следами всех длительностей. Такие сигналы известны как «шум мерцания», или «фликкер-шум», или шум  $1/f$ .

Как известно, шум мерцания указывает на то, что на динамику системы влияют прошлые события. И наоборот: «белый», или случайный, шум означает отсутствие корреляции между текущей динамикой и прошлыми событиями.

Шум мерцания наблюдается в активности Солнца, излучении галактик, токе, протекающем через резистор, потоке воды в реке.

Теория самоорганизованной критичности предлагает достаточно общую интерпретацию: шум мерцания является суперпозицией сигналов всех амплитуд и длительностей – сигналов, возникающих, когда система, находящаяся в критическом состоянии, порождает цепные реакции всех амплитуд и длительностей.

В 1956 году геологи Бено Гутенберг и Чарльз Рихтер обнаружили, что число сильных землетрясений  $N$ , высвобождающих определенное количество энергии  $E$ ,

$$N = \frac{K}{E^b}$$

где  $b$  приблизительно равно 1.5;  $K$  – некая константа.

Показатель  $b$  универсален в том смысле, что он не зависит от географического района.

Отсюда следует, что сильные землетрясения случаются гораздо реже, чем слабые. Из-за того, что число слабых землетрясений тесно связано с числом сильных, можно предположить, что малые и большие события есть следствия одного и того же механического процесса.

**По теории самоорганизованной критичности следует предположить, что такое гиперболическое распределение свидетельствует о наличии в системе самоорганизованной критичности, которая сама по себе есть следствие более общего свойства развития.**

Это универсальное свойство рейтингового распределения в гиперболической форме, которое отражает некий фактор целостности системы. Распределение цветовой гаммы в законченной картине художника, слов в тексте поэмы, рассказа, повести и т.д. лучше отвечает определенной форме гиперболического закона, чем на некоторой произвольной части произведения. В некотором роде показатели гиперболического закона – мистическая характеристика, к которой неосознанно стремится автор произведения или некая самоорганизующаяся система в целом. И именно целостность и показатель гиперболического закона связаны между собой. Оказалось, что многие процессы в природе, обществе, экономике, лингвистике, демографии и других областях науки могут быть достаточно эффективно описаны гиперболическими распределениями, которые были рассмотрены Парето и Ципфом.

Поясним это распределение на примере лингвистики. Текст как законченная система (фиксированный срез развивающегося замысла) синтезируется из слов, фраз и предложений в процессе своего развития. Структурные соотношения между элементами текста строго соответствуют гиперболическому распределению [27].

Если рассматривать некоторый текст как совокупность слов, то всем словам можно сопоставить некоторую вероятность их употребления - частоту встречаемости данного слова в текстах определенного типа. Упорядочив слова по убыванию вероятности употребления, мы получим распределение их частот, эмпирически описанное Ципфом в работе *Human Behaviour and the Principle of Least Effort* (1949) как соотношение  $P = P_0 \cdot (\rho + V)^{-\frac{1}{D}}$ , где  $\rho$  - порядковый номер слова. Здесь  $P_0$  – масштабный коэффициент, введенный для того, чтобы сумма вероятностей употребления всех слов в рассматриваемом тексте была равна единице, а  $D$  - параметр, определяющий богатство лексики рассматриваемого текста, т.е. относительное количество используемых в нем редких слов.



При исследовании различных текстов [27] было установлено, что  $bD$  лежит для всех текстов, представляющих собой законченные произведения, в интервале от 1,4 до 1,6 и чаще всего равна 1,5. Это полностью совпало и с показателем степени в распределении Гутенберга-Рихтера для множества землетрясений за некоторый период времени.

Конечно, активные регионы реальных землетрясений трехмерны, и компьютерное моделирование – пока единственный способ предсказать реальное значение показателя  $b$ .

Не стоит думать, что грубо упрощенная модель дает правильные показатели для распределения реальных землетрясений. Тем не менее, модель показывает, что состояние самоорганизованной критичности систем должно описываться степенными законами, и наоборот, закон Гутенберга-Рихтера можно считать доказательством того, что земная кора постоянно находится в критическом состоянии.

Теория самоорганизованной критичности не только объясняет эволюцию землетрясений, но и описывает распределение их эпицентров.

**Борьба со снежными лавинами методом опережающих, провоцирующих взрывов – практический пример использования фазы самоорганизованной критичности.** С землетрясениями можно было бы поступить также: провоцировать их взрывами на более ранних стадиях накопления энергии. Но если в случае со снежными лавинами их объем поддается измерению, то измерение энергетических напряжений земной коры пока является проблемой.

В принципе ученые знали, что степенные законы могут описывать распределение таких объектов, как горы, облака, галактики и вихри в турбулентных жидкостях.

Число объектов внутри, например, сферы радиуса  $r$  пропорционально  $r^D$  в степени, представляющей собой некоторую константу. Такое распределение называется фракталом [12].

Исследования привели к выводу, что фракталы описывают и распределение эпицентров землетрясений.

Хотя фракталы встречаются в природе повсеместно, исследователи только сейчас начали понимать создающую их динамику.

Предложено рассматривать фракталы как мгновенные «срезы» самоорганизованных критических процессов. Фрактальные структуры и шум мерцания являются, соответственно, пространственными и временными «отпечатками» самоорганизованной критичности.

Оценка точности прогнозов для изучения поведения динамической системы зависит от типа системы и погрешности определения начальных условий. Для нехаотических систем неопределенность начальных условий (погрешность) остается постоянной величиной и поведение такой системы можно предсказать с необходимой точностью. В хаотических системах малая начальная неопределенность растет со временем экспоненциально. Более того, при попытке делать прогнозы на все более далекое будущее объем информации, который необходимо собрать о начальных условиях, также растет экспоненциально. Этот экспоненциальный рост большей частью препятствует долгосрочным прогнозам.

Интегральный и локальный параметры отражают состояние системы в целом и отвечает за ее критичность, т.е. самоорганизацию критичности - достаточно изменить границы “критичности” и “самодостаточности” и проявляется **эффект Гитлера - Гайдара** как классический пример **искусственной катастрофы в науке Германии и России**. Режим Гитлера вынудил 10-15 высококвалифицированных ученых покинуть Германию в 30-х годах и до сих пор не восстановлена преемственность в научных школах фундаментальных исследований в области математики и физики. Правительство Гайдара резко снизив финансирование также разорвало цепь преемственности в науке.

Можно показать, что соотношения нелинейностей в законе роста и неоднородности в масштабах интегрального и локального параметров

затрудняет анализ, но все же позволяет на качественном уровне прогнозировать тенденцию поведения развивающихся систем.

**Эволюция как развивающийся процесс, достигая предела самодостаточности, начинает новый качественный скачок с повторения последовательно всех трех фаз. И, следовательно, процесс эволюции есть процесс, составленный из следующих друг за другом, различных относительно масштаба коэффициентов процессов развития и роста. Это и предопределяет принципиальную трудность долговременного прогнозирования.**

Так, в условиях ограниченных ресурсов, при приближении кривой демографического роста к границе “критичности”, сама развивающаяся система порождает массу косвенных показателей (процессов) на которые она реагирует в соответствии с ее возможностями: увеличение ресурсов (сдвиг границы самодостаточности вверх) - экспансия, создание колоний, новые технологии и т.д., или замедление - переход из третьей фазы процесса развития в первую.

Общим для всех примеров развивающихся систем является **гиперболический закон Роста** (элементов, связей, стоимости и т.д.), адекватный аналог которого есть точная древовидная структура типа Фибоначчи. А для этой структуры характерны **три фазы развития**.

**В первой** фазе развития число элементов системы остается постоянным или увеличивается линейно с коэффициентом роста  $0 < KR \leq 1$  ( $KR = \Delta N / N$ , где:  $\Delta N$  - увеличение числа элементов развивающейся системы за интервал времени равный  $\Delta t$ ,  $N$  - количество элементов в системе на начало интервала  $\Delta t$ ). Такой темп развития на первой фазе показали все доступные наблюдению и измерению развивающиеся системы.

Если длительность всего процесса устойчивого направленного развития системы принять за 100%, то на первую фазу приходится от 50% до 70%. Некоторые виды развивающихся систем находятся в первой фазе весь период

возможного их наблюдения, что и позволяет детерминированно прогнозировать поведение системы.

**На второй** фазе развития скорость роста числа элементов в структуре системы увеличивается – число элементов растет уже не линейно, но коэффициент нелинейного роста незначителен по величине и общая картина изменений на этом этапе близка к линейной, хотя уже и заметно от нее отличается. По длительности эта фаза процесса развития занимает 20-30% всего интервала развития и поэтому прогнозирование еще возможно, но уже при стохастическом подходе на коротком отрезке времени.

Вторая фаза развития необходимо переходит в третью при условии, что это позволяет внешняя, по отношению к системе, среда.

**На третьей** фазе развития наблюдается устойчивый и интенсивный рост числа элементов системы и, вместе с этим, усложнение структуры со скоростью, близкой к скорости роста геометрической прогрессии – так называемый экспоненциальный рост (5-10%).

Заметим, что все предсказания "катастроф" (экологических, экономических, социальных и др.) связаны с наступлением этой третьей фазы развития. Так, в XVIII веке Т. Мальтус обратил внимание на эту фазу (в связи с изучением темпов роста народонаселения и сравнением с темпами роста производства энергии и продуктов питания), показал ее значение, но не понял, что анализирует только одну из совокупности фаз, и поэтому сделал "катастрофический" прогноз о процессе развития в целом. Вопреки его прогнозу (наступит момент, когда кончатся все природные источники сырья) ни один из природных ресурсов, как возобновляемых - сельскохозяйственная продукция, так и не возобновляемых – минеральное сырье, не исчерпан и, как показывают тенденции последних лет, не будет исчерпан и в будущем, если, конечно, не будет нарушен принцип Самодостаточности Развития.

Структура развивающейся системы в течение третьей фазы интенсивно растет и усложняется, число разветвлений и связей становится очень большим,

что проявляется во "взрывном" характере наращивания числа элементов системы и установлением многочисленных межэлементных связей.

Так как скорость роста числа элементов на этой стадии развития очень велика, то система быстро оккупирует доступное ей пространство и исчерпывает имеющиеся у нее ресурсы.

Третья фаза развития является "критической", то есть такой, которая неизбежно приводит либо к возврату в **первую** фазу, либо к "катастрофе". Под "катастрофой" здесь понимается разрушение структуры системы на отдельные фрагменты, прекращение прежнего процесса развития и переход к другим структурам и другим процессам. Но выбор направления перехода неопределен и предсказать его практически невозможно. Именно в неопределенности этого перехода и заключается принципиальная непрогнозируемость направленности динамических процессов в развивающихся системах.

Наличие трех фаз в процессе развития и определяет понятие **РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ КАК ЦЕЛОГО**.

*«Индивид и его части обоюдно друг друга поддерживают и являются границами друг друга; ничто не может быть взято в изоляции от целого, а все вместе представляет собой ту сложную взаимосвязь равновесия, которая называется Жизнью. И получается так, что общий контроль над целым сохраняется и поддерживается частями, и функции частей всегда направлены на сохранение целого».\**

### **2.3.7. Интеллектуальные системы**

К рассмотренным ранее системам принципиально по определению не применимы такие понятия как разум и интеллект. Для этих систем следующие две фразы «Маша мыла раму» и «Рама мыла Машу» одинаково допустимы. Однако, они не только не эквивалентны, но вторая фраза абсолютно не допустима с точки зрения разума и интеллекта. И работа Тьюринга [29] прежде

---

\* Smuts J. Holism and Evolution, 2<sup>nd</sup> ed. London, 1927, pp. 218-219.

всего требует ответа на вопрос, как интеллект и разум организуют мыслительный процесс? То, что ответ на этот вопрос лежит вне классических традиционных подходов системного анализа свидетельствует активизация исследований в области семиотики, психо-, социо- лингвистики и др. И как наиболее интегрированное, призванное ответить на поставленный выше вопрос и используется такое понятие как **интеллектуальные системы**.

**Интеллектуальные Системы** – универсальная метафора, содержательный образ междисциплинарных исследований и разработок – от автопилота к беспилотному самолету; от программируемых – к обучаемым, самообучающимся и самоорганизующимся компьютерам; от коммутатора - до глобальной распределенной сети Интернет; от естественной репродукции (воспроизводства) - к искусственному клонированию; от революций - к компьютерному голосованию.

Наиболее яркой чертой интеллекта является способность человека адекватно переводить тексты любого содержания (разных предметных областей) с одного языка на другой. Однако несмотря на увеличивающуюся мощь компьютеров и различные «навороты» программного обеспечения (специализированные и фразеологические словари) полностью компьютеризировать процесс перевода все еще не удастся. И как выход из положения рекламируются услуги по «Интернету» для коррекции и правки текста.

Принципиальная ошибка при создании таких автоматизированных систем «перевода» - подмена понятий «интеллекта» каждого конкретного индивидуума, который формируется и существует в **ограниченном семантическом поле** на некий универсальный «интеллект», семантическое поле которого составлено из множества индивидуальных. Отсюда и вытекает роль учителя, гуру, школы, СМИ и т.д., которые формируют ограниченные предметные семантические поля. И все существующие тесты, в том числе и IQ отражают всего лишь, насколько индивидуальное семантическое поле покрывает кем-то искусственно сформированное общественное,

интегрированное семантическое поле. Это аналогично с формированием интегрированного показателя экономического развития (Доу-Джонса, NASDAQ и др.), для повышения эффективности которого постоянно корректируются и дополняются различные локальные показатели в соответствии с технологическими и общественными изменениями.

Опыт эксплуатации компьютерных «интеллектуальных» систем, в том числе и проблема поиска информации в Интернет, показал, что основная проблема в адекватном восприятии индивидуальным интеллектом различных семантических полей и тесты на интеллект всего лишь отражают, насколько наше семантическое поле адекватно воспринимает (отражает) сформированное как общественно-образовательный стандарт. И с этой точки зрения интеллект – способность формировать и развивать свое семантическое поле.

*...Человеческий разум отличает редкостная многогранность. Неисчерпаемы его возможности анализа, синтеза, отражения, способности хранить информацию, перерабатывать и воплощать посредством воли и рук человека в дела. Насильственно сковывая человеческий разум, низводя функции человека к искусственно выработанной сумме навыков и умений, эскимосы, кочевники, османы и спартанцы предали свою человеческую сущность. Они встали на порочный путь, ведущий от гуманизма к анимализму, - путь, обратный тому, что проделало Человечество, стимулируемое величайшими творческими актами живой истории Вселенной.*

***Необходимость наращивать усилия в борьбе за существование век от века возрастала, поднимаясь выше среднего уровня индивидуальных возможностей человека. Несмотря на общий подъем, никогда не прекращался и процесс выпадания, деградации некоторых видов. Процесс проявлялся не только как структурный распад, но и как противоположность распада – жесткая структурная специализация. В основе этих явлений лежит общая причина – необходимость приспособления к узким, ограниченным условиям [30]...***

Способность же создавать, формировать и развивать вполне можно реализовать искусственно созданными системами. В этом смысле светофор также семантическое поле: имеет свой язык – «красный», «желтый», «зеленый» и обладает «интеллектом», так как управляет движением и адекватно воспринимается водителями.

Вернадский прозорливо заметил, что основное свойство эволюции живых существ наиболее ярко проявляется в феномене **ЦЕФАЛИЗАЦИИ** - увеличении объема головного мозга, числа первичных клеток, ускорении и **централизации** нервной системы - т.е. создание и развитие **инструмента познания окружающего мира и разумного поведения [31]**.

Продукт деятельности этой субстанции под названием *мозг* определяется такими понятиями, как *рассудок, ум, разум, познание* или более общим интегрированным понятием **интеллект**.

Распространяя аналогию эволюции живых существ на тенденцию развития научно-технических достижений и в частности систем управления, отчётливо видна революционизирующая роль новой информационной технологии в создании и развитии "интеллектуальной" составляющей, познания и адаптивного взаимодействия с окружающей средой. Рассмотрим основные характеристики познавательных процессов, приведённых в таблице 2.1.

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ.

Таблица 2.1

Условия локализации	Традиционный механизм	Интеллектуальный механизм
по аналогии	Левое полушарие мозга	Мозг как единое целое
Основной принцип работы с информацией	Локальность, сосредоточенность	Глобальность, распределённость
Основные возможности	Точная оценка, последовательный перебор	Приблизительное, субъективное "узнавание"
Методология	Расщепление субъекта и объекта - анализ	"Вживание" в объект, синтез, холизм



Форма представления, описания	Аксиоматический Порождение по фиксированным правилам, метод дедукций	Углубление в свойства целостного объекта, принцип голографичности, метод индукции
Принцип действия	Последовательный	Многоуровневое иерархическое распараллеливание
Результаты	Накопление данных, вычисление ответов, исчисление предикатов	Возникновение "смыслов", реорганизация исчислений, формирование ассоциаций
Внешние проявления	Конструктивная активность, движение - <i>текст, музыка</i> Восприятие как динамическое разворачивание процесса	Сосредоточенность, монументальность - <i>живопись, скульптура</i> Восприятие образа как единого целого
Степень осознанности	Полная, однозначная	Многозначная, размытая
Роль времени	Разворачивание во времени	Одномоментность

В таблице 2.1 приведены два подхода в организации систем: традиционный (аксиоматический) - аналог работы левополушарного отдела мозга и интеллектуальный.

В основном, все существенные инженерные разработки исходили из традиционного механизма, в основе которого априорно предполагается причинно - следственная связь между сигналом датчика (входом системы) и реакцией системы (выходом системы) между которыми существует взаимно однозначное функциональное *преобразование*, например, принцип соответствия Рисса для многомерного интегрирования или, вычисления на компьютере принципиально выполнимы на основании взаимно однозначного соответствия поля действительных чисел  $R$  структуре данных "integer" или "real". Однако в более широком смысле между математическими свойствами  $R$  и "real" имеются существенные отличия, что приводит к большим вычислительным проблемам [23].

Преобразование же типа перевода текста с одного языка на другой, что казалось бы также является прерогативой левополушарного механизма не имеет взаимно однозначного соответствия. Для текстов должна выполняться только однозначная степень **осознанности смысла**, что является работой мозга как целого и функцией интеллекта..

В таблице 2.2 представлены уровни организации интеллекта. Здесь уровни А, В, С, D в большей степени отражают традиционный подход к организации систем управления и различаются только по степени сложности их описания и реализации, однако все они подпадают в поле действия (ограничения) теоремы о неполноте Геделя. **Уровень Е первый** уровень, где компьютеры активно трансформируют знания - естественный интеллект эксперта, в декларативные правила (метод продукций и д.р.) - основа любой экспертной системы. Более подробно [25]. Сегодня уже действует большое число огромных экспертных систем: "CRAFT" - регистрация пассажиров авиаперевозки, экспертные системы медицинской диагностики, тестирования электронных схем и т.д. .

## УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТА.

Таблица 2.2

Обозначение	Название уровня	Основная функция	Примеры феноменов	Форма осознания	Возможная форма представления
А	Палео-кинестические регуляции	Регуляция тонуса и простейших защитных реакций	Тонические и паровестибулярные рефлексy	Протопатическая чувствительность	Причинно-следственные отношения
В	Синергии	Регуляция перемещений организма как целого	Двигательные ритмико - циклические штампы	Проприо - и тангорецепторные ощущения	Гомеостазис

С	Пространственное поле	Ориентация в ближайшем окружении	Искажение метрики перцептивного хронотопа и схемы тела	Пространственные ощущения	Аксиомы аналитической геометрии
D	Действия	Регуляция предметных действий	Перцептивная организация, внимание к атрибутам, «карта-путь»	Перцептивный образ	Ассоциативное восприятие
E	Концептуальные структуры	Фиксация и дополнение концептуальной модели мира	Ассоциативные эффекты близости и контраста, «карта – обозрение»	Обыденное сознание, образы - представления	Декларативно - процедурные структуры
F	Метопознавательные координации	Релятивизация и перестройка концептуальной модели мира	Пропозиционные установки, семантика ментальных пространств	Рефлексия, самосознание творческое воображение	Метапроцедуры

Главная же черта **естественного интеллекта** - его самодостаточность, в смысле саморазвития, и воспроизводства, представлена F уровнем, реализация отдельных компонент которого и сближает интеллект естественный и искусственный. Творчество и мыслительный процесс опираются на ментальные модели, которые связаны с организацией сложных структур рекурсивно вкладываемых друг в друга ментальных пространств при формировании и сопоставлении семантических полей.

Выделим следующие альтернативные характеристики систем:

1. Специализация или универсализация.

Более узко специализированные системы в меньшей степени способны приспосабливаться к различным условиям окружающей среды, однако они наиболее эффективны и легко достигают оптимальности при их функционировании. Это отчетливо видно по биологическим системам (трудность животным, да и человеку адаптироваться в новом окружении), но это также относится и к компьютерным системам. Более общая (глобальная) цель системы меньше всего поддается оптимизации в конкретных ситуациях, но чем более оптимальна система в определенной ситуации, тем меньше она способна приспосабливаться к новой. Это реальная проблема для многих систем, особенно реального времени, которые должны быть оптимальны, обеспечивая эффективность и быстроту реакции на внешний стимул.

Интернет, как глобальная система информационного взаимодействия, меньше других способна оптимизировать безопасность несанкционированного использования информации. С другой стороны, адаптируясь к окружающей среде, система не способна заметить ее изменение, а следовательно, не срабатывает один из основных принципов развития «Вызов-Ответ».

2. Большие, глобальные, интегрированные системы требуют больше ресурсов для каждодневного поддержания своей работоспособности. Также как динозавры не успевали прокормить самих себя, так и **разрастающаяся «бюрократическая» инфраструктура становится паразитирующей надстройкой в системе.**

Например каждый конкретный пользователь программной системы «Windows» использует только малую часть ее возможностей и не более 10% ресурсов компьютера. Все остальное тратится на поддержание работоспособности самого компьютера.

Лучше всего эта проблема представлена в книге советника программы Эрхарда по преобразованию экономики Западной Германии в 1946 г. [32].

3. Системы всегда часть большой системы, которые всегда могут быть представлены меньшими системами, как отдельные ее части.

В основе анализа и моделирования систем всегда лежит предположение о возможности выделить не связанные, независимые друг от друга подсистемы. В [15] это свойство названо квазиразложимостью.

*... Внутрикомпонентные связи оказываются сильнее межкомпонентных. Одним из следствий этого является отделение высокочастотной динамики иерархии (связанной с внутренней структурой составляющих) от низкочастотной динамики (отражающей взаимодействия компонент)...*

*... Хорошо известно, что высокочастотные колебания большой мощности наблюдаются в физических подсистемах меньших размеров, а низкочастотные колебания – в больших системах, собранных из этих подсистем. Например, частоты излучения, вызванного колебанием молекул, гораздо ниже частот, вызванных колебанием орбитальных электронов атома. Последние же в свою очередь ниже частот излучения ядерных процессов.*

*Допустимость целого ряда важных приближений, используемых в физике, зависит от квазиразложимости изучаемых систем. Например, термодинамика необратимых процессов требует предположения о существовании макроскопического неравновесия наряду с микроскопическим равновесием...*

*...Более мелкие подсистемы, принадлежащие различным частям системы, взаимодействуют лишь через агрегированные характеристики; детальным характером их взаимосвязей можно пренебречь. Изучение взаимодействия двух больших молекул, как правило, не требует подробного исследования сил, возникающих между ядрами атомов, входящих в состав молекул. С аналогичной картиной мы сталкиваемся и при выяснении взаимодействия двух государств: нет необходимости подробно изучать взаимоотношения каждого гражданина одного государства с каждым гражданином другого....*

Однако надо помнить о врожденной опасности проектирования и построения систем: это их **природа иерархической сложности**, которая

неизбежно приводит любую систему **на уровень своей некомпетентности – самоорганизованной критичности.**

Это как бы следствие двух основных этапов в развитии систем: **эскалации и бесконечного регресса.**

**Эскалация** приводит к неоправданному расширению, подмене исходных предпосылок функционирования системы, как например созданный на заре демократических преобразований в Санкт-Петербурге «Союз Ученых» никаким образом не смог помочь ученым и предотвратить «утечку мозгов», однако постоянно выступал с политическими декларациями по Прибалтике и др.

**Бесконечный регресс** связан с неоправданно углубленным исследованием некой конкретной задачи. Так проблему выбора ручки к двери можно рассматривать и с позиции психофизиологических свойств пользователя и специфики металлургического процесса и т.д.

### ГЛАВА 3. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМ.

Текст того, что изучается, забывается, но  
процесс учебы очищает сам по себе.  
[Талмуд]

Если слепой ведет слепого,  
То оба упадут в яму  
[Матфей 15,14]

Наше знание о системе всегда закреплено и представлено посредством того или иного информационного описания. И несмотря на то, что существует мнение о том, что сложную систему проще построить, чем описать (например, Интернет как система существует, однако подробное и всеобъемлющее ее описание отсутствует) научный, инженерно-технический прогресс немислим без развития процесса информационного описания существующих в природе и созданных человеком преобразований материи, энергии и информации.

В окружающем нас мире виды, формы и «языки» информационного описания объектов и их связей однозначно неопределенны, размыты, и строго не формализованы.

Это хорошо понимали еще в далекой древности. Приведем следующую выдержку из [33]: ... *Имя вещи мыслится неразрывно связанным с самой вещью, ее неотъемлемой частью. Каждая вещь – единый целостный комплекс, живой носитель конкретных отношений, от которого не абстрагируются отдельные элементы, в том числе имя. Имя не существует вне вещи, и совершая какие либо операции над именем, мы воздействуем на вещь, подчиняя ее нашей воле. Отсюда сила заговоров, заклинаний, отсюда стремление «первобытного» человека «засекретить» имена тех предметов, которые он считает нужным обезопасить от враждебного воздействия, тенденция к созданию тайных языков. На принципе взаимозамещаемости имени и вещи покоится вся словесная магия.* Это хорошо научились использовать СМИ в виде психолингвистического воздействия.

*И хотя греческая мифология не приписывает ни одному из своих персонажей подобных функций, само представление об «установителе имени»,*

«ономатотете», засвидетельствовано философами. Древнепифагорейское изречение гласит: «что мудрее всего? Число, а на втором месте тот, кто положил вещам имена»; не раз ссылается на это представление и Платон.

Согласно Демокриту, восприятие состоит в том, что атомы, движущиеся от воспринимаемой вещи, соприкасаются с атомами, движущимися от воспринимающего органа; стало быть всякое «подражание» требует, чтобы от «подражающего» органа исходило движение атомов, аналогичное воспринятому. И когда Демокрит говорил о становлении **звука семантическим**, не переносил ли он центр тяжести проблемы от звука, как акустического субъективного явления, на порождающее звук движение речевых органов, которое как движение способно было **воспроизвести воспринятое движение и тем самым его обозначить?**

Платон в диалоге «Кратил» пишет имена не являются орудиями познания вещей и что исследование имен бессильно помочь мысли, стремящейся к познанию «вечносущего». «Уподобление» звукового состава имени предмету всегда несовершенно; конкретное имя часто включает в себе «буквы», семантически не только соответствующие, но даже противоположные природе обозначаемого; тем не менее мы такие имена понимаем, и правильность их результат «договора». **Слова семантически лишь по «договору», что они не являются «орудиями» и не заключают в себе ничего «природного».**

Различие между языками усматривалось прежде всего в звуковом составе слов; семантический аспект считался повсюду одинаковым, поскольку **мышление, знаком которого является слово, повсюду едино** (Платон, Аристотель).

В результате античная теория фиксирует свое внимание главным образом на трех вопросах.

1. Соотношение между звуковым и семантическим аспектами слова – учение об этимологии. «Природа» или «произвольное установление»?



2. *Соотношение между системой грамматических категорий и семантикой слова – учение о «частях речи» и об «отклонении», с постановкой той же проблемы «природы» или «произвола».*
3. *Взаимосочетаемость слов, образующих предложение.*

То что хорошо знали «древние» ученые скромно умалчивают современные, когда **информационное описание системы подменяется той или иной математической моделью.**

**А затем все силы тратятся на исследование не системы, а свойств выбранной математической модели.**

Вопрос же адекватности математической модели информационному описанию сам по себе является проблемой и составляет предмет многих междисциплинарных исследований. Так, например, понятие числа для математика и программиста или понятие сигнала для связиста и музыканта отнюдь не одно и то же. Именно специфика информационного описания в медицине, экономике, социологии, политологии и др. не позволяет эффективно использовать математические модели, а также компьютерные программы типа STATGRAPHICS или MATLAB, которые лишь автоматизируют процесс вычислений, а результат в большей степени отражает используемую математическую модель, а не информационное содержание исследуемой предметной области.

Очень часто этот факт находится за гранью понимания пользователем-специалистом предметной области. Временные ряды – типа колебаний: инфляции, курса доллара или индекса Доу-Джонса по своей сути не стационарны, однако эксперты-аналитики строят свои прогнозы и рисуют графики используя программы пригодные только для анализа стационарных процессов.

Информационное общение на бытовом уровне речь, текст, образ, аудиовизуальное восприятие естественно и казалось бы не вызывает вопросов. Однако проблема строго научной формализации информационного описания имеет длительную историю. Приведем следующий текст из [34].

...Однако анализ даже простых образцов бытовой речи приводит к довольно сложным комбинаторным структурам на уровне семантического представления (см. рис.3.1, где приведено семантическое представление фразы «Косте удалось победить»). В исследовании оказываются запутанными проблемы анализа семантики и создания языка смыслов и собственно перевода в обе стороны. Неясно, какой максимальный уровень структурированности может быть достигнут и каково происхождение «неалгоритмизуемого остатка» является ли он следствием исторических случайностей и прихотливости естественного языка или есть более глубокие причины его существования.

Некоторый свет на этот вопрос проливает попытка рассмотреть упрощенные варианты описанной программы как бы модели «смысл - текст».

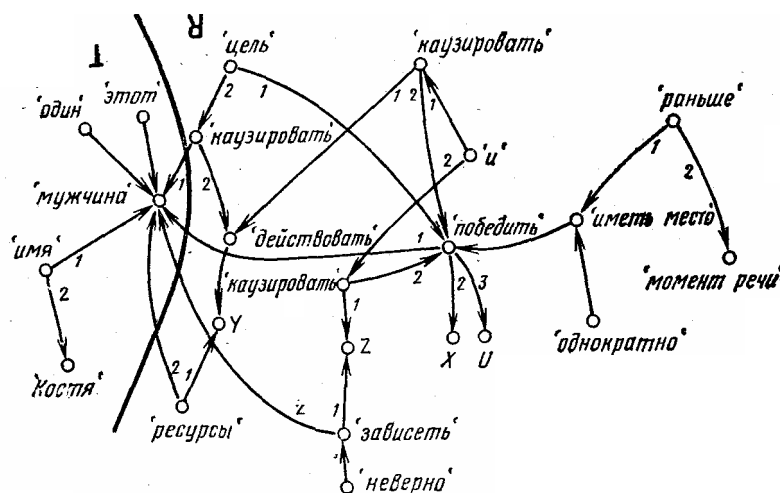


Рис. 3.1.

В частности, удобно выбрать такую ограниченную область смыслов, чтобы ее семантическое представление имело возможно более простую и фиксированную структуру. Выберем в качестве этой области «натуральные числа», семантически представляя их последовательностями палочек: I, II, III, IIII, ..., История ее представления средствами естественных языков относится к описательной лингвистике; одновременно она доставляет ценные свидетельства о ранних стадиях математического мышления.

*В частности, «предматематический» период отражен в следующих чертах системы названий чисел в различных естественных языках.*

*В некоторых примитивных языках имеются названия лишь для малых натуральных чисел, остальные обозначаются единым словом «много». Так, в папуасских языках Генде, Кати, Каморо имеется два собственно числительных 1 и 2, далее до 20 счет идет по пальцам рук и ног, на 20 натуральный ряд «кончается». Разумеется, система  $\{1, \dots, 20, \text{много}\}$  может быть без труда оформлена как непротиворечивый «малый универсум» математики. Более того, такой и аналогичные натуральные ряды заново рассматриваются в одной из школ оснований математики («ультраинтуиционизм») на равных или даже преимущественных правах со стандартным натуральным рядом классической математики. Однако нельзя переоценивать значения этого рафинированного возвращения сознания к архаичным стадиям и отказываться от могущественной идеи потенциально или даже актуально бесконечной продолжимости ряда целых чисел.*

*В некоторых языках сохранились разные серии названий числительных для счета предметов разной природы (длинных, круглых, одушевленных, неодушевленных и т.п.). Это свидетельствует о долгом периоде формирования идеи о, числе как об инструменте, пригодном для счета «чего угодно». Сознание человека довольно долго не было готово к объединению в один «класс эквивалентности» произвольных (хотя бы и малых конечных) равноможных множеств; эта же идея в применении к бесконечным множествам стала достоянием математики лишь после работ Г. Кантора. Следы таких разных типов счета сохранились в современном китайском языке, где хотя и имеется единая система числительных, но она дополняется развитой системой счетных частиц, употребляемых с существительными разных классов типа *kuaì* («кусок»), *ge* («штука»), *ben* («корешок») и т. д.*

*В ряде языков отмечается различие корней, от которых образуются соответствующие порядковые и количественные числительные (ср. *ipso/primo*, *duo/secundo* в латыни). В этих свидетельствах можно усмотреть весьма*

*раннее зарождение идеи порядка (в отличие от идеи количества), оформившейся в качестве самостоятельного математического понятия удивительно поздно («кардиналы» и «ординалы» Кантора и структуры порядка Н. Бурбаки).*

*Первые дошедшие до нас тексты (Вавилон, Египет) отражают уже картину развитых математических знаний, в частности, зарождение языка математических обозначений, достаточно четко отдаленного от естественного языка. Основное место в нем занимает система обозначений чисел и операций над ними. Предыстория позиционной системы обозначений современного типа основана на идее счета все более крупными единицами. Эти единицы могут быть степенями одного и того же числа (основание позиционной системы), но это не обязательно. Так, в хронологической системе майя единицы счета суть 1, 18, 360 и далее 18, 20 (ср. следы архаического счета двадцатками во французских числительных типа *quatrevingt six*) Число единиц очередного разряда обозначается специальным символом, который в начале может зависеть и от номера разряда (у египтян, греков, римлян). Когда этот символ перестает зависеть от номера разряда и последний определяется лишь положением символа в цепочке, для недвусмысленного прочтения записи становится необходимым символ нуля. Его появление задерживается довольно надолго; к концу вавилонской традиции отсутствие единиц данного разряда отличается нулем лишь в середине записи. Идея о том, что символ нуля является не просто значком, но обозначением самостоятельного числа, имеет еще более позднее происхождение и приписывается индусам, у которых она была заимствована европейской математикой под арабским влиянием. Сама позиционная запись содержит уже зачатки теории алгебраических операции над числами: прочтение записи требует умножения единицы очередного разряда на число этих единиц и сложения результатов. Правила выполнения действий над целыми числами в*

позиционной записи были даны аль-Хорезми<sup>6</sup> имя которого фонетически трансформировалось в **современное слово алгоритм**.

На этом уровне система названий чисел в естественном языке перестает быть лингвистическим материалом: «тысяча девятьсот восемьдесят четыре» есть собственно название десятичной записи 1984, а не числа, изображаемого этой записью, т. е. некоторое вторичное явление. (Число 1000 в двоичной записи психологически трудно прочесть, «восемь» воспринимается сейчас скорее как имя цифры, чем имя числа.) Поэтому откажемся от рассмотрения наименований чисел в естественном языке и попытаемся представить себе характерные черты любой мыслимой системы наименований: десятичной, двоичной или даже не обязательно позиционной. Очевидно, минимальные требования должны быть такими: наименования должны быть конечными текстами; способ восстановления числа по наименованию должен быть вычислимой функцией, т. е. задаваться алгоритмом. Если бы дело этим ограничивалось, нечего было бы заменять наименования I, II, III, ... другими. Позиционная система реализует фундаментальное открытие: число  $N$  можно записать  $\sim \log N$  знаками вместо палочек: даже очень большие числа имеют короткие записи. Смысл записи воплощен в алгоритме ее переработки в последовательность палочек. **Правила аль-Хорезми суть алгоритмы переработки записи двух чисел в записи их суммы и произведения.**

Но тогда в качестве **модели системы** наименований чисел мы можем взять любую вычислимую функцию  $f$  от натуральных чисел (вспомним, что тексты можно заменять их номерами Геделя), принимающую все натуральные значения. Оставив в стороне вычислимость операций, сосредоточимая, **на идее экономии**: нас интересует функция  $f$ , такая» чтобы

---

<sup>6</sup> Хорезми, Мухаммед бен Муса—узб. математик и астроном IX в. Автор арифметического трактата, алгебраического труда «Книга о восстановлении и противопоставлении» и, др. (Прим. ред.) .

имя  $n$  каждого числа  $N$ , т. е. значение аргумента  $f$ , для которого  $f(n) = N$ , было настолько малым, насколько это вообще возможно (в двоичной записи числа « $10^{10^{10}}$  (1000 раз)» очень много, бит, но мы сумели записать его совсем коротко. Как доказал А.Н. Колмогоров, такие функции  $f$  существуют и могут быть построены явно: каждая из них позволяет назвать число  $N$  настолько коротким именем, насколько позволяет любая другая система наименований, возможно, с потерей некоторого числа бит, зависящего от  $f$  и  $g$ , но не от  $N$ .

Однако это условие неизбежно влечет за собой следующие свойства функции  $f$ . В любой оптимальной системе наименований

а) Каждое число имеет бесконечно много наименований,

б) Не все целые числа  $n$  являются наименованиями: функция  $f$  лишь частично рекурсивна, но не общерекурсивна, и не может быть продолжена до общерекурсивной.

в) Восстановление числа по его наименованию в оптимальной системе требует работы сложного алгоритма: оптимальные функции строятся с помощью универсальных вычислимых функций, которые в некотором смысле настолько сложны, насколько это вообще возможно.

г) **Проблема отыскания по числу его наиболее короткого наименования** алгоритмически неразрешима: анализ большого числа на предмет обнаружения структурированности, позволяющей назвать его коротко, есть творческая задача.

Сопоставим этот список свойств оптимальной системы наименований чисел со следующими свойствами естественного языка:

А. Обилие синонимии: каждый смысл может быть выражен огромным количеством текстов на естественном языке. (Для фразы «Смит не сумел перевести этот текст только из-за того, что в нем оказалось много специальных терминов» имеется более миллиона перефразировок.)

Б. Открытость языка: на каждый момент времени не все грамматически правильные тексты осмыслены. (Эта краткая констатация нуждается в тщательном обсуждении. В модели «Смысл - Текст»

полагается, что любой. правильный текст может быть переведен в правильный текст на языке смыслов, но среди последних есть «бессмысленные» в неформальном понимании этого слова: интересующая нас категория, стало быть, переводится на другой уровень.) Эта открытость естественного языка является исключительно важным резервом его творческого использования не только в поэзии и философии, но и в науке. Для выражения вновь возникающего смысла может быть использован ранее неосмысленный текст («волна вероятности» в квантовой механике или более прозаический «пакет молока»). Еще интереснее факты рождения нового смысла из ранее неосмысляемых, хотя и грамматически допустимых языковых выражений (поэтические метафоры; континуальные интегралы Фейнмана).

*В. Перевод «Текст - Смысл» требует многоступенчатой работы системы сложных алгоритмов, выявляющих огромную структурированность языковых конструкций.*

*Г. Во всех разработках перевод «Смысла Текст» оказывается еще гораздо более трудным, чем обратный.*

*Сопоставление свойств а)–г) и А. — Г. показывает их удивительный параллелизм. Это побуждает высказать гипотезу о том, что многие черты естественных языков, обычно относимые за счет исторических случайностей, хотя бы частично отражают свойства экономичности языка. - его возможности кратко выразить сложный смысл, который такое выражение вообще допускает. Обилие синонимических способов выражения и бессмысленных текстов кажется противоречащим этой гипотезе, но если считать нашу модель адекватной, то это обилие парадоксальным образом оказывается неизбежным следствием экономичности...*

Автор этого текста математик исследовавший проблему доказательств существования невычислимых функций и алгоритмически неразрешимых задач [34].

Но этот же вывод был сделан еще раньше историком Дж. Тойнби «...В истории письменности наблюдается не только соответствие между

*развитием техники письма и упрощением формы, но и эти две тенденции фактически тождественны друг другу, поскольку вся техническая проблема, которую должно решить письмо как фиксатор, посредник человеческой речи, - это отчетливая репрезентация широчайшей сферы человеческого языка с максимальной экономией визуальных символов, т.е. **этерификация** – есть закон прогрессирующего упрощения...».*

Эти казалось бы далекие друг от друга предметные области приводят к единому подходу в развитии информационных представлений.

Компьютерная технология резко интенсифицировала все количественные характеристики информационного представления - передача, накопление и обработка данных, сигналов и привела к новым качественным возможностям обработки информационных потоков.

### 3.1. Коммуникационный аспект информационных потоков

Мы будем рассматривать информационные потоки (ИП) в их коммуникационном аспекте то есть любой ИП включает в себя **источник, носитель и приемник-потребитель** информации с точки зрения ее адекватного восприятия семантико-смыслового понимания информационного сообщения. Информационные потоки в сети интернет уже привели к проблеме “Вавилонской башни ...”.

Рассмотрим в общем виде следующую постановку проблемы – фильтрации в общем виде хаотических информационных потоков : в наличии имеется объект типа “черный ящик”, на вход которого подается информационный поток рис.3.2.

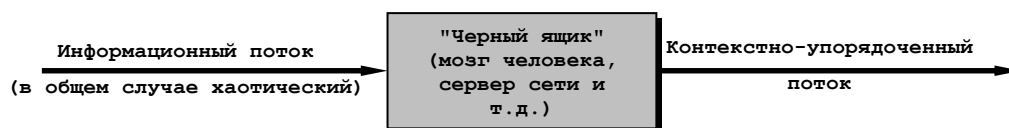


Рис. 3.2. Фильтрация информационных потоков



Одно из используемых направлений фильтрации связано, например, с использованием стандартов типа PAL, SECAM, NTSS, IP-телефония ISDN и др. Другой подход связан с использованием понятия спецификации искомой информации (возможно очень приблизительно; точное задание спецификации подразумевает владение искомой информацией, отсутствие же спецификации – запросы типа: “принеси то, не знаю что”).

Воспользуемся методологией системного подхода при исследовании основных свойств информационного потока. Тогда применимы и классические подходы используемые в теории систем. В наиболее общем виде это задача фильтрации ИП: требуется найти такой **коэффициент передачи “черного ящика”** - фильтра, чтобы из хаотического потока данных выделить контекстно упорядоченную адекватно воспринимаемую информацию.

Отметим, что “черный ящик” вовсе не обязательно человек. Так, во многих поисковых системах сети Интернет роль “черного ящика” играют специальные программы (т.н. поисковые роботы), которые периодически просматривают заголовки заявленных Web-сайтов и соответствующим образом расширяют и корректируют свои базы данных и знаний - в соответствии с идеей ассоциативно согласованной фильтрации.

## **3.2. Классификация информационных структур**

### **3.2.1. Определение коммуникации**

В общем виде информационная структура представляет собой связанное множество фактов. Заметим, что под **информацией** будем понимать ее конкретные проявления - факты, данные, текст и т.д. Вообще говоря, исходное понятие информации было связано лишь с возможностью принятия решения «да» или «нет», и три бита информации означали возможность одного из восьми возможных путей выбора.

В данной классификации ИП рассматривается как единое целое состоящее из трех независимых составляющих: **материи, энергии** и

**информации** рис.3.3. Однако ввиду специфики процесса формирования, распространения и фиксации ИП мы будем рассматривать лишь проекцию пространства **материя-энергия-информация** на плоскость **материя-энергия**, то есть будем рассматривать информацию **только в аспекте ее физических носителей**:

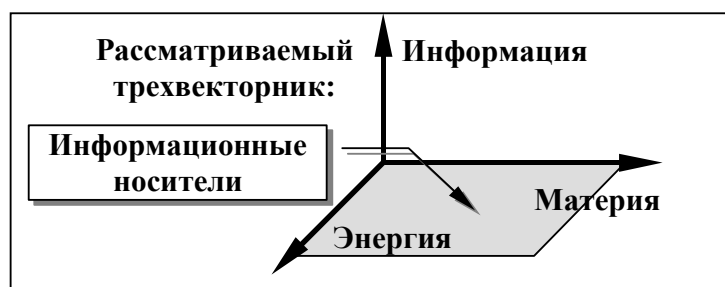


Рис.3.3. Рассмотрение информации в аспекте физических носителей

Следует отметить, что для этих 3-х координат весьма легко указать связи между компонентами базиса. Так, материя и энергия связаны между собой известным соотношением  $E=mc^2$ , а связь энергии и информации следует из принципа **Forced Technology – High tech/High touch**, по терминологии [35] т.е. при переходе от индустриального общества к информационному к замене **энергетических технологий информационными**.

Этот информационный принцип управления: энергетическими сетями, большими и сложными системами методом «одного контакта», а проблема безопасности передачи сигнала - информации для управления при использовании информационных технологий разрывает непосредственно трансформацию энергетических потоков от информационных.

Сигнал, данные, текст, музыка и прочее лишь различные формы материальных носителей информации, средство переноса информации в пространстве и времени.

Как данные, так и сигнальный поток имеют **носители** (некую физическую субстанцию), причем данные могут иметь ту же природу, что и сигналы (вспомним, например, передачу данных между программами в

многозадачных операционных системах, или же обмен данными в сети Интернет).

**Магия**, как и прочие оккультные науки, основана и привлекает именно **неопределенностью носителей** [36].

Разумеется, рассматривая сигнальный поток между двумя объектами, мы должны обязательно потребовать совпадения информационных полей, в которых производится прием и передача сигналов. В противном случае мы рискуем оказаться в положении человека, пытающегося прослушать радиопередачу, прижавшись ухом к мачте радиоантенны – **несовпадение информационных полей, очевидно, не позволяет организовать адекватное восприятие.**

Однако и это еще не все. Сигналы должны быть согласованы в одном поле, в противном случае мы опять упираемся в проблему “Вавилонской башни” - как два объекта смогут обменяться информацией, если один объект не понимает «языка» другого?

Необходимость жесткого согласования частот приемника и передатчика при радиосвязи.

Необходимость жесткого согласования протоколов передачи данных при организации цифровой связи по модему.

**Коммуникация – согласованная связь между источником и потребителем информационных сообщений**, принимающими и передающими объектами. На рис.3.4. приведена цепочка такого взаимодействия информационных объектов.

Информационный поток-сообщение имеет смысл рассматривать только на ее конкретных носителях это и предопределяет возможность организации информационного взаимодействия на различных уровнях формирования сигналов – информационных сообщений. Кроме единства поля и «языка», на котором происходит передача информации, у разных информационных носителей (например, людей) разным понятиям языка могут соответствовать разные ассоциативные поля, приводящие в итоге к совершенно разным

семантико-смысловым пониманием одного и того же информационного сообщения. В принципе этот факт и используется для потенциально недешифруемых систем передачи данных.

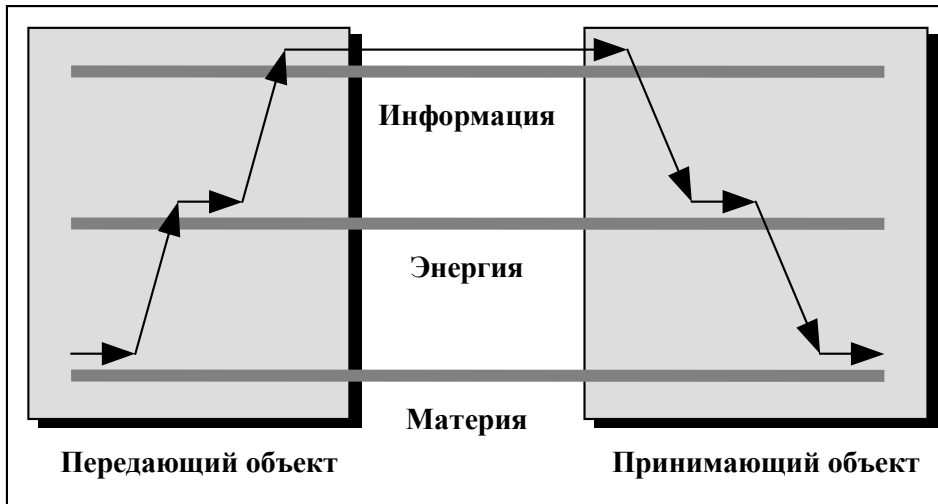


Рис.3.4. Коммуникация как согласованная связь

Например, перехват радиотелефонных разговоров русско, англоязычной аудиторией на чеченском языке.

Проблема адекватного восприятия информационного содержания проявляется, в частности, в невозможности создать универсальный автоматический переводчик с одного языка на другой, дающий однозначный перевод текста (то есть обеспечивающие инвариантность смысла относительно языка) **ввиду отсутствия универсального ассоциативно-семантического поля**, на которое данный переводчик – транслятор мог бы быть ориентирован, так как **семантическое поле всегда объектно и предметно ориентировано**.

Перейдем непосредственно к классификации информационных структур. Мы будем различать следующие пять уровней развития информационных структур. Отметим, что для всех типов структур существует как бы два рассмотрения, два принципиальных подхода: статический, когда мы рассматриваем структуру в какой-то фиксированный момент времени в фиксированном состоянии, и динамический, когда момент времени и конкретное состояние информационной структуры не фиксируется и мы наблюдаем (представляем себе) структуру в процессе ее непрерывного развития, в ее динамическом «живом» состоянии.

### 3.2.2. Структура первого уровня

Структура I - уровня представляет собой неупорядоченную совокупность объектов посредством измерения их характеристик, например, набор фактов (простейший пример – неупорядоченная база данных). Какие либо связи между фактами практически не прослеживаются, отношения следования и причинно-следственные цепочки не заданы рис.3.5.

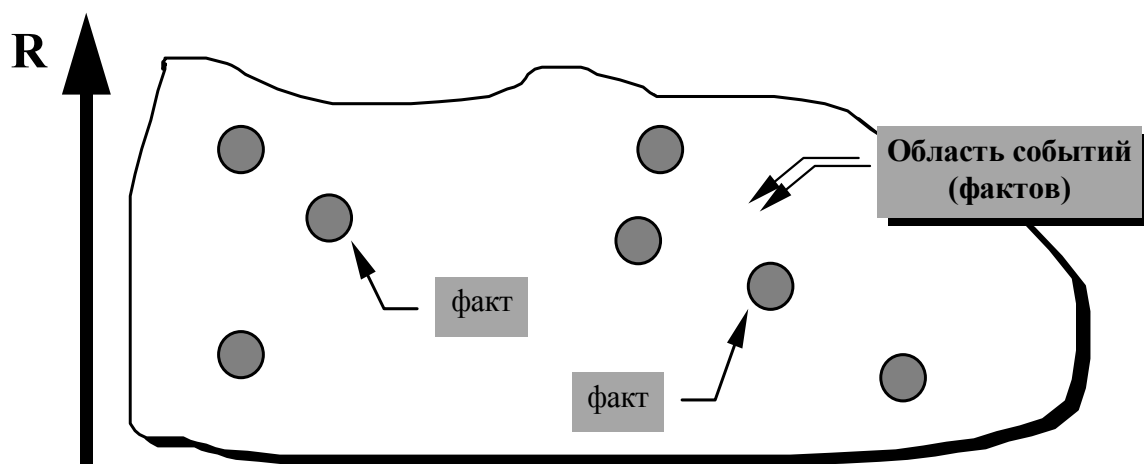


Рис.3.5. Структура первого уровня

Это начальная стадия формирования сведений об окружающей среде.

Для структуры первого уровня статический и динамический подходы тождественны, так как структура первого уровня, очевидно, не может развиваться без постоянного вмешательства извне (добавление новых фактов).

В качестве примера приведем таблицу из [37], где перечислены объекты солнечной системы и их характеристики, а поиск математических соотношений и приводит к построению более сложных информационных структур.

1	2	3	4	5	6	7
(11)	224,5	Плутон	248,9	38,80		39,65
(12)	137,4	Нептун	164,7		30,77	30,07
1	84,01	Уран	84,01	19,60	17,80	19,19
2	51,38					
3	31,43	Сатурн	29,46	10,0	10,30	9,539
4	19,22					
5	11,76	Юпитер	11,86	5,20	5,962	5,203

6	7,190	Астероиды			3,451	2,1-4,3
7	4,40	-«-		2,80		-«-
8	2,690					
9	1,645	Марс	1,881	1,60	1,997	1,524
10	1,006	Земля	1,0	1,0	1,156	1,0
11	0,6154	Венера	0,6160	0,70	0,6687	0,7230
12	0,3764					
(13)	0,2302	Меркурий	0,2409	0,40	0,3870	0,3870

Столбец 1 номер ступени, столбец 2 – некая характеристика в годах, столбец 3 – названия планет, столбец 4 – сидерические периоды планет в годах, столбец 5 – числовой ряд И.Д. Тициуса, столбец 6 – числовой ряд Д.Е. Ричардсона, столбец 7 – истинные значения планетных орбит.

*Проблема математической гармонии Солнечной системы волновала многих известных ученых. Ею занимались И. Кеплер, И.Д. Тициус, И. Боде, Д.Е. Ричардсон и др. В частности, в 1766 г. И.Д. Тициус сформулировал правило построения числового ряда, приблизительно описывающего распределение выраженных в астрономических единицах расстояний планет от Солнца. Данное правило, которое впоследствии стало называться «правилом Тициуса-Боде», благодаря заслугам последнего в его популяризации, обычно записывается в виде формулы  $a_n = 0,3 \times 2^n + 0,4$ , при  $n = -\infty, 0, 1, 2, \dots$  В этом ряду при его открытии имелась одна вакансия (при  $n=3$ ), и И.Д. Тициус выдвинул предположение, что ее должна занимать какая-то неизвестная планета. Через некоторое время было обнаружено, что на данном расстоянии от Солнца находится целый пояс малых «планет» – астероидов. Когда были открыты Уран (1781 г.) и Плутон (1930 г.), оказалось, что расстояния их орбит от Солнца неплохо согласуются с расчетными. А вот Нептун (открыт в 1846 г.) не вошел в названный ряд, хотя предполагалось, что именно он займет в нем расчетное место вслед за Ураном. Тем не менее, большие прогностические возможности данного правила, по сути во многом стимулировавшего все эти открытия, несомненны.*

*В 1945 г. Д.Е. Ричардсон предложил использовать для описания планетарных расстояний числовой ряд, имеющий вид геометрической*

прогрессии со знаменателем 1,728. В этот ряд также входит величина, соответствующая поясу астероидов, но величина, соответствующая Плутону, отсутствует. Таким образом, правило Тициуса –Бодде и открытие Д.Е. Ричардсона как бы дополняют друг друга, описывая по отдельности орбиты Плутона и Нептуна.

Структура первого уровня – начальная стадия формирования сведений связывая имена объектов с их свойствами, характеристиками отражена на (измеренными) и представленными в виде числа как абстрактного математического объекта R.

### 3.2.3. Структура второго уровня

Представляет собой структуру I уровня вместе с выводами, проистекающими из нее. Вводится новая операция **временного следования** (не причинного). Таким образом, знания II уровня представляют собой факты упорядоченные по времени рис.3.6.

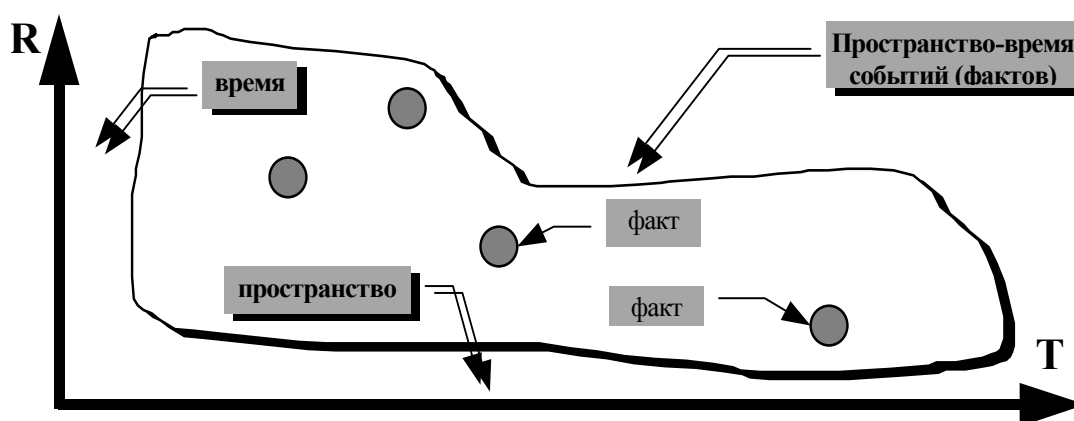


Рис.3.6. Структура второго уровня

Пример II уровня: исторические события, временные ряды.

Для структуры II уровня статический и динамический подходы также тождественны так как структура II уровня не может развиваться без вмешательства извне, то есть не способна генерировать новые факты.

Расширение структуры второго уровня составляет временная последовательность между фактами – данными.

Сигнал как временная последовательность амплитуд колебаний электромагнитного поля в звуковом диапазоне воспринимается как музыка только интеллектом человека, но отнюдь не компьютерными мультимедийными технологиями.

### 3.2.4. Структура третьего уровня

Представляет собой структуру II уровня с введенными причинно-следственными связями, что приводит к качественным изменениям рис.3.7. Информационно структура III уровня качественно значительно более совершенна.

*В самом деле, факты, упорядоченные причинно-следственными связями, а также построенные на их базе функциональные связи и отношения представляют собой факты, события более высокого порядка*

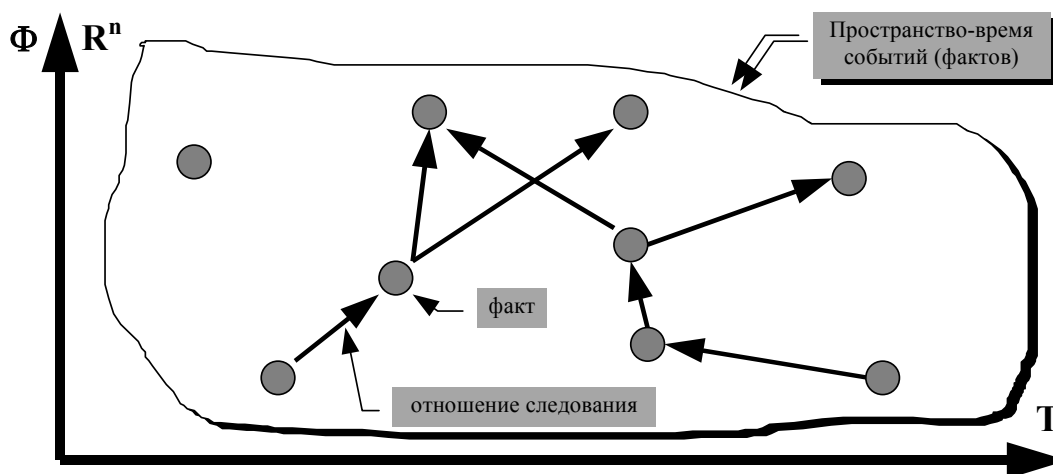


Рис.3.7. Структура третьего уровня

Примеры III-го уровня: системы счисления, уравнения, сети Петри, системы логических исчислений, в том числе типа “если-то”. Динамика структуры III уровня уже нетривиальна. Структура III уровня, очевидно, изоморфна некоторому счетному автомату, а наиболее развит математический



аппарат функционального анализа в  $n$  мерных пространствах  $\Phi(\mathbb{R}^n)$ . Следовательно, она **не способна сгенерировать себя и является предсказуемой структурой.**

К структурам **III** – го уровня относятся и компьютерные программы а также реляционные СУБД, электронные таблицы в том числе и  $n$ - мерные.

В динамике структура **III** уровня непрерывно развивается (представим себе конечный автомат, формирующий новые правила в дополнение к существующим и на их основе), что при отсутствии вмешательства извне приводит к построению замыкания такой структуры (исчерпание возможностей развития, возникновение парадоксов).

Известный логический парадокс лжеца (формальная логика, очевидно - ярчайший пример структуры **III** уровня).

*В самом деле, утверждение «я лгу» в пространстве формальной логики мгновенно приводит нас к парадоксу, безусловно, выходящему за ее пределы.*

Заметим, что традиционное человеческое мышление (формально интеллект как таковой, без ассоциативных и интуитивных компонент) представляет собой структуру **III** уровня. “Мышление” ЭВМ также представляет собой структуру **III** уровня, подобную человеческому интеллекту в этом по видимому и состоит удивительная адекватность абстрактных математических теорий эмпирическим фактам окружающей среды. Однако, очевидное качественное (принципиальное) превосходство разума человека над “разумом” ЭВМ позволяет предположить, что человеческое **сознание** (как компонента разума) есть структура более высокого порядка.

### 3.2.5. Структура четвертого уровня

Четвертый уровень – это структурная иерархия. Естественный параметр такой иерархии – масштаб времени. Так исследования: исторических фактов требует единицу измерения в веках, а процессов в ЭВМ – в пико-нано секундах, анализ физических процессов происходит на макро- микро уровнях.

Организация иерархической структуры и обеспечивает эволюцию как создание не **связанных информационных полей**. Содержание которых может интегрироваться только через идентификаторы – ссылки.

Иерархия потенциально устойчивых «подсистем» с приблизительно одинаковой шириной на каждом уровне, скажем  $S$ , то можно ожидать, что время, требуемое на образование каждой подсистемы, будет приблизительно одинаковым на каждом уровне, то есть пропорционально величине  $1/(1-p)^S$ . Время же, нужное для сборки системы из  $n$  элементов, окажется пропорционально  $\log_s n$ , то есть числу уровней системы

В социальных системах, так же как в физических, обычно имеются пределы возможностей одновременного взаимодействия между большим числом подсистем, что также приводит к необходимости введения иерархий.

### 3.3. Иерархии

Мы используем определения, приведенные в [38].

Пусть  $E$  – множество из  $n$  элементов,  $P(E)$  – множество всех подмножеств  $E$  и  $P(E)$  – структура разбиений, определенная отношением порядка  $P < Q$ . Пусть СН – полная цепь в структуре  $P(E)$ , т.е. цепь от наиболее точного разбиения  $P_n$  из  $n$  элементов до самого грубого  $P_1=E$ . Тогда мы можем дать два эквивалентных определения иерархии.

#### Определение 1.

Иерархия есть множество классов разбиений, составляющих полную цепь, содержащую в частности само множество  $E$  и подмножество, образованное элементами из  $E$ . Путь от яруса  $k$  к ярусу  $k-1$  СН соответствует объединению двух классов. При этом несколько классов могут быть пропущены. Таким образом, классы из  $Q$  представляют собой классы или объединения классов из  $P$ . Это приводит к другому определению.

#### Определение 2.

Иерархия есть подмножество  $H$  множества  $P(E)$  такое, что

(1)  $E \in H$

(2) Если  $x$  и  $y$  элементы из  $E$ , то  $\{x\}, \{y\} \in H$

(3) Если  $h$  и  $h'$  элементы  $H$ , то либо  $h \cap h' = \emptyset$ ,  $h \cap h' \neq \emptyset$ , в случае  $h \subset h'$  или  $h' \subset h$

**Пример** Если  $E = \{a, b, c, d, e, f\}$ , то иерархия образуется подмножествами  $\{a\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{e\}, \{f\}$  с  $h_1 = E, h_2 = \{a, b, c, d\}, h_3 = \{e, f\}, h_4 = \{a, b, c\}$  (рис. 3.8).

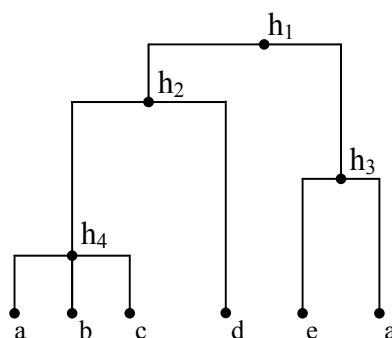


Рис.3.8.

### 3.4. Ультраметрия и кластеризация.

Частичный порядок элементов иерархии может быть установлен согласно отношению включения. Строгий порядок может быть установлен последовательной редукцией цепи СН. В общем случае одна и та же иерархия может определяться несколькими различными цепями, так в примере рис.3.8. возможны три цепи СН1, СН2 и СН3 с узлами, пронумерованными 0,1,2,3,4:

СН1	$a, b, c, d, e, f$	$abc, d, e, f$	$abc, d, e, f$	$abcd, ef$	$abcdef$
СН2	$a, b, c, d, e, f$	$abc, d, e, f$	$abcd, e, f$	$abcd, ef$	$abcdef$
СН3	$a, b, c, d, e, f$	$a, b, c, d, ef$	$abc, d, ef$	$abcd, ef$	$abcdef$
	0	1	2	3	4

Два элемента  $E$  встречаются в одном подмножестве для данного узла СН, приведенного разбиения  $E$ . В данной цепи номера узлов характеризуют каждую пару элементов из  $E$ . Далее мы покажем как они могут использоваться для специфического определения расстояния.

### 3.4.1. Ультраметрическое расстояние.

Если  $i, j$  и  $k$  любые три элемента множества  $E$ , то ультраметрическое расстояние  $\delta$  определяется как функция  $E \times E$  в  $R^+$  следующим образом:

$$\begin{aligned}\delta(i,i) &= 0 \\ \delta(i,j) &= \delta(j,i) \\ \delta(i,j) &\leq \max[\delta(i,k), \delta(j,k)]\end{aligned}\quad (3.4.1)$$

Отношение (1) сильнее чем неравенство треугольника

$$\delta(i,j) \leq \delta(i,k) + \delta(j,k) \quad (3.4.2)$$

Таким образом, если (3.4.1) выполняется, тогда выполняется и отношение (3.4.2), но обратное не верно не всегда.

Расстояние между элементами  $E$  посредством цепи разбиений, которое очевидно является ультраметрическим расстоянием в только что указанном смысле. Также очевидно, что в соответствии с порядком, задаваемым цепью СН можно определить множество ультраметрических расстояний. При этом необходимо помнить, что одна и та же **иерархия может закрываться несколькими цепями.**

С другой стороны при заданном ультраметрическом расстоянии можно построить **индексированную иерархию.**

### 3.4.2. Ультраметрическое пространство.

Ультраметрическое пространство есть пара, образованная множеством  $E$  (конечным или бесконечным) и ультраметрическим расстоянием  $\delta$ . В таком пространстве все треугольники являются равнобедренными или равносторонними основанием меньшим или равным одинаковым сторонам. Обратно, если обобщенное «расстояние» для любой пары элементов множества  $E$  таково, что все треугольники обладают этим свойством, то это расстояние обладает ультраметрическим свойством.

Пусть  $B$  есть сфера с центром  $i$  и радиусом  $r$ ,  $j$  – внутренняя точка и  $k$  – точка поверхности. При этом  $\delta(j,j) \leq r$ ,  $\delta(i, k)=r$ . Для триплета  $(i, j, k)$  имеем

$\delta(j,k)=r$ . Это означает, что любая точка равноудалена от всех точек сферы, или что **любую внутреннюю точку можно считать центром сферы.**

Аналогичным образом можно показать, что если две сферы имеют общие точки, то одна из сфер включает другую, что становится очевидным, если принять общую точку в качестве центра каждой сферы.

Пусть  $h$  обозначает множество точек сферы. Все эти точки расположены эквидистантно. Если точка  $j$  не принадлежит  $h$ , тогда она равноудалена от всех точек  $h$  на расстояние больше, чем  $r$ . Таким образом,  $h$  есть элемент иерархии  $H$ , определяемой по ультраметрическому расстоянию. Мы можем использовать этот результат в алгоритме построения  $H$  и  $\delta$ .

*Шаг 0.* Установим таблицу  $\Delta$  триплетов ультраметрических расстояний между элементами  $E$ .

*Шаг 1.* Найдем элементы  $h_i \dots h_k$ , для которых эти расстояния наименьшие (и равные, в случае пары элементов). Заменяем их на  $h_m$ . Пересчитаем расстояния между  $h_m$  и другими элементами  $h_j$ :

$$\delta(h_m, h_m)=0 \quad \delta(h_m, h_j)=\delta(h_i, h_j)$$

*Шаг 2.* Если в  $\Delta$  более одного столбца, повторим шаг 1, в противном случае конец.

**Пример** Согласно рис. 3.8. таблицы строятся в следующей последовательности.

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
<i>a</i>	0	1	1	3	4	4
<i>b</i>		0	1	3	4	4
<i>c</i>			0	3	4	4
<i>d</i>				0	4	4
<i>e</i>					0	2
<i>f</i>						0

	<i>h<sub>4</sub></i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
<i>h<sub>4</sub></i>	0	3	4	4
<i>d</i>		0	4	4
<i>e</i>			0	2
<i>f</i>				0

	<i>h<sub>4</sub></i>	<i>d</i>	<i>h<sub>3</sub></i>
<i>h<sub>4</sub></i>	0	3	4
<i>d</i>		0	4
<i>h<sub>3</sub></i>			0

	<i>h<sub>4</sub></i>	<i>h<sub>3</sub></i>
<i>h<sub>2</sub></i>	0	4
<i>h<sub>3</sub></i>		0

	<i>h<sub>1</sub></i>
<i>h<sub>1</sub></i>	0

Определение ультраметрических расстояний позволяет нам строить иерархии и формировать последовательность разбиений с разрешением, **уменьшающимся в структуре разбиений** вдоль цепи СН, т.е. производить **классификацию с различной точностью.** Далее остается найти такое

ультраметрическое расстояние, которое соответствует рассматриваемой проблеме классификации. Поскольку в общем случае данные содержат расстояния, понимаемые в обычном смысле, то требуется получить ультраметрическое расстояние (ввести ультраметрию), адекватную обычному расстоянию.

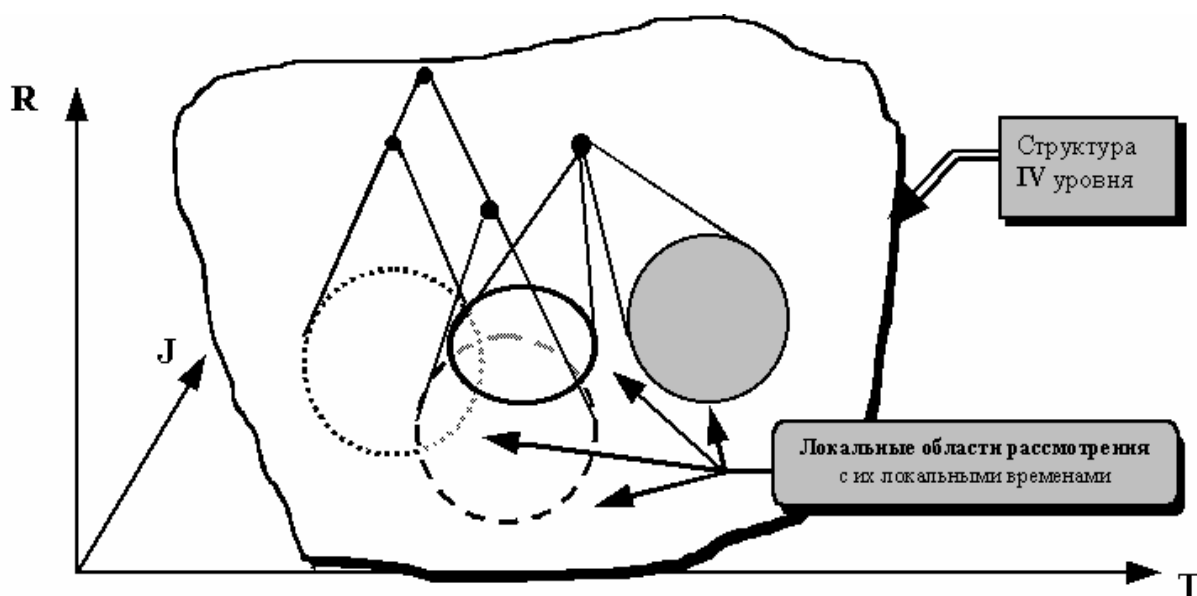


Рис.3.9. Структура четвертого уровня

Для структуры **IV** уровня ввиду масштабируемости динамика становится основополагающим свойством (так как без учета динамики структура **IV** уровня является лишь полной глобальной структурой **III** уровня). Структура **IV** уровня обладает также очень важным принципиальным свойством: она может **создать сама себя – объекты фракталоподобного типа** и применительно к ней вполне уместны такие понятия как “размытые”, неопределенные интервалы измерений, субъективно-интуитивные критерии сравнения типа “нравится”, “похожий”, “красивый” при принятии решений.

Одним из примеров и моделью дискретной структуры **IV** уровня является социум в динамике - сетевая структура с распределенными и спонтанными информационными потоками.

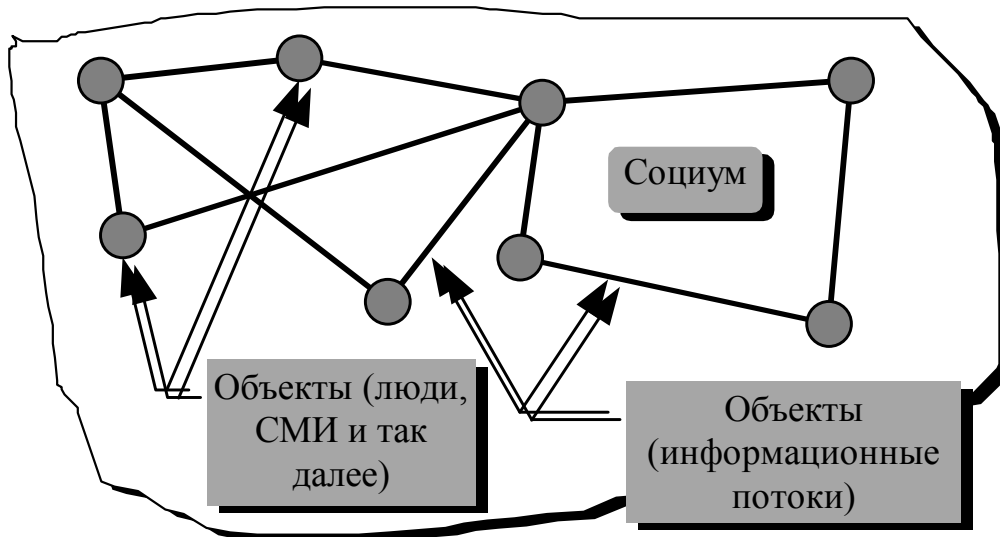


Рис.3.10. Социум как структура четвертого уровня

При этом и конкретные объекты (люди, компьютеры, СМИ), составляющие социум, и информационные потоки между ними являются структурами **III** уровня. Это связано с тем, что построение каких либо прогностических моделей основано на понятие функциональной “близости” которое разрывается при переходе с одного иерархического уровня на другой. Элементарный пример иерархии - системы счислений – **“близость” – чисел разных разрядов не сопоставимы.**

Информационные описания фракталоподобного типа посредством самоподобных рекурсивных процедур были подробно рассмотрены в [39].

### 3.5. Структура пятого уровня. Концептуальная иерархия

Структура **V** уровня представляет собой структуру **IV** уровня с ведением понятия **развития** и **возвратного воздействия** [40] или в частном случае понятием рефлексивности используемое Соросом “двухстороннюю связь между настоящими решениями и будущими событиями я называю рефлексивностью” [3] или Тойнби этот же механизм назвал Вызов-Ответ [30]. То есть в такой структуре существует бесконечно много параллельных реальностей каждая со своим течением времени, которые могут сливаться вместе или, напротив, разделяться. На **рис.3.11** нижний эллипс представляет собой все множество

прошедших (параллельно в разных временах) событий, которые могли привести к данному событию «в настоящий момент», т.е. влияние отдаленных событий, как информационный конус – чем ближе к **настоящему тем сильнее влияние**. Произвести какое-либо дискретное разделение не представляется возможным, соответственно предлагается ввести на нижнем эллипсе вероятностное распределение. Получаем вероятностное прошлое («данное прошлое верно с такой-то вероятностью»). Рассуждая аналогично, получаем вероятностное настоящее и вероятностное будущее.

Этот процесс представленный на рис.3.11 как бы отражает невозможность прогнозирования будущего так как любой “луч” – информационный поток прошлого влияет через конкретное действие в настоящем на любое событие в будущем. Однако как из “зерна” пшеницы не рождается “помидор” так и длительное целенаправленное управление информационным потоком формирует строго прогнозируемое поведение через формирование семантико-ассоциативных полей. *Религии, учения Компанелы, Маркса, Дианетика – примеры построения концептуальных информационных структур.*

Государственная коррупция (воровство) в России предопределено спецификой информационного поля. *Несанкционированное прослушивание телефонных звонков в предвыборной компании - привело к отстранению президента США, коробка долларов в избирательном штабе Ельцина и весь следующий “букет” противоправных действий продолжает вот уже не одно столетие укреплять феномен безответственности чиновника и порождает механизм “**подобных**” действий сверху-вниз.*

Динамика в структуре V уровня также является основополагающим свойством (так как без учета динамики по всему многомерному временному пространству структура V уровня является лишь глобальной структурой IV уровня). Структура V уровня - концептуальная иерархия и с точки зрения информационной безопасности основана на интуитивно-ассоциативной адекватности восприятия, требующий формирования предметно-проблемных информационных полей и их корреляцию с различного рода информационными



потоками по временным и пространственным параметрам. Понимание этого факта уже прозвучало в СМИ как создание специализированной поисковой системы в интернет сети для выявления источника и цели, скрытого смысла распределенной совокупности информационных сообщений.

Великолепные примеры рефлексивного (возвратного воздействия) финансового прогнозирования приведены в книге Д. Сороса “Кризис мирового капитализма”. В каждой системе ищет и использует недостаток “...ищет ложку дегтя в бочке меда ...”.

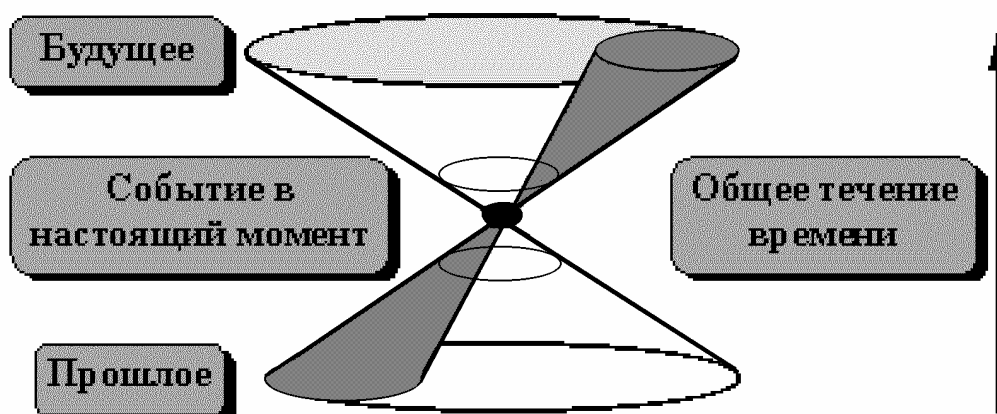


Рис.3.11. Графическая интерпретация вероятностного времени для структуры пятого уровня

Проблема же информационной безопасности – в соотношении объема “ложки” и объема “бочки” то есть дезинформации и информации. Эта проблема принципиально сложнее чем выделение информации из хаоса.

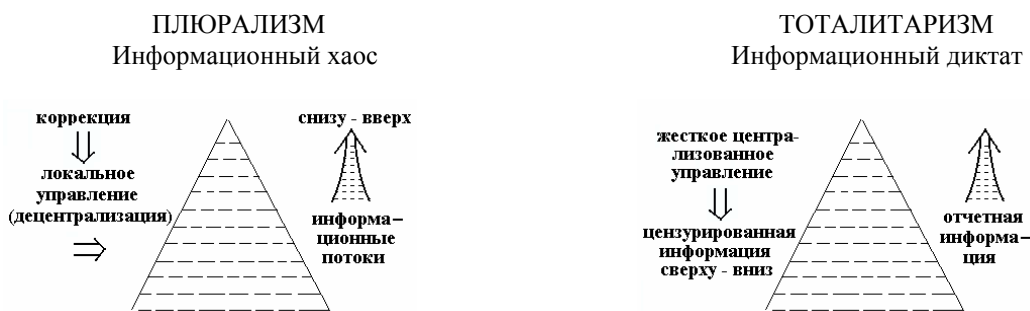
На рис.3.12 приведен пример структурной и концептуальной иерархии.

Рассмотрим два крайних подхода к формированию информационных потоков: информационный хаос и информационный диктат. На рис.3.12 показана взаимосвязь, место и роль этих информационных потоков в организации двух типов общественной жизни.

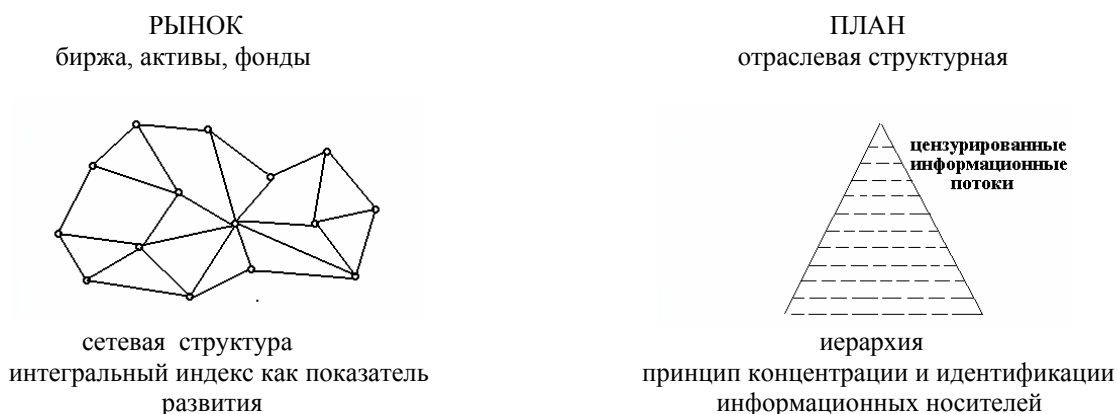
Создай информационный хаос и воспользуйся им. Другой крайний случай - информационный диктат, а лозунги – **свобода, братство, равенство, город Солнца** - Компанелы, **друг народа** – Марат, **враг народа** - Сталин,

**Декларация прав человека** или **Голосуй** или **Проиграешь** – концептуальное оформление информационной атмосферы как строго дозированного контекстно-упорядоченного информационного поля. История развития общества постоянно демонстрирует эффективность этого информационного оружия в смене политических и властных структур.

**ВЛАСТЬ**



**ЭКОНОМИКА**



**СОБСТВЕННОСТЬ**

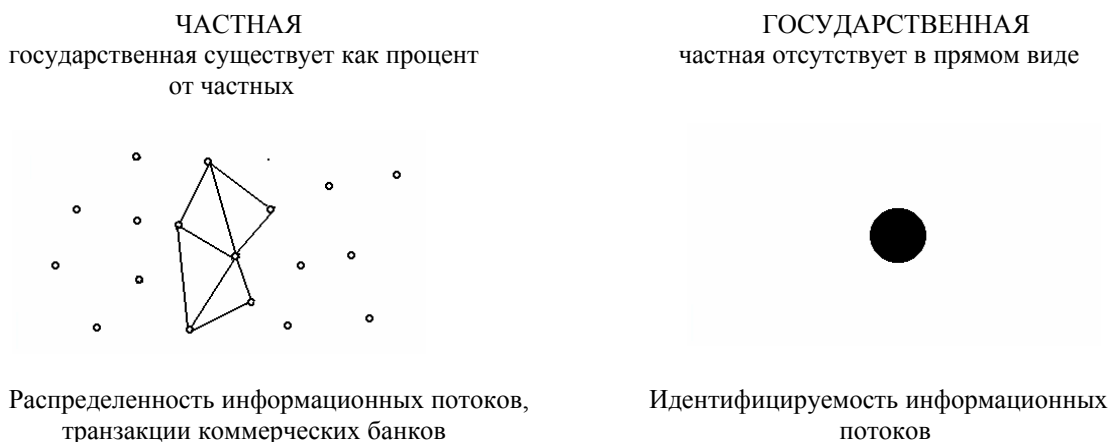


Рис.3.12. Структурные и концептуальные информационные потоки .

Философ Карл Поппер предложил трехуровневую модель реальности, которую строит наш разум [41].

Первый уровень включает в себя физический универсум – тела, квартиры, автомобили и другие предметы, составляющие как бы **материальный первый мир**.

Второй уровень – наш **второй мир** – это **наш мозг**, работа нашего разума во всех возможных состояниях: сознательном и подсознательном.

**И третий мир содержит результат работы разума** – наши мысли, включая легенды, мифы, теории, истину или ложь. Многие объекты третьего мира существуют в различных материальных формах: книги, картины, дискеты, CD, DVD и т.д. в Мире-1, но эти миры существуют независимо друг от друга.

Хорошим примером является язык, который существует и материализуется в Мире-1 как идентификаторы в различных формах, а также проявляется в форме электрической (или химической) активности мозга как феномен Мира-2. Но кроме этих двух миров язык существует и как некая собственная абстрактная субстанция, т.е. Мир-3.

Сам человек в Мире первом, его мозг – это Мир-2, но его **имя** (и все, что с этим связано, ИНН налогоплательщика, например) идентифицируемо в Мире-3, который и отражает информационную сущность и источник активности и материализации при взаимодействии с окружающей средой.

Ричард Доукинс [41] ввел термин «меме» как некую информационную единицу (ярлык, лейбл, т.е. **информационный объект-памятка**) в третьем Мире, - объект трансформации общественной культуры. Флаг, гимн, текст, аудиовизуальный поток, фразы типа «хотели как лучше, а получилось как всегда», пипл (people), «который все хаваает», магия моды, научные теории – кибернетика, синергетика становятся **понятиями – фетишами** и как **информационные фантомы** индустриальное, постиндустриальное, информационное общества, например социализм, капитализм, одновременно формируют и отражают социо культурный механизм функционирования общества. «Меме» можно определить и как **информационный агент** -

**саморазвивающийся процесс информационного воздействия, который является источником возникновения либо массовых истерий-патологий поведения общества, либо организующей создающей в обществе порядок - силой.**

Эти информационные агенты как объекты подобны не физическим генам. Распространяясь от человека к человеку посредством имитационного замещения информационного содержания от мозга к мозгу. Однажды **пойманная идея начинает распространять (пропагандировать) сама себя.**

Введенный в [41] англоязычный термин «меме» семантически исходит из понятия метки-памятки («узелка на память»), но с точки зрения самопроизвольного распространения и влияния информационного содержания «меме» на социокультурное формирование общества Тойнби использует понятие **мимесиса**:

*Мир, где творческая личность живет и трудится, - это общество обычных, простых людей. Задача творческой личности в том и заключается, чтобы эту массу заурядных людей превратить в своих последователей, активизировать человечество, направить его к цели, находящейся вне его самого, а сделать это можно только при помощи мимесиса, или подражания. Мимесис представляет собой разновидность социальной тренировки. «Как один человек получает волевой импульс от другого? Существуют два пути. **Один путь заключается в тренировке... другой – в мимесисе...** Первый метод предполагает распространение нравственности через традицию; второй предполагает имитацию другой личности и даже духовный союз, более или менее полную идентификацию с ней». Второй метод подразумевает ситуацию, когда, по словам Платона, глухие уши, не способные услышать неземную музыку кифары Орфея, легко улавливают приказ командира. Нетворческое большинство может слепо следовать за своим вождем, даже если этот путь ведет его к гибели.*

Мемесы (memes) – информационные объекты можно рассматривать как «живые» развивающиеся структуры, не только метафорически, но и

технически, например «Пролетарии всех стран, соединяйтесь», «Призрак бродит по Европе».

Когда созданный кем-то информационный объект (меме) достигает нашего сознания, он **заражает мозг** точно также, как вирус может поразить генетический механизм. **Идеи воплощаются в реальность и эволюционируют.**

*Творческие личности в авангарде цивилизации, влияющие на нетворческое большинство через механизм мимесиса, могут потерпеть неудачу по двум причинам. Одну из них можно назвать «отрицательной», а другую – «положительной».*

*Возможная отрицательная неудача состоит в том, что лидеры неожиданно для себя подпадают под гипноз, которым они воздействовали на своих последователей. Это приводит к катастрофической потере инициативы. «Если слепой ведет слепого, то оба упадут в яму» (Матфей 15, 14).*

Трудно проследить, как гены Платона распространились и влияют на современников, но его мемы (memes) до сих пор существуют и проявляются в многочисленном цитировании его трудов в различных областях научной, философской и гуманистической литературы.

**«Memes» и мимесисы**, а также различные каналы их распространения и виды информационного воздействия: аудио, визуальные, лингвистические есть те элементы, которые лежат в основе **концепций – зомбирования** как индивидуума, группы или всего общества. Примеров этого не счесть: «десять заповедей», религии, секты, партии и «дианетика» и др., удачные не удачные реализации информационного взаимодействия с целью контроля и управления массами [42].

Часто открытия значительно опережают возможности и потребности своего времени, но они продолжают свою жизнь и ждут своего часа. Так реализация в Кампучии в 1980-х годах социально – политических концепций

Кампанеллы<sup>7</sup> «О наилучшем государстве» (1602 г.) привела к 2 миллионам жертв, **меме** - «Манифест коммунистической партии» (1848 г.) привел к многим социально – политическим катаклизмам в XX веке.

Значительно лучше обстоит дело с реализацией научно-технических **меме**, так Леонардо да Винчи рис.3.13 многое предвосхитил.

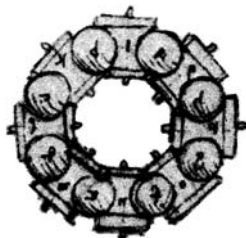


Рис.3.13. Этот рисунок Леонардо да Винчи сделал 500 лет тому назад. Поражает в нем удивительное сходство с современным шарикоподшипником. Однако это открытие долго оставалось в неизвестности - пока в 1772 году шарикоподшипник не был изобретен вновь.

Например, в 1502 году Леонардо да Винчи получил неожиданный для себя заказ от турецкого султана. Восточный деспот Баязет просил спроектировать мост через Босфор. Знаменитый итальянец принялся за работу и создал эскиз безопорного переезда через пролив. Но именно арочную конструкцию длиной 340 метров забраковал султан. Советники нашептали ему, что арка с центром на высоте 40 метров сразу же провалится\*. И вот совсем недавно этим старым проектом заинтересовались норвежцы. Они задумали построить мост через фиорд в 50 километрах от Осло. На конкурсе проект великого деятеля Возрождения признан не только изящным и смелым, но и технически предельно грамотным. Естественно, **материалы** будут современными, а сама конструкция XVI века полностью сохраняется.

Удивителен и такой исторический факт как соразмерность в прогрессе норм общественной морали и оружия массового поражения – у дикаря не

<sup>7</sup> Святая служба сначала продержала его 30 лет в тюрьме, а затем папа Урбан VIII ввел цензуру и принял меры дабы Кампанелла прекратил писать. Это первый пример информационной безопасности общества.

\* По мнению автора, советники были правы, так как на тот момент отсутствовали технологические возможности реализации проекта.

появляется атомная бомба, даже на краю гибели ни Япония, ни Германия не использовали химическое оружие массового поражения. Баланс ядерного сдерживания, перевел вооруженное противостояние государств на коммерческо-информационный уровень.

## ГЛАВА 4. МЕТОД АНАЛОГИЙ, ГИПОТЕЗ. МОДЕЛИ И ИЗОМОРФИЗМ.

Не твоя забота завершить  
совершенствование мира,  
но и стоять в стороне от  
этого ты не вправе.  
[Талмуд]

Логика доказывает,  
а интуиция творит.  
[Пуанкаре]

Эврика Архимеда, рассуждение по аналогии, также как и найденные эвристически закон рычага, подъемная сила воды, привели к теории и практике построения механизмов и машин, а падение яблока – к открытию гравитационного тяготения и всей последующей научной картины мира.

### 4.1. Аналогия

*АНАЛОГИЯ* (греч. *analogia* – соответствие, сходство) – подобие, сходство предметов в каких-либо свойствах, признаках или отношениях, причем таких предметов, которые в целом различны.

*Умозаключение по аналогии* – это логический вывод, в результате которого достигается знание о признаках одного предмета на основании знания того, что этот предмет имеет сходство с другими предметами.

По Гегелю «*Инстинкт разума дает почувствовать, что то или другое эмпирически найденное определение имеет свое основание во внутренней природе или роде данного предмета, и он в дальнейшем опирается на это определение*».

*Признание аналогии между двумя системами идей, говорит Дж.К.Максвелл, «приводит к более глубокому знанию обеих, чем познание, которое можно было получить, изучая каждую систему в отдельности.*

*Аналогия, так же как и другие формы умозаключения – индукция и дедукция, - неразрывно входит в единый мыслительный процесс. Она тесно*



связана с ними и не может существовать без непрерывного взаимного дополнения и взаимодействия с другими умозаключениями [43].

Именно рассуждения по аналогии порождают гипотезы, которые и лежат в основе построения моделей изучаемого процесс, предмета или явления.

## 4.2. Гипотезы

*...В творческой деятельности ученого элемент интуиции слишком тесно сплетается с элементом разума, необходимого для вывода из интуитивно рожденной гипотезы следствий и для проверки этих следствий экспериментом. Необходимость этой проверки и приводит учёного к ложному взгляду на свое творчество, как на деятельность в основе которой лежат построения разума, тогда как наиболее ценным моментом в научной творческой деятельности является иррациональное прозрение, интуиция, рождающая гипотезу.*

*„Hypotheses non fingo!“ говорит Ньютон, тогда как именно гениальные гипотезы и были наивеличайшей ценностью во всем его многообразном творчестве. В сущности, здесь сказалось лишь упрямство великого учёного: не будучи в состоянии обойтись без гипотез, он, конечно, в широкой мере пользовался ими, настойчиво называя их „подозрениями“.*

*„Теория электро-динамических явлений, основанная исключительно на опыте“,—так называет свой труд Ампер, уверенный, что учение его не содержит ни одной гипотезы. Однако, по словам того же Пуанкаре, на самом деле было не так: труд Ампера содержал не одну гипотезу; построены они были, очевидно, бессознательно, что отмечено было преемниками Ампера—Гельмгольцем и другими.*

*Творец современной физики Роберт Майер так же отрицательно относится к гипотезам, как Ньютон и Ампер. И он, так же, как и эти ученые, не прав. Алоиз Риль в своем „Введении в современную философию“ излагает по документальным данным тот путь, каким шел Майер к своему*

открытию. „При кровопускании, которое Майер делал одному европейцу на острове Яве, он был поражен ярко-красным цветом венозной крови. Он объяснил заинтересовавшее его явление при помощи - теории Лавуазье, согласно которой животная теплота представляет продукт происходящего в крови процесса, горения. Степень различия в окраске артериальной и венозной крови соответствует интенсивности процесса горения в крови; но при гораздо меньшей потребности в теплоте под тропиками, должен совершаться в значительной меньшей степени процесс окисления крови; этим и объясняется ярко-красный цвет венозной крови. Вслед за этим прекрасным подтверждением теории Лавуазье, у Майера возник другой вопрос. Животный организм может производить теплоту двумя способами: непосредственно путем окисления питательных средств, введённых в кровь, и посредством других тел, то есть посредством; механической работы, как толчок, трение, сжатие воздуха. Уменьшается ли количество непосредственно произведённой теплоты, при равном потреблении вещества на количество тепла, производимого, посредственно, - спрашивает Майер,—или второе прибавляется к первому, как излишек? Уже в постановке самого - вопроса, заключающего в зародыше всю механическую, теорию теплоты, можно заметить оригинальность Майера, говорит Риль и приводит дальнейший ход мыслей великого ученого, причем замечает, исходя, очевидно, из документальных данных: „подобные мысли наполняли Майера при его возвращении с Явы. Его учение открывалось перед ним во всей своей цельности, и бывали часы, когда он чувствовал себя, как бы под влиянием вдохновения». Вместе с тем, однако, Риль подчеркивает, что для Майера, „питавшего отвращение ко всему гипотетическому и умозрительному" очень мало значило априорное доказательство, хотя бы, оно и обладало математической достоверность. Переходя от физиологии к химии, от химии к физике, Майер останавливается перед своим знаменитым положением о механическом эквиваленте теплоты и находит ему подтверждение в удачном опыте с теплоемкостью газов.

*Как ни питал Майер отвращение к гипотезам, всё же без гипотезы, рожденной, как мы видели, вдохновением, он не обошелся. Ибо очевидно, что, предположение его о равенстве между затратой работы и количеством теплоты— не что иное, как гениальная гипотеза толчком, к которой был случаи из медицинской практики на Яве. Что же касается опыта, то он явился лишь тем конечным моментом творческого акта, который гипотезу превратил в величайшее научное открытие...*

*Опыт, без которого ученый обойтись не может, наложил на научное творчество такой яркий отпечаток рационализма, что в глазах большинства ученых весь процесс творчества сводится только к опыту. Как гротеск припоминается здесь физиолог Мажанди, о котором говорит Анатоль Франс. „Мажанди производил множество опытов без всякой пользы. Он страшился гипотез как причин заблуждения, — Биша был гениален,—говорил он,—и он ошибся, - Мажанди не желал быть гениальным из боязни также ошибиться. И действительно, гениальным он не был и никогда не ошибался; он вскрывал ежедневно собак и кроликов, но без всякой предвзятой мысли и не находил в них ничего по той простой причине, что ничего не искал". Должно, однако, отдать ученым справедливость: такого взгляда на опыт держатся далеко, не все они. Пуанкаре, например, считает, что научный опыт может иногда даже затруднить, затемнить творческий процесс нагромождением сложных и точных данных, и ученый может попросту за деревьями не разглядеть леса. «Соотношения между исследуемыми наукой объектами, - остались бы непримеченными, если бы с самого начала существовала догадка о сложности этих объектов. Давно уже сказано, что если бы инструменты Тихо были в десять раз точнее, то мы бы никогда не имели ни Кеплера, ни Ньютона, ни астрономии. Для научной дисциплины составляет несчастье родиться слишком поздно, когда средства наблюдения стали слишком совершенными. В таком положении ныне находится физико-химия: третий и четвертый десятичные знаки причиняют большие затруднения ее основателям. Однако,— добавляет Пуанкаре,— по счастью это люди крепкой веры». **Веру, веру в***

*гипотезу, интуитивно рожденную, несмотря на все затруднения опыта, французский ученый ставляет этому рационализирующему и логизирующему опыту. «Логика доказывает, а интуиция творит», говорит он, и ученого без интуиции сравнивает с тем писателем, который безупречен в орфографии, но у которого нет мыслей.*

*Вся крепость науки в тех «ясновидящих Ньютонах», которых говорит Менделеев и в скором приходе которых он не сомневается. Здесь сказывается вера ученого в творческую силу человеческую, та самая вера, без которой все добрые дела науки мертвы и ничтожны [44].*

В [45] Л.Н. Гумилевым великолепно сформулирована гипотеза возникновения **антисистемы**.

*...В XVIII в. Лавуазье сформулировал закон сохранения вещества, который оказался не то что неверным, а скорее неточным. Сгорание в герметическом сосуде показало химику того времени неизменившийся вес только потому, что у него были недостаточно чуткие весы. На самом деле был потерян фотон, но уловить потерю Лавуазье не мог. Теперь физики знают, что при интенсивных термодинамических процессах идет утрата вещества, преобразующегося в световую энергию, а последняя уходит из своей системы в межгалактическую бездну. Это аннигиляция, которая не смерть, но страшнее смерти.*

*Уточним постановку проблемы. То, что для построения нового, допустим, дома нужно сломать старый, стоящий на том же месте, - бесспорно. Это обычная в природе и истории смена форм. При ней хорошее не всегда меняется на лучшее, но всегда на что-то реальное, отвечающее потребностям эпохи. Такова специфика развития любой этнической системы, даже в эпохи упадка, когда ненужные элементы культурной или природной окружающей среды просто не поддерживаются и приходят в ветхость.*

*Но когда памятник культуры (дворец, сад, картина и т.п.) или природы (лес, озеро, стадо бизонов) уничтожается и не заменяется ничем, то это уже не развитие, а его нарушение, не система, а антисистема. Руины или трупы не*

могут ни развиваться, ни сохраняться для потомства. Динамика сменяется статикой, жизнь – смертью, изменение структуры – аннигиляцией. Можно было бы думать, что вандализм тоже является функцией пассионарности и, следовательно, предопределен природой как вариант закономерности. Нет! В природе планеты процессы аннигиляции не наблюдаются. Там идет постоянное накопление, благодаря которому ныне открыты залежи каменного угля, нефти, мрамора и богатые почвы. Ведь это тело биосферы, накопленное за миллиарды лет фотосинтеза; это материализованный свет солнца и звезд.

И пассионарные толчки, тоже явления природы, создают импульсы творческие, порождающие адаптационные синдромы, при которых этнос всегда сопрягается с привычным для него ландшафтом. Но если этническая группа, пусть даже не весь этнос, оказывается в непригодных для него условиях, он либо замыкается в свою скорлупу (изоляторы), либо разрушает неприятную для него окружающую среду. Гибнут беззащитные звери, цветы, красивые горы и чистые реки. Но так расправляться может только чужеземец. Своему будет жалко.

Однако миграция сама по себе еще не антисистемна и не всегда повод для возникновения антисистемы. Этнические миграции – процессы стихийные, увлекающие людей, которым только кажется, что они едут в чужую страну по доброй воле. В Америку людей толкало их пассионарное напряжение, мешавшее довольствоваться скромной жизнью где-нибудь в Кенте или Мекленбурге. А ведь дома они имели пищу, кров и женщину. В долине же Миссури им все это приходилось добывать с большим трудом и риском. И вряд ли жизнь в прериях или лесах Канады была легче деревенской идиллии Европы.

То, что факты вандализма в отличие от миграции – не явления, а деяния, – бесспорно, но связано ли такое безобразие с пассионарностью? Конечно! Однако характер этой пассионарности отличается от того, который мы уже подробно описали. И генезис ее другой, он носит не природный, а ситуационный характер. До столкновения оба этноса были нормальными

*системами с разными уровнями пассионарности. При их совмещении поток пассионарности будет направлен от системы с более высоким уровнем к системе с более низким, и, таким образом, общий уровень будет выравниваться. Этот энергетический перепад и создает ту форму энергии, которая питает возникающую тут антисистему, т.е. системную целостность людей с негативным мироощущением.*

*От такого баланса страдают обе системы. Вандализм одинаково деформирует и тех, кого губят, и тех, кто губит, ибо губителям оказывается невозможно жить на развалинах и опустошенных землях. Антисистема подобна популяции бактерий или инфузорий в организме: распространяясь по внутренним органам человека или животного, бактерии приводят его к смерти... и умирают в его остывающем теле. А ведь может показаться, что антисистема – закономерное явление природы...*

Гипотеза призвана как бы сузить зону поиска ответа на поставленную задачу.

Так как ...большое разнообразие исследуемых объектов, множество форм и характеристик поведения, наблюдаемых в экспериментах, исключительно высокий диапазон свойств внешней среды и других факторов, способных влиять на поведение, - все это делает почти каждый эксперимент уникальным и практически неповторимым и существенно затрудняет получение достаточно достоверных результатов. Анализ и обобщение наблюдаемых фактов часто лишает уверенности в достоверности обнаруженных закономерностей, которые могут оказаться результатом случайного неучета каких-либо факторов, например, индивидуальных особенностей объектов, и привести к ошибочным заключениям.

Помимо этого, уникальность и практическая неповторимость экспериментов, связанные с изменениями объектов в ходе этих экспериментов и невозможностью точно повторить все условия их проведения, позволяют получить лишь самые общие качественные результаты и только в некоторых немногих случаях устойчивые результаты достоверного характера.

### 4.3. Модель

**Модельный подход** должен обеспечивать повторяемость условий эксперимента и исключать влияние тех факторов, которые трудно учесть .

Несмотря на то, что моделям, моделированию, и различным его видам посвящена обширная литература как философско-методологическая, так и специальная, несмотря также на то, что в настоящее время вряд ли найдется сколько-нибудь серьезное исследование, в котором не использовались бы **понятия модели и моделирования**,— нам все же представляется, что до сих пор нет полной ясности и единого понимания того, что такое модель и что может дать в научном исследовании моделирование, а также каково его взаимоотношение с остальными методами научного исследования. Еще можно встретить в научной литературе утверждения о принципиальной неприменимости моделирования в некоторых областях науки. Встречаются также случаи, когда понятие модель используется в качестве синонима понятия «описание», либо это понятие используется в его примитивном, бытовом смысле, как в словосочетаниях типа «модель обуви» или «модель холодильника». Аналогом такого употребления может служить часто встречаемое в научной литературе словосочетание **«модель процесса обучения»**, ибо, как правило, за ним скрывается не модель, а конкретный образец процесса обучения. И когда в научной книге мы встречаем ссылку на «модель организационной структуры учреждения», то легко догадываемся, что речь здесь идет не о модели, а об описании этой структуры в виде некоторого графического изображения.

*Сначала дадим основное словесное определение модели, а потом на примере постараемся его пояснить [46].*

*Под моделью некоторого объекта понимается другой объект (реальный, знаковый или воображаемый), отличный от исходного, который обладает существенными для целей моделирования свойствами и в рамках этих целей полностью заменяет исходный объект.*

Формально к понятию модели можно подойти следующим образом. Пусть имеется две системы  $A$  и  $B$  с элементами  $\{a_i\}$  и  $\{b_i\}$  соответственно. Пусть далее элементы каждой системы связаны между собой множествами различных отношений  $\{r_j\}$  и  $\{f_j\}$ . В частном случае отношениями могут быть записи некоторых зависимостей между элементами системы, характеризующих интересующие исследователя свойства системы. Пусть, наконец, в каждой системе имеются некоторые правила вывода, позволяющие получать новые зависимости, (отношения) между элементами системы и некоторое множество исходных априорно заданных зависимостей (аксиом). Исходные зависимости и те, которые будут получаться из них за счет правил вывода, будем называть правильными (справедливыми) для данной системы.

Установим между элементами двух систем взаимно однозначное соответствие (изоморфизм). Другими словами, сформулируем правило, по которому каждому элементу  $a_i$  в системе  $A$  будет соответствовать некоторый элемент  $b_j$  в системе  $B$  и наоборот. Такую же взаимно однозначную связь установим и между отношениями  $r_i$  из системы  $A$  и отношениями  $f_j$  из системы  $B$ . Наконец, установим взаимно однозначное соответствие между множествами исходных зависимостей в  $A$  и  $B$  и правилами вывода в этих системах. Это приведет к тому, что между правильными зависимостями в  $A$  и  $B$  будут также установлены взаимно однозначные связи. Если это так, то, получив правильную зависимость в одной из систем, можно получить правильную зависимость, соответствующую ей в другой системе, не проводя в ней нужных операций.

#### **4.4. Изоморфизм**

Поясним понятие изоморфизма на двух следующих примерах. В качестве первого примера сошлёмся на известную со школьной скамьи ситуацию, при которой вместо того, чтобы умножать и делить большие



числа, производят сложение и вычитание логарифмов этих чисел. Если система  $A$  состоит из положительных действительных

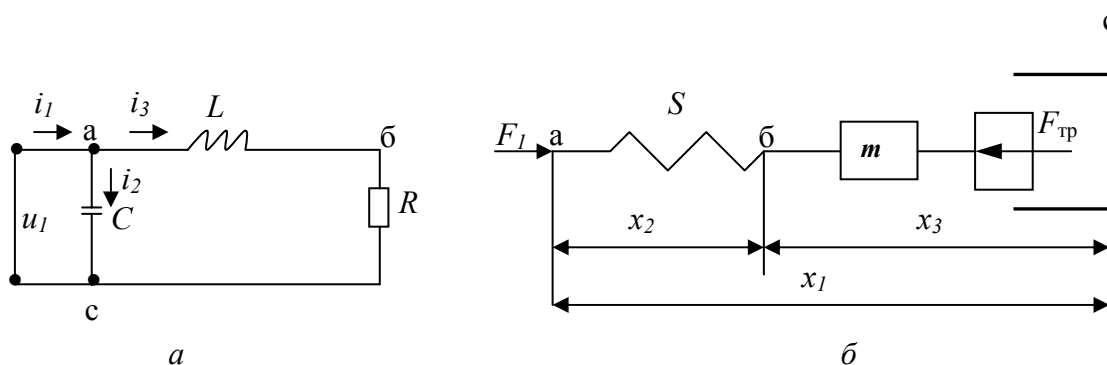


Рис.4.1.

чисел, а система  $B$  - из логарифмов этих чисел, то между элементами  $A$  и  $B$  имеется изоморфизм, ибо каждому числу соответствует его логарифм и наоборот. Операциям (зависимостям) умножения и деления в системе  $A$  соответствуют операции сложения и вычитания в системе  $B$ . Если мы имеем два элемента в  $A$  и хотим узнать результат их перемножения, то мы переходим к соответствующим элементам системы  $B$ , складываем их и возвращаемся с помощью правила установления изоморфизма к интересующему нас элементу в  $A$ .

В качестве второго примера рассмотрим две системы, показанные схематически на рис.4.1. Первая система (рис.4.1, а) представляет собой электрическую цепь с элементами: емкость  $C$ , индуктивность  $L$ , сопротивление  $R$ , напряжение  $u_1$ , приложенное к точкам а, с, и токи  $i_1$ ,  $i_2$  и  $i_3$  в ветвях контура. Вторая (рис.4.1, б) есть механическая система с элементами: упругая пружина  $S$ , масса  $m$ , демпфер  $C$ , представляющий собой элемент вязкого трения, сила  $F_1$ , приложенная к точке а, перемещение  $x_1$  точки а, перемещение (сжатие)  $x_2$  пружины  $S$  и перемещение  $x_3$  массы  $m$ .

Для первой системы (электрической) известны следующие соотношения между ее элементами (законы Ома и Кирхгофа):

$$u_{bc} = u_3 = Ri_3, \quad (4.4.1)$$

$$u_{ab} = u_2 = L \frac{di_3}{dt}, \quad (4.4.2)$$

$$i_2 = C \frac{du_1}{dt}, \quad (4.4.3)$$

$$i_1 = i_2 + i_3, \quad (4.4.4)$$

$$u_1 = u_2 + u_3, \quad (4.4.5)$$

Здесь  $R$ ,  $L$  и  $C$  — значения сопротивления, индуктивности и емкости рассматриваемой электрической цепи.

Для второй системы (механической) запишем соотношения между ее элементами, известные из механики. Получим

$$F_3 = K_{TP} \dot{x}_3, \quad (4.4.1')$$

$$F_2 = m \frac{d\dot{x}_3}{dt}, \quad (4.4.2')$$

$$x_2 = E_S F_i$$

или, дифференцируя

$$\dot{x}_2 = E_S \frac{dF_i}{dt}, \quad (4.4.3')$$

Из рис.4.1 видно, что

$$x_1 = x_2 + x_3,$$

или, дифференцируя,

$$\dot{x}_1 = \dot{x}_2 + \dot{x}_3, \quad (4.4.4')$$

Справедливо также

$$F_1 = F_2 + F_3 \quad (4.4.5')$$

Здесь  $F_3 = F_{mp}$  — сила вязкого трения, действующая на массу  $m$ ,  $K_{mp}$  — коэффициент трения (вязкого),  $m$  — масса подвижного элемента системы,  $F_2$  — сила инерции, действующая на него,  $F_2$  — сила, приложенная в точке  $a$ .  $E_S$  — упругость дружины  $S$ .

Заметим, что обе системы несколько идеализированы: в первой мы пренебрегаем сопротивлениями индуктивности и емкости, а во второй —

массой пружины. Допущения эти обычны при инженерном рассмотрении указанных систем.

Установим теперь изоморфизм между системами. Соотнесем емкость с упругостью, индуктивность с массой, сопротивление с коэффициентом вязкого трения, токи со скоростями и напряжения с силами. В примере индексы у сил, скоростей, напряжений и токов выбраны таким образом, чтобы соответствующие элементы имели одинаковые индексы.

Выражения (4.4.1) — (4.4.5) и соответствующие им выражения (4.4.1') - (4.4.5') дают соответствие между функциональными соотношениями, связывающими элементы каждой из рассматриваемых систем.

Предположим теперь, что мы хотим исследовать механическую систему, например установить, как будет изменяться скорость точки  $a$  при приложении к ней силы, изменяющейся по некоторому закону  $F(t)$ .

Задачу эту можно решить различными способами. Во-первых, можно исследовать саму систему либо экспериментально, прилагая к ней соответствующую силу и измеряя скорость перемещения точки  $a$ , либо используя соотношения (4.4.1') - (4.4.5') и решая систему имеющихся уравнений. Во-вторых, можно воспользоваться установленным соответствием между двумя системами и, определив ток  $i$  в электрической системе при приложении к ней напряжения  $u_1$ , изменяющегося по заданному закону  $F(t)$ , а затем, пересчитав масштабы, сделать заключение об исследуемой системе. В этом случае мы использовали электрическую систему в качестве модели механической. Отметим, что если пользоваться расчетными методами, сложность исследования оказывается в настоящем примере одинаковой, но уже при экспериментальном исследовании модельный эксперимент на электрической системе оказывается много проще соответствующего по точности эксперимента с механической системой.

В нашем примере, обе системы (механическая и электрическая) демонстрируют тот случай, когда любую из них можно использовать для изучения всех свойств другой. Другими словами, мы имеем дело с полной

моделью. По сути, установив изоморфизм, мы получили возможность полностью изучать тот объект, для которого была построена модель. Но за это пришлось заплатить определенную цену. И этой ценой является наличие полного описания объекта моделирования. Это означает, что мы уверены в полном нашем знании о всех особенностях и сущности процессов, протекающих в моделируемом объекте.

Такой исключительный случай полных априорных знаний об объекте моделирования нетипичен. Гораздо чаще приходится моделировать объект, знания о котором неполны. В этом случае моделирование позволяет оценивать полноту наших знаний о моделируемом объекте. Модель в этих условиях начинает играть роль инструмента исследования.

Отобразив в модели известные характеристики моделируемого объекта, можно провести моделирование функционирования модели при определенных условиях внешней среды. Если поведение моделируемого объекта при тех же условиях известно и поведение модели совпадает с ним, то можно с некоторой долей уверенности считать, что модель отражает суть моделируемого объекта. Проводя моделирование при различных внешних условиях, можно либо увеличить степень уверенности в адекватности модели и моделируемого объекта, либо обнаружить несоответствие их. В последнем случае можно попытаться определить, что именно вызвало это несоответствие, и понять, чего именно мы еще не знаем об объекте моделирования, важного с точки зрения той задачи, ради которой строится модель.

Наличие модели, в адекватности которой мы уже убедились, позволяет получать с ее помощью новые знания об объекте моделирования, проводя анализ функционирования модели в условиях, в которых моделируемый объект никогда не был. Именно то, что модель позволяет получать новые сведения о моделируемом объекте, дает возможность отличать ее от простого формализованного описания объекта.

Частный случай – модель, основанная на принципе «черного ящика». Она возникает тогда, когда о структуре моделируемого объекта известно

слишком мало или даже ничего неизвестно. В этом случае от модели требуется только функциональное подобие: на одинаковые внешние сигналы моделируемый объект и модель должны отвечать одинаково. Естественно, что добившись этого от модели, нельзя считать, что структура модели будет хоть в чем-то аналогична структуре моделируемого объекта.

К сожалению, при моделировании поведения приходится в подавляющем большинстве случаев ограничиваться именно таким подходом. Наши знания о внутренних структурах организмов, ответственных за наблюдаемое поведение, пока еще настолько несовершенны, что вряд ли в ближайшее десятилетие мы сможем построить модели поведения, подобные тем, которые мы приводили в начале нашего разговора о сущности моделей и моделирования.

Приведенный из [46] текст в краткой, доступной и достаточно емкой форме связал такие понятия как аналогия, модель и изоморфизм, которые чаще всего в учебном процессе или разнесены друг от друга по различным дисциплинам, либо вообще не упоминаются, а без связи этих понятий системный анализ и моделирование не являются научной дисциплиной. Здесь уместно на примере следующего определения привести связь между аналогией, моделью и изоморфизмом, приведенное в [43].

*АНАЛОГИЯ ЧЕРЕЗ ИЗОМОРФИЗМ* (греч. *isos* – равный, одинаковый, подобный, *morphe* – вид, форма) – такая аналогия, которая проводится между объектами одинаковой, тождественной структуры, т.е. между изоморфными объектами, и которая осуществляется по следующей схеме:

$$\hat{a}_1, \hat{b}_1, \rho_{11}(a_1, b_1) = \dots = \hat{a}_n, \hat{b}_n, \rho_{nn}(a_n, b_n) \succ \frac{R(a_1, \dots, a_n)}{R(b_1, \dots, b_n)}$$

где  $\hat{a}_1, \hat{b}_1, \dots$  - свойства модели, изоморфные свойствам  $\hat{a}_n, \hat{b}_n, \dots$  прототипа;  $R$  – символ отношения;  $R(a_1, \dots, a_n)$  - посылка;  $R(b_1, \dots, b_n)$  - заключение, отделяемое от посылки чертой;  $\rho$  - коррелятор;  $\succ$  - символ, выражающий отношение левой части схемы к правой.

*Аналогия через изоморфизм – это аналогия отношений, поскольку речь идет о переносе отношения из модели на прототип. Так как переносится не какое-либо одно заранее определенное отношение, а различные отношения, обнаруженные в модели, то это аналогия переменных. Такая аналогия широко применяется в самых различных областях современной науки и техники. «Две системы являются аналогичными, - пишет У. Карплюс, - если имеется однозначное соответствие между каждым элементом этих систем, а также между функциями возмущения и реакциями этих элементов и всей системы в целом. Аналогией подобного типа обладает масштабная модель, в которой воспроизводится каждый элемент прототипа, но в измененных размерах». Аналитическая геометрия целиком основана на аналогиях через изоморфизм.*

*Для того чтобы вывод по аналогии через изоморфизм был вполне правомерен, достаточно, чтобы:*

*1)соответствующие друг другу отношения между соответствующими элементами сравниваемых систем были однородными;*

*2)эти отношения были функциональными, по крайней мере в одну сторону (но оба отношения – в одну и ту же);*

*3)корреляторы  $r_i$  были коммуникативными с отношениями сравниваемых нами систем.*

В наиболее общей форме понятие изоморфизма между моделью и теорией можно пояснить следующими примерами и рис. 4.2.

Примеры повседневного использования изоморфизма: различные системы чисел (десятичные, двоичные, восьмеричные и др.), шкалы температур по Фаренгейту или Цельсию, курсы валют и т.д.

При этом математическая природа понятия изоморфизма (из словаря Кондакова) сохранить взаимно однозначное соответствие сохраняется. Компьютерное моделирование лишь видоизменяет и расширяет концептуальную сущность, распространяя ее на стандарты: драйверов, протоколов, интерфейсов.

Например, ИНН – идентификационный номер налогоплательщика, - номер страхового полиса, паспорт, права, медицинская карта и прочие информационные атрибуты обязаны обладать изоморфизмом вне зависимости от моделей идентификации личности: жетон на цепочке, отпечаток пальца, радужная оболочка глаза, паспорт крови, ДНК или запах пота. Новые информационные технологии удачно совмещают в себе как потребности, так и возможности реализации такого типа изоморфизмов как интерпретаторов информационного содержания.

Информационные технологии как форма новой ”письменности” существует только как **инженерная реализация цифровых технологий**: связь, телевидение, музыка и управление, а также возможность имитации виртуальной реальности и реализация концепции распределенного в пространстве и времени доступа к мировым информационным ресурсам - Интернет-коммуникация, проектирование, производство и маркетинг. Отдельные функции массового потребления уже реализованы в распространении новостей, проведении выставок, Интернет-магазинах, Интернет-казино и т.п. Но самое удивительное, что в основе всех этих фантастических достижений лежит **технологическая возможность** воспроизводства на атомно-молекулярном уровне двух стабильных состояний: «1» и «0». Это дает возможность реализовать философскую концепцию Демокрита (470-380гг. до н.э.), *«...вселенная состоит из атомов и пустого пространства. Всякая вещь – сцепление, сплетение атомов, то, что также, как «имя», складывается из «букв», восприятие состоит в том, что атомы, движущиеся от воспринимаемой вещи - "передатчика", соприкасаются с атомами, движущимися от воспринимающего органа - "приемника"»* То, что для Демокрита было абстрактным понятием, для нас сегодня после 2500 лет технологического развития является наименьшим по размеру и потреблению энергии информационно **идентифицируемым элементом**.

С другой стороны, начиная с азбуки Морзе, предложенной в конце XIX века, стало очевидным, что любой информационный объект, сигнал, текст,

изображение можно представить языком, алфавит которого состоит из двух букв – «1» или «0». Однако технологические возможности начала XX века позволяли **регистрировать только резонансный отклик колебательного контура**, что нашло отражение и в математической теории функционального анализа, например, функций Фурье, теореме отсчетов Найквиста-Шеннона, оптимальном приемнике и других.

Следует все же заметить, что множеством Кантора и кривыми Пеано и Гильберта математики конца XIX века предвосхитили потребность самоподобного рекурсивно-развертывающегося математического процесса идентификации информационных объектов и построения изоморфизма. Современное развитие такого подхода в работах [38, 39, 48]. Только в конце XX века компьютер позволил реализовать цифровую технологию адресации информационных сообщений, их идентификацию и изоморфные преобразования. В основе этого – принципиально иная математическая концепция. Любой информационный процесс на физическом уровне состоит из трех компонент:

- ◆ Множество регистров или клеток памяти – кодовое представление непосредственно информационного содержания;
- ◆ Множество процессоров или автоматов для обработки, преобразования различных форм представления информации, например, переход из NTSC, PAL, SECAM и др.;
- ◆ Входные и выходные устройства для связи с внешним миром. Протоколы, стандарты, форматы – как изоморфизмы информационного содержания.

Итак, любой информационный процесс в компьютере – последовательность нулей и единиц, и может интерпретироваться различными способами. Если интерпретация (тип представления) имеет свойства числа (целое число, вещественное или другое), то мы имеем дело с численными методами, но более часто имеет место случай, когда интерпретация производится в терминах объектов, элементов, символов, множества.



Соотношение компьютерных приложений, имеющих дело с численными методами в данный момент непрерывно снижается, несмотря на то, что вычислительные машины были первоначально разработаны как «цифродробилки». Обработка строк знаков, или «символов» была их главным действием в течение долгого времени.

Некоторые определения алгоритмов и их реализация в виде конечных процедур основаны на методах, которые сильно отличаются, но при этом используют операции с замкнутыми выражениями, формальные системы для манипуляции символами, такие методы были разработаны Черчем, Геделем, Эрбраном, Клини, Марковым, Постом, Тьюрингом и другими. Однако все определения оказываются эквивалентны в том смысле, что они все касаются того же самого класса функций: частично рекурсивные функции.

В работе [47] обращается внимание на важный общий элемент, присутствующий как в аналитическом (научном) методе познания, так и в синтетическом построении информационных объектов. Этот элемент - рекурсия в более широком смысле, включающая в себя повтор, возврат и *contracrostipunctus* - процедура ссылки на саму себя (например, способ построения фрактала).

Там же подробно рассматривается соответствие понятия *contracrostipunctus* и теоремы Геделя.

Основной идеей работы Геделя является то, что не существует такой формальной системы, которая была бы одновременно полной и непротиворечивой. Другими словами, нет такой формальной системы (неважно, насколько она точна) которая могла бы построить **информационный объект, который полностью отображает реальный окружающий мир.**

На рис.4.2 приведена иллюстрация принципа, лежащего в основе теоремы Геделя, показывающая два вида отображения.

**Наше восприятие всегда опирается на предыдущее знание. Новая информация изменяет концепцию восприятия.**

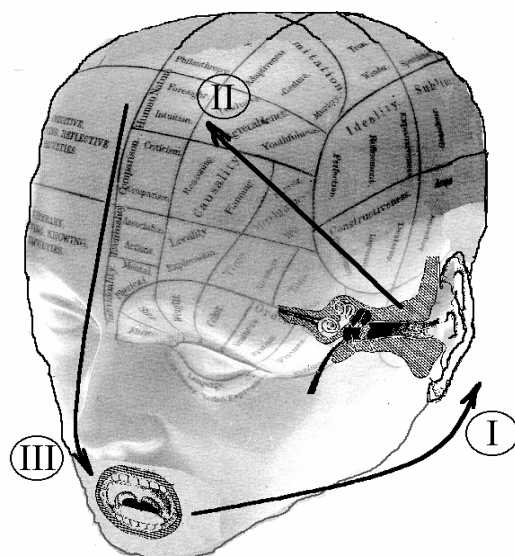


Рис.4.2. Иллюстрация принципа теоремы Геделя об изоморфизме

Понятийный смысл "contracrostipunctus" - возвратное воздействие (BB), (back to back) как информационное восприятие. Каждая из двух составляющих возвратного воздействия изоморфно копирует свойство - теорема Геделя (табл.4.1), как примеры подобных изоморфизмов.

Таблица 4.1

### Информационный объект

Передатчик. Генерация сигнала, информации	Среды, Канал распространения	Приемник. Восприятие информации
Речь	↔	Эмпирическая система Идентификации звуков
Фонограф	↔	Система аксиом – интеграл Фурье
Фонограф с плохой чёткостью, патефон	↔	Интеграл Фурье с Ограниченным спектром 100Гц - 5кГц
Фонограф с высокой чёткостью, магнитофон	↔	Интеграл Фурье с Ограниченным спектром

		<b>10Гц – 20кГц</b>
<b>"совершенный" фонограф, CD, Dolby System</b>	<b>&lt;=&gt;</b>	<b>Полная система аксиом – теория чисел</b>
<b>"модель" фонографа</b>	<b>&lt;=&gt;</b>	<b>Аксиомы и правила Формальной системы</b>
<b>Диск</b>	<b>&lt;=&gt;</b>	<b>Запись формальной системы</b>
<b>Звук</b>	<b>&lt;=&gt;</b>	<b>Истинное утверждение в теории чисел</b>
<b>Воспроизводимый звук Камертон 1-й октавы</b>	<b>&lt;=&gt;</b>	<b>Интерпретация колебаний, частота 440Гц</b>
<b>Лейбл на CD-диске " я могу быть воспроизведена на компьютере Pentium II, формат MP3 "</b>	<b>&lt;=&gt;</b>	<b>Неявное геделевское условие "я могу быть раскрыта в терминах такой-то Формальной системы"</b>

## ГЛАВА 5. ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мы охлаждаем к тому, что познали,  
как только делимся этим с другими  
[Ф. Ницше]

### 5.1. Эксперимент, теория и численные модели

В этой главе из всего многообразия учебной и научной литературы мы приводим по возможности достаточно упрощенные и минимально необходимые общепринятые знания по теории систем. Текст в основном целенаправленно отобран из [49, 50, 51, 52].

С того времени как математическое формулирование физических теорий было признано «парадигмой», описание реального мира может быть сведено к последовательности взаимодействий между экспериментом и теорией, примеров чему достаточно (закон Кеплера и закон гравитации, открытие планеты Нептун, опыт Михельсона и теория относительности, признаки общей относительности, уравнение Дирака и античастицы).

Это взаимодействие проявляется в физике на всех уровнях, даже если рассматриваемые проблемы не обладают значением приведенных примеров. Схематически это взаимодействие изображено на рис.5.1.

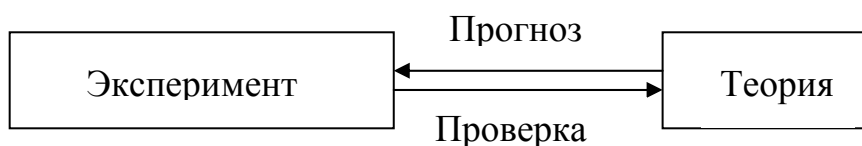


Рис.5.1.

Целью **теории** является поиск удовлетворительного математического представления эксперимента. При этом она опирается на ряд фундаментальных принципов (принципы термодинамики, закон сохранения, инвариантность и т. д.) и стремится при помощи математического аппарата извлечь из этих принципов информацию и составить прогнозы. В основе рациональной физики (начиная от Галилея и Ньютона) лежала теория, имеющая главным образом **прогнозирующее значение**. В дальнейшем она все больше и больше

признавалась **средством познания** наблюдаемых явлений. Сегодня значение какой-либо теории оценивается ее способностью в небольшом числе аксиоматических идей передать большое число не связанных между собой фактов.

Численное представление часто рассматривается в качестве некоторого простого инструмента, дающего возможность упростить эти манипуляции или отбросить их, если они становятся слишком сложными. Это положение, возможно, и является оправданным во всем, что касается фундаментальной физики, но оно гораздо менее оправдано в прикладной физике. Численное представление приобретает тем более ярко выраженные свойства, чем ближе мы подходим к границе (весьма, впрочем, зыбкой) между самой физикой и инженерными науками.

В этих областях работа на компьютере гораздо ближе к экспериментальной, чем теоретической. Приведем несколько примеров.[51, 52]

1) Как и эксперимент, численная модель имеет некую физическую основу, на которой она покоится: научно разработанные программы часто содержат тысячи и десятки тысяч команд на языке высокого уровня. Практические задачи машинной обработки играют в таком случае определяющую роль. Объем памяти используемой компьютером, время вычисления, организация программ и даже выбранные алгоритмы зависят именно от них. Программы вычислений в метеорологии, астрофизике и даже при термоядерной реакции требуют часов, может быть, даже сотен часов вычислений на самых мощных компьютерах. Даже **простая обработка** полученных результатов поднимает именно практические вопросы, не имеющие ничего общего с вопросами, **занимающими теоретиков**.

2) Физический эксперимент часто представляет собой некую модель действительности, которую мы и стремимся осмыслить. Если же эта действительность слишком сложна (когда эксперименты неосуществимы или слишком дороги для того, чтобы проводить их необходимое количество раз) тогда мы, естественно, стремимся к построению некоторой более простой

экспериментальной модели. Таким образом, большинство физических экспериментов служит для изучения не полной проблемы, а одной из ее частных моделей. Численная модель очень напоминает эксперименты такого рода и очень часто говорят о «численных опытах» в прикладной физике.

3) Численная модель строится, начиная с машинного представления законов, описывающих некоторую данную физическую ситуацию. Когда явления достаточно сложны, полученные результаты, как правило, отличаются от ожидаемых. **Экспериментатор**, как и специалист по информатике<sup>8</sup>, должен в этом случае проводить анализ, чтобы вникнуть во все детали данного явления. В эксперименте этот анализ опирается на измерения; в численном анализе мы отталкиваемся от промежуточных результатов и вычисляем вспомогательные величины (например, потоки или интегральные потери). Еще только имея общее понятие об эксперименте, уже следует подумать об анализе, который потребуется для его удачного осуществления. Аналогичным образом запись какой-либо программы должна обеспечить возможность доступа к важным вспомогательным величинам. Программа без выходов так же бесполезна, как и опыт без измерений. **Числовой алгоритм** оказывается, таким образом, то **инструментом теории**, то неким **новым типом эксперимента**. В действительности же решение численной модели на компьютере и математическая модель в теории должны рассматриваться как одинаково важные. В современных исследованиях взаимодействие между этими тремя инструментами исследования заменило диалог между теорией и экспериментом (рис. 5.2).

Численная модель заимствует у теории основы компьютерного представления. В сложных ситуациях она апостериорно подтверждает или опровергает те или иные упрощающие гипотезы. Численная модель проверяется экспериментально, так же как и теория. В свою очередь, численная модель может использоваться как средство прогнозирования в эксперименте —

---

<sup>8</sup> Специалист по информатике—специалист, обладающий одновременно знанием программного обеспечения ЭВМ и тех математических моделей, которые они отражают. (Прим. ред.)

в этом случае моделируются неизвестные или непроверяемые экспериментально явления, и численная модель используется для определения параметров, лучше всего приближающихся к известным результатам.

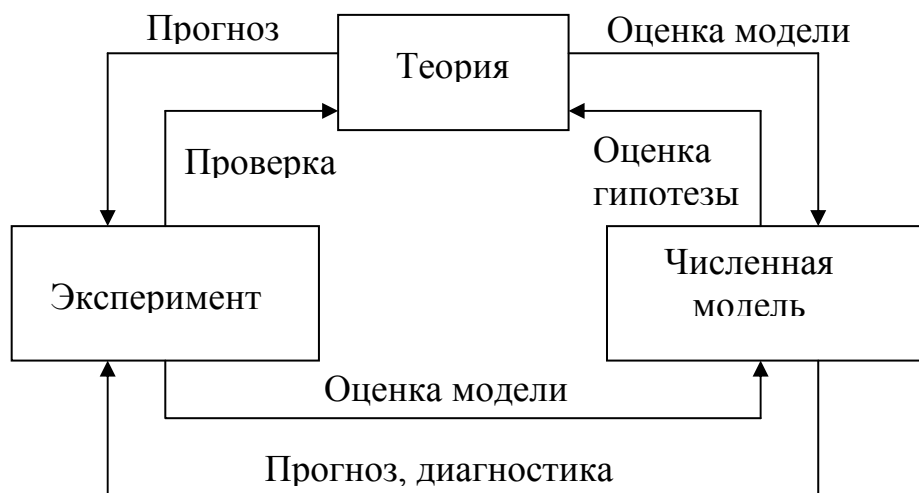


Рис.5.2.

Эта методика моделирования применяется сейчас тем шире, чем доступнее становятся вычислительные системы большой мощности.

Каковы же преимущества и неудобства численной модели? По отношению к эксперименту численные средства имеют то неудобство, что они являются всего лишь моделями. Нужно уметь отличать ту часть результатов, которая представляет теорию, от той, которая представлена особенностями численной модели. В данной работе мы рассмотрели некоторые из этих особенностей: округление, неустойчивость решения, ошибки усечения и т. д.

Численная модель не может заменить собой словесную формулировку, которая имеет гораздо более богатую семантику. Между тем, математический анализ какой-либо задачи в большинстве случаев требует ограничивающих предположений. Даже когда вычисления могут быть доведены до конца, малейшее изменение начальных предположений грозит опрокинуть всю систему вычислений. Математический анализ дает только решение линейного уравнения с постоянными коэффициентами. Но даже в таком простейшем случае полученные формулы должны быть вычислены путем численного анализа без какого-либо особого их приспособления к этому вычислению.

Более того, полная численная модель позволяет вычислять наиболее обоснованные из некоторых упрощений, необходимых теоретической модели, чтобы остаться разрешимой. Алгоритм решения некоторого нелинейного уравнения позволяет определить, законна ли гипотеза линеаризации коэффициентов, которая является единственным условием, дающим возможность аналитического рассмотрения.

Такое признание численного моделирования теоретических моделей является одним из самых значительных вкладов компьютера в прикладную физику. Конечно, эксперимент также позволяет узаконить ту или иную теоретическую модель, но интерпретация в данном случае не является такой же ясной. В самом деле, весьма трудно с уверенностью выделить действие (эффект) параметра, управляющего явлением. Численная модель обладает двумя свойствами, часто отсутствующими у эксперимента: результаты, полученные численным путем, воспроизводимы, даже при моделировании случайных (произвольных) явлений и их прогнозирование более совершенно. Действительно, все детали численной модели могут быть известны в любой момент, для чего не надо прибегать к модификации ее поведения. Физические эксперименты обладают этими свойствами только в исключительных случаях.

Теперь мы можем ответить и на первый вопрос: каким образом нужно использовать численную модель?

Необходимо сравнить ее с двумя другими орудиями — теорией и экспериментом. Численная модель требует правильной теоретической модели. Необходимо понимать, что некорректная в математическом отношении задача не может быть исправлена компьютером. Если теоретическая модель дает вычисляемый ответ — задача решена. Если же получить полный ответ невозможно, можно рассмотреть и численную модель. Последняя становится необходимой, если невозможно быстро и с наименьшими затратами провести эксперимент, позволяющий решить задачу. В таком случае необходимо правильно сбалансировать трудности эксперимента, практические задачи машинной обработки и составление программы.



Надо очень осторожно использовать такие пакеты прикладных программ, как, например, STATGRAPHICS, в которой математические модели программ: корреляции, регрессии и др. справедливы лишь при выполнении дополнительных условий: представительной выборки, вида распределения. На практике это не только обычно недостижимо, но и само по себе является целью эксперимента, но пользователю это никто не объясняет.

Хорошо, что издательство «ПИТЕР» книги В. Дюк Обработка данных на ПК в примерах. (1997) оказалось настолько прозорливо, что на стр.2 в выходных данных дало следующий текст: *...Издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственность за возможные ошибки, связанные с использованием книги...*

Проблема обработки данных будет подробно рассмотрена во второй части по публикациям [53, 54].

## **5.2. Как строится численная модель.**

**а. Математические основы.** Численная модель может представлять только корректную в математическом отношении теорию: Компьютер не в состоянии устранять неопределенность, обрабатывать данные по аналогии, производить аналитическое развитие процесса и т. д. Все операции должны быть переведены на принятый язык вычислений, в противном случае получим ответ, зависящий от состояния системы, т. е. не имеющий смысла, либо вообще его не получим.

**Численная модель требует упорядочения математических выражений и уточнения в них всех неопределенностей** — в этом одна из ее больших заслуг. И конечно, не следует перекладывать на вычислительную систему ответственность за неверные результаты, нужно просто **уметь интерпретировать полученные результаты.**

Рассмотрим примеры системного анализа из [49,50] как наиболее упорядоченные с точки зрения представления типов информационных описаний и используемой совокупности математических методов. Анализ этих задач позволит выявить некоторые общие системные проблемы, для изучения которых, может быть использовано несколько математических конструкций. При этом подчеркнем, что не существует единственной модели данной системы: существует множество моделей, каждая из которых обладает характерными **математическими свойствами** и каждая из которых пригодна для изучения определенного класса вопросов, связанных со структурой и функционированием системы.

**Важно не путать исследование свойств математической модели со свойствами самих систем.**

### Пример1. Макроэкономика [49]

Рассмотрим экономический комплекс, состоящий из  $n$  секторов, выпускающих продукцию  $x_1, x_2, \dots, x_n$  соответственно. Предположим для определенности, что выпуск продукции измеряется в долларах в год, причем продукция, выпускаемая каждым сектором, используется как самим сектором, так и другими секторами комплекса и внешними потребителями.

Пусть  $a_{ij}$  представляет собой часть продукции, выпускаемой  $i$ -м сектором, которая необходима для производства единицы продукции  $i$ -го сектора ( $i, j=1, 2, \dots, n$ ). Внешнее потребление продукции, выпускаемой  $i$ -м сектором, обозначим через  $y_i$ . Тогда можно записать следующее уравнение материального баланса:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + y_i, \quad i=1, 2, \dots, n.$$

Данная элементарная модель может быть использована для определения объема продукции, необходимой для удовлетворения заданного спроса при существующей технологии, которая описывается с помощью коэффициентов  $a_{ij}$ . Возможные обобщения и детализация этой модели образуют основу для так

называемой *модели затраты — выпуск*. Матрицу технологических коэффициентов  $A = [a_{ij}]$  часто называют леонтьевской матрицей.

Этот пример показывает, что задача сводится к исследованию математических свойств матриц.

### Пример2. Динамика водохранилищ [49]

Упрощенный вариант системы водохранилищ показан на рис. 5.3. Выходами системы являются сток  $y_1$  и доля грунтовых вод  $y_2$  в этом стоке, внешними входами — осадки  $r_1$  и  $r_2$ . Наполнение наземных водохранилищ в момент времени  $t$  обозначено через  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$  и  $x_3(t)$ , наполнение подземного

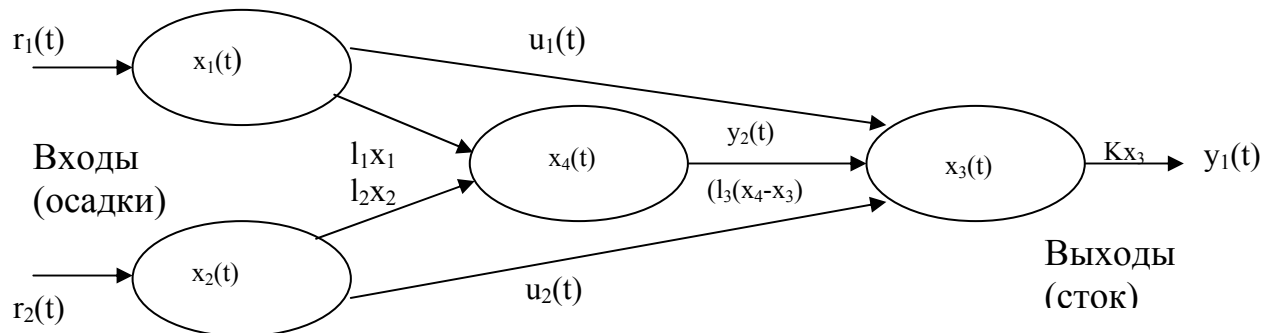


Рис.5.3. Сеть водохранилищ.

резервуара (с учетом просачивания)—через  $x_4(t)$ , а пропуски воды из водохранилищ—через  $u_1$  и  $u_2$ . Учет связи между поверхностным стоком и грунтовыми водами осуществляется с помощью выражения  $l_3(x_4 - x_3)$ ; коэффициент  $k$  характеризует поверхностный сток, а коэффициенты  $l_1$  и  $l_2$ —грунтовый.

Уравнения неразрывности немедленно приводят к следующим динамическим соотношениям:

$$x_1(t+1) = x_1(t) - l_1x_1(t) - u_1(t) + r_1(t),$$

$$x_2(t+1) = x_2(t) - l_2x_2(t) - u_2(t) + r_2(t),$$

$$x_3(t+1) = x_3(t) + l_3(x_4 - x_3) - kx_3(t) + u_1(t) + u_2(t),$$

$$x_4(t+1) = x_4(t) + l_1x_1(t) + l_2x_2(t) - l_3(x_4 - x_3).$$

Измеряемые выходы системы имеют вид

$$y_1(t) = kx_3(t),$$

$$y_2(t) = l_3(x_4 - x_3).$$

Приведенное выше описание системы может оказаться полезным при изучении ряда важных вопросов, связанных с управлением паводками, оптимальной стратегией попусков (водосбросов), точным определением уровня грунтовых вод и т. д.

**Здесь задача сводится к математическим свойствам решения системы алгебраических уравнений.**

### **Пример 3. Система хищник—жертва [49]**

Одной из наиболее популярных проблем науки о живой природе является исследование взаимодействия сообществ хищники—жертвы в некоторой ограниченной среде обитания.

Рассмотрим для простоты экосистему, в которой хищники и жертвы разделяются на два непересекающихся множества. Пусть множество хищников состоит из следующих элементов:

$$Y = \{\text{люди, львы, слоны, птицы, рыбы, лошади}\},$$

а множество жертв —

$$X = \{\text{антилопы, зерно, кабаны, скот, трава, листья, насекомые, рептилии}\}.$$

Определение точных количественных динамических связей, существующих между хищниками и жертвами, является довольно сложной задачей. Как правило, с уверенностью можно утверждать только, что определенные хищники выбирают вполне определенные жертвы. В подобной ситуации описание системы в терминах отношения инцидентности может дать совершенно неожиданную информацию о фундаментальной структуре экосистемы.

Определим отношение  $\lambda$  между множествами  $X$  и  $Y$  следующим образом:

Отношение  $\lambda$  существует между хищником  $y$  и жертвой  $x$  тогда и только тогда, когда хищник  $y$  поедает жертву  $x$ . Отношение  $\lambda$  удобно описывать с помощью матрицы инцидентий  $A$

		$X$							
		Анти- лопы	Зерно	Каба- ны	Скот	Трава	Листья	Насе- комые	Репти- лии
$Y$	Люди	1	1	1	1	0	0	0	0
	Львы	1	0	1	0	0	0	0	0
	Слоны	0	0	0	0	1	1	0	0
	Птицы	0	1	0	0	1	0	1	1
	Рыбы	0	0	0	0	0	0	1	0
	Лошади	0	1	0	0	1	0	0	0

причем, если хищник  $y$  поедает жертву  $x$ , то  $\lambda = 1$ , в противном случае  $\lambda = 0$ . Анализируя матрицу инцидентий  $A$ , можно выявить некоторые совершенно неочевидные структурные свойства системы *хищник—жертва*.

Таким образом, даже в отсутствие очевидных динамических уравнений оказывается возможным построить содержательное (и плодотворное) математическое описание изучаемой системы.

#### Пример 4. Двоичный выбор [49]

При анализе многих системных задач, представляющих практический интерес, разумно предполагать, что система стремится минимизировать некоторую (быть может, неизвестную) потенциальную функцию. Это означает, что в отсутствие внешних возмущений система стремится к состоянию равновесия, которому соответствует минимум энергии некоторого *силового поля*, причем природа этого поля может быть различной.

Для иллюстрации этого положения рассмотрим случай, когда возможны два варианта выбора в зависимости от значений некоторой функции полезности  $U(x, a, b)$ , где  $x$ —переменная, описывающая выбор;  $a$  и  $b$ —параметры, от

которых этот выбор зависит. Тогда можно определить функцию бесполезности как  $E(x, a, b) = -U$  и построить модель, в которой эта функция минимизируется.

Допустим, что между двумя пунктами возможны маршруты  $A$  и  $B$ , стоимость которых  $C_A$  и  $C_B$  соответственно. Внешние параметры  $a$  и  $b$  являются функциями разности стоимостей  $C = C_B - C_A$ . Предположим, что  $x < 0$  соответствует маршруту  $A$ , а  $x > 0$  — маршруту  $B$ . Тогда можно построить функции  $a(C)$  и  $b(C)$ , такие, что найдется такое число  $\lambda$ , что:

Если  $C > 0$  и велико по модулю, то возможен выбор только маршрута  $A$  и, следовательно,  $x < 0$ ;

Если  $C < 0$  и велико по модулю, то возможен выбор только маршрута  $B$  и, следовательно,  $x > 0$ ;

Если  $0 < C < \lambda$ , то наиболее вероятным является выбор маршрута  $A$ , хотя возможен выбор и маршрута  $B$ ;

Если  $-\lambda < C < 0$ , то наиболее вероятным является выбор маршрута  $B$ , хотя возможен выбор и маршрута  $A$ ;

Если  $C = 0$ , то вероятности выбора каждого маршрута одинаковы.

Для построения модели процесса выбора нам потребовалась всего лишь функция бесполезности. Другими словами, мы не испытывали необходимости в более подробном описании внутренней динамики процесса (которого для большинства социально-экономических систем просто нет). Более того, нам не нужно даже знать точного вида функции  $E(x, a, b)$ . Единственно, что требуется, — это наша готовность признать сам факт существования такой функции, а все остальное следует из абстрактных математических рассуждений и имеющихся; численных данных (включая и точный вид кривой, представленной на рис. 5.4, поскольку это необходимо для количественного моделирования данной системы).

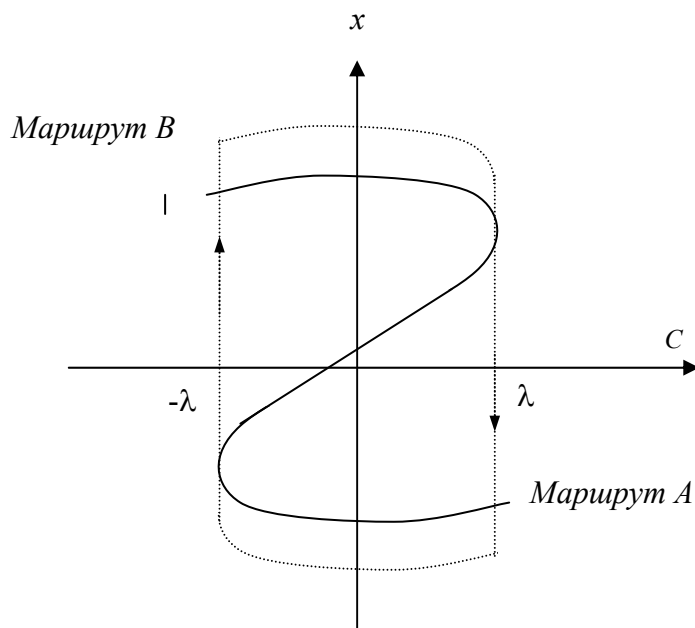


Рис.5.4. Двоичный выбор маршрутов.

Классический пример методов функционального анализа.

### Пример 5

В [55] З. Бржезинский приводит таблицу «Показатели уровня кризиса в коммунистических странах». Эта таблица представляет некий казалось бы произвольный набор признаков как срез социальных настроений в обществе. А сформированная интегральная оценка позволила прогнозировать результат развития социального строя социалистических государств

### Показатели уровня кризиса в коммунистических странах

Таблица 5.1 из [55]

	СССР	Китай	Восточная Германия	Польша	Чехословакия	Венгрия	Румыния	Болгария	Югославия	Вьетнам	Куба	Северная Корея	Ангола	Мозамбик	Эфиопия
Социализм потерял привлекательность для масс	1	2	1	3	2	3	3	1	2	2	3	1	3	3	3

Социальный пессимизм о будущем	2	0	1	3	2	3	3	1	2	2	3	2	3	3	3
Падение уровня жизни	2	0	1	3	2	2	3	1	3	3	3	2	3	3	3
Коммунистическая партия лишается привлекательности	2	0	0	3	2	2	3	1	2	1	1	0	1	3	1
Увеличивается религиозная активность	1	0	0	3	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
Национализм вступает в противоречие с идеологией	1	0	1	3	2	3	2	1	3	1	1	1	2	1	2
Растет экономическая приватизация	1	2	1	2	1	3	0	0	2	1	0	0	1	1	0
Социальная активность политической оппозиции	1	1	1	3	1	2	0	0	2	0	0	0	3	3	2
«Низы» открыто требуют политического плюрализма	2	2	0	3	1	3	1	0	3	0	1	0	2	2	2
Режим защиты прав человека	2	1	1	1	2	1	3	1	2	2	2	2	1	2	3
Общий результат	15	8	7	27	16	23	18	6	22	12	15	8	19	21	20

Шкала соответствий:

3 = очень правдиво

2 = правдиво

1 = частично правдиво

0 = не правдиво

Уровни кризиса среди Коммунистических режимов:

меньше 10 = нет кризиса – 4 страны

от 10 до 19 = кризис – 6 стран

больше 19 = серьезный кризис – 5 стран

Наиболее поучительным в этом примере является выбор косвенных характеристик отражающих социальные настроения в обществе и выбор шкалы измерения, которые и позволяют построить интегральную оценку, несущую информацию о тенденции развития общества.

Здесь нет математики в привычном смысле но построение этой прогностической модели и подтверждение ее результатов свидетельствует о классификации и **профессионализме автора.**



### 5.3. Математическое описание

Рассмотренные примеры свидетельствуют о том, что абстрактная характеристика данной ситуации может быть получена с помощью разных типов математического описания. Однако при этом естественно возникает вопрос: а для чего вообще нужно какое-либо математическое описание? Ответ на этот вопрос в значительной степени связан с нетривиальностью современных научных результатов и необходимостью уметь выделять существенные свойства описательных моделей. Кроме того, использование именно математического описания обусловлено следующими важными соображениями.

**Компактность.** Словесное (или вербальное) описание системы (или процесса), как правило, представляет собой нагромождение нечетких высказываний, которые лишь затуманивают существо дела. Избавиться от таких нечетких и не до конца продуманных соображений помогает компактная математическая символика. Математическое описание дает нам аналог знакомой картины и оказывается информативнее словесного описания.

**Ясность.** Использование математического описания позволяет каждому аспекту изучаемого процесса поставить в соответствие определенный математический символ, в результате чего становится более наглядной взаимосвязь, существующая между различными параметрами процесса. Более того, подобное сопоставление позволяет гораздо проще, чем словесное описание, установить, не были ли упущены какие-либо существенные переменные, или, напротив, не были ли внесены какие-либо дополнительные несуществующие сложности при построении описания.

**Возможность численного анализа.** Как только сделан выбор некоторого математического описания, последнее «начинает жить» собственной жизнью, более или менее независимой от самого исследуемого процесса. Другими словами, математическим описанием можно манипулировать в соответствии с

обычными законами логики в надежде получить нетривиальное представление о самой системе. Кроме того, математическая модель дает основу для численного анализа, с помощью которого могут быть получены данные не только описательного, но и прогностического характера.

Рассмотрим кратко некоторые типы математического описания.

### 5.3.1. Внутреннее описание

Со времен Ньютона динамические процессы описывали на языке дифференциальных (или разностных) уравнений, т. е. в терминах некоторых естественно выбранных переменных, таких как положение, температура, скорость и т. д. В общем виде такое описание может быть представлено как

$$\dot{x} = f[x(t), u(t)], \quad x(0) = x_0, \quad y(t) = h[x(t), u(t), t],$$

где  $x(t)$ — $n$ -мерный вектор, компоненты которого описывают состояние системы в момент времени  $t$ ,  $y(t)$ — $p$ -мерный вектор наблюдаемых выходов системы,  $u(t)$ — $m$ -мерный вектор входов системы и  $x_0$  — начальное состояние системы. В дискретном времени динамика системы может быть описана с помощью разностных соотношений

$$x(k+1) = F[x(k), u(k), k], \quad x(0) = x_0,$$

$$y(k) = H[x(k), u(k), k]$$

Наиболее важным свойством такого описания является то, что оно дает нам представление о поведении системы в некоторой локальной окрестности текущего состояния. При этом неявно предполагается, что локальная информация может быть каким-то образом «собрана воедино», что позволит понять глобальное (во времени или пространстве) поведение системы. Такой подход оказался достаточно обоснованным для анализа многих физических и технических задач. Однако возможность его использования в случае менее изученных объектов, в особенности систем социально-экономической природы, вовсе не очевидна.

Интересно отметить, что математическое описание указанного типа начали использовать только со времен Ньютона. До этого при описании физических процессов придерживались точки зрения, высказанной Аристотелем, согласно которой **важность целого превышает важности его составляющих**. Другими словами, значимость элементов, составляющих некоторое множество, трактовалась через значимость самого множества (как целого). Взгляды Аристотеля господствовали в физике на протяжении многих столетий, пока Галилей не высказал иную точку зрения, которая впоследствии была обоснована Ньютоном: **целое объясняется свойствами его элементарных (локальных) составляющих**.

Простые примеры локального описания можно найти в элементарной физике. Известно, например, что колебательное движение груза (маятника) единичной массы, подвешенного на нерастяжимой и невесомой нити единичной длины, описывается уравнением

$$\ddot{x} + a\dot{x} + \sin x = u(t),$$

где  $a$ —коэффициент трения,  $u(t)$ —внешняя сила, действующая на груз, а  $x(t)$ —отклонение груза от положения равновесия. Таким образом, уравнение описывает мгновенное изменение положения и скорости маятника как функцию его текущего состояния (положения) и скорости, т. е. мы имеем локальное описание в координатах **положение — скорость**, что характерно для всех описаний динамических процессов на языке дифференциальных или разностных уравнений.

### 5.3.2. Внешнее описание

Тип математического описания, с которым чаще всего приходится иметь дело ученому-экспериментатору,—это связь *вход — выход*. Во многих отношениях такое описание диаметрально противоположно частному, локальному описанию, поскольку оно не содержит деталей и единственным доступным источником информации является закономерность (отображение),

связывающая выходы системы с ее входами. При этом ничего не известно о **внутреннем механизме** преобразования входов в выходы. По этой причине связь вход — выход часто называют **внешним описанием** системы в отличие от **внутреннего**, или локального, описания (рис. 5.5).

Внутренние и внешние описания позволяют рассматривать систему как устройство, преобразующее входы в выходы в соответствии с правилами, определенными внутренним описанием. Иными словами, система  $\Sigma$  является информационным процессором в некотором обобщенном смысле.

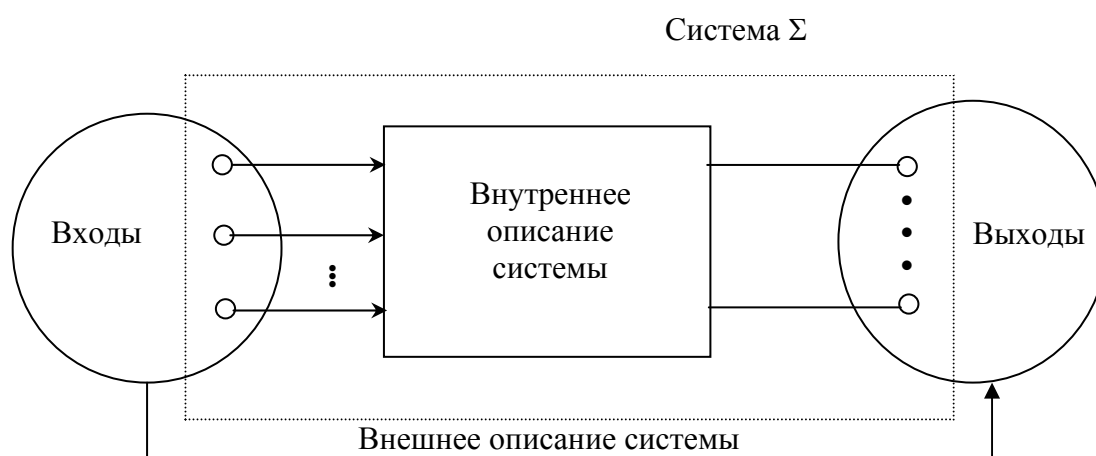


Рис.5.5. Внутреннее и внешнее описание системы  $\Sigma$ .

Очевидно, что внутреннее описание говорит нам гораздо больше о способе действия системы, поскольку каждое такое описание порождает внешнее описание. Тем не менее построение модели связано с решением диаметрально противоположного вопроса: может ли внутренняя модель «объяснить» каждое внешнее описание? Ответом на этот вопрос по существу является решение так называемой **задачи реализации**, которая представляет собой один из важных аспектов математической теории систем.

Наиболее «сырая» возможная ситуация, при которой возникает необходимость в описании типа **вход — выход**, имеет место, когда мы располагаем всего лишь **таблицей** элементов (часто чисел), характеризующих **реакцию (выход)** системы на различные **внешние воздействия (входы)**. В этом случае внешнее описание системы эквивалентно отображению

$$f : \Omega \rightarrow \Gamma,$$

где через  $\Omega$  обозначено множество возможных входов, а через  $\Gamma$  — множество возможных выходов системы. Как отмечалось, во многих задачах (в частности, психологии, экономики и общественных наук) множества  $\Gamma$  и  $\Omega$  представляют собой конечный набор элементов, связь между которыми описывается с помощью функции  $f$ .

### 5.3.4. Энтропия и потенциальная функция

При изучении системы с более «целеустремленной», или информационно-теоретической, точки зрения описание системы дается на языке энтропии и потенциальных функций. По аналогии с классической механикой и теорией поля можно рассматривать реакцию системы на внешнее воздействие как динамическое изменение состояния системы, в процессе которого она стремится минимизировать некоторую потенциальную функцию. В зависимости от конкретного вида системы и принятых допущений такая динамика может быть локальной в смысле движения системы к относительному минимуму, ближайшему к текущему состоянию, или глобальной в смысле движения к абсолютному (глобальному) минимуму соответствующей потенциальной функции (рис. 5.6).

Описание динамического процесса на языке потенциальных функций включает следующие составляющие:

- пространство состояний (фазовое пространство)  $X$ ,
- набор входных функций  $Q$ ,
- гладкое отображение  $f: X \times \Omega \rightarrow R$ ,

где  $R$  есть пространство действительных чисел. При этом предполагается, что система ведет себя так, что при фиксированном входе  $\omega \in \Omega$  ее наблюдаемое состояние соответствует локальному минимуму функции  $f$ .

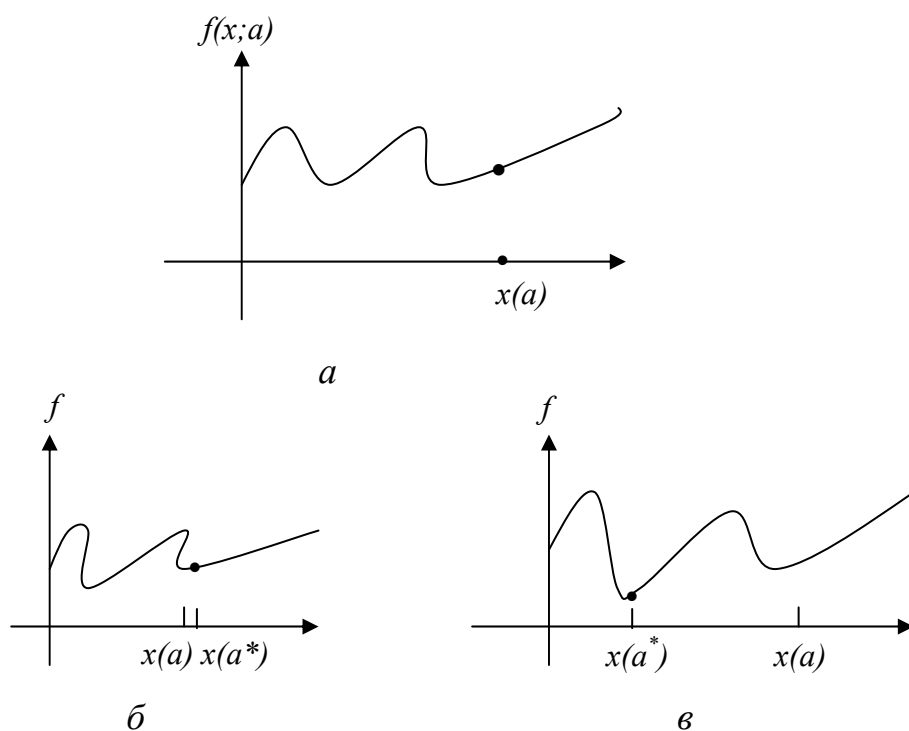


Рис. 5.6. Описание системы с помощью потенциальной функции.

$a$ —основная идея;  $б$ —движение к локальному минимуму;  $в$ —движение к глобальному минимуму:  $x(a)$ —начальное положение системы, где  $a$ —внешний параметр;  $f(x, a)$ — потенциальная функция. Замена параметра  $a$  на  $a^*$  приводит к изменению положения минимума функции  $f$ .

Использование потенциальных функций для описания хорошо изученных физических систем оказалось весьма удачной альтернативой внутренним описаний. Успешное применение такого подхода в классической физике обусловлено существованием незыблемых вариационных принципов, таких как принципы Гамильтона, Ферма и Даламбера. В большинстве случаев внутреннее описание физического процесса на языке потенциальных функций естественным образом вытекает из описания с помощью потенциальных функций в силу уравнений Гамильтона—Якоби и Эйлера—Лагранжа.

В системах, которые являются предметом изучения общественных наук, возможность использования подобного описания не столь обоснована из-за

сложности применения вариационных принципов. Однако в ряде случаев при анализе устойчивости или в теории катастроф знание точного вида потенциальной функции не является необходимым для определения важных качественных свойств системы—важен лишь сам факт ее существования (гл. 5).

С описанием системы на языке потенциальных функций тесно связана идея описания поведения систем с помощью энтропии. Как известно из классической термодинамики, энтропия является мерой беспорядка, существующего в данной физической системе. Мерой упорядоченности системы является отрицательная энтропия, или **негэнтропия**. В основе описания динамического процесса с помощью энтропии лежит предположение о преобразовании системой негэнтропии входа в информацию. Это означает, что **все замкнутые системы изменяются таким образом, что минимизируют изменение энтропии**. Таким образом, становится очевидной связь между описаниями на языке потенциальных функций и энтропии.

Чтобы показать общность описаний в терминах энтропии, перечислим основные аксиомы.

**Аксиома 1.** Система  $\Sigma$  является частью некоторой вселенной  $\varepsilon$  и развивается только постольку, поскольку она преследует некоторую цель  $\nu$ .

**Аксиома 2.** Для достижения цели  $\nu$  система  $\Sigma$  воспринимает информацию  $I$  из окружающей среды и использует эту информацию для перестройки собственной организации (внутренней структуры)  $a$ , в результате которой увеличилась бы негэнтропия  $n$ , и для оказания воздействия  $A$  на окружающую среду.

**Аксиома 3. (Принцип эволюции.)** Структурная энтропия  $E$  системы  $\Sigma$  определяется соотношением

$$dE == dI/n$$

и является неубывающей функцией эволюции  $\Sigma$ .

**Аксиома 4.** Вселенная  $\varepsilon$  не может наблюдать собственную эволюцию.

В силу этих аксиом уравнение состояния системы имеет вид

$$f(H_e, H_i, \nu) = 0,$$

где  $H_e$ — внешняя энтропия системы  $\Sigma$  по отношению к фиксированному наблюдателю  $R$ ,  $H_i$ —внутренняя энтропия системы  $\Sigma$  по отношению к наблюдателю  $R$ ,  $\nu$ —цель системы  $\Sigma$  с точки зрения наблюдателя  $R$ . При таком подходе к описанию системы наблюдатель (или лицо, принимающее решения) играет особую роль, а именно, роль внутренней и внешней информации для поведения системы

Анализируя уравнение состояния, можно заметить, что знание функции  $f$  позволяет вычислить структурную энтропию  $E$  системы с помощью соотношения

$$dI = \alpha dH_e + \beta dH_i,$$

описывающего обмен информацией, где  $\alpha$  и  $\beta$ —некоторые постоянные.

#### 5.4. Глобальные свойства системы.

Для иллюстрации фундаментального различия между локальным и глобальным описаниями системы рассмотрим простой пример- математический маятник (рис. 5.7).

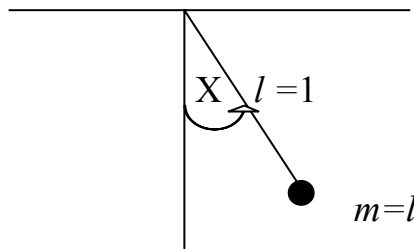


Рис.5.7.Математический маятник

Если отклонение маятника от вертикали обозначить через  $x(t)$ , то в локальной окрестности любого такого положения можно записать динамические уравнения движения

$$\ddot{x} + \sin x = 0, \quad x(0) = x_0, \quad \dot{x}(0) = 0,$$

в безразмерных единицах. Это уравнение описывает локальное поведение маятника в (бесконечно малой) окрестности положения  $x(t)$ . Можно попытаться



«склеить» подобные локальные описания для последовательных точек в надежде достичь понимания глобального поведения. Хотя иногда такой подход оказывается успешным, непредвиденные проблемы, возникающие при его использовании, существенно снижают его эффективность.

Холист, исходя из концепции целостности, приступая к решению этой же задачи, прежде всего заметил бы, что должны соблюдаться **определенные глобальные свойства системы**, и поэтому любое локальное поведение должно удовлетворять ограничениям, налагаемым глобальными свойствами. Если к тому же эти ограничения достаточно жестки, то можно ожидать, что любые локальные движения ими определяются однозначно.

В случае маятника такие глобальные ограничения определяются принципом Гамильтона—Якоби, согласно которому, глобальное движение системы соответствует минимуму полной энергии системы. Вводя гамильтониан

$H =$  Кинетическая энергия + Потенциальная энергия,

видим, что движение системы должно быть таким, что

$$H(x, \dot{x}) = (1/2)\dot{x}^2 + 1 - \cos x$$

достигает минимума. Это уравнение, очевидно, может быть сведено к уравнению движения, приведенному выше, т. е. локальные уравнения движения могут быть получены как следствие глобального принципа, а не выведены на основе рассуждений локального характера и использования второго закона Ньютона.

С концептуальной точки зрения такое различие является фундаментальным.

Для систем, рассматриваемых в социально-экономических приложениях, не существует общих законов (по крайней мере сейчас), и мы вынуждены ограничиться рассмотрением ряда глобальных свойств и методов работы с ними, рассчитывая на то, что освещение различных аспектов задачи поможет понять ее структуру в целом.

В качестве примера использования глобального подхода для решения системных задач рассмотрим ситуацию с заторами на транспортной магистрали. Учитывая наличие множества факторов, влияющих на дорожную ситуацию, можно попытаться «склеить» локальные описания, полученные методом Монте-Карло или методами теории очередей и т. д. Такой подход позволяет выявить множество деталей, однако в большинстве случаев остается неясным, как можно использовать полученные результаты для анализа других дорожных ситуаций. Холист в этом случае прибегнул бы к помощи статистической физики и попытался описать подобную ситуацию одним уравнением, пренебрегая дистанцией между машинами, причинами заторов и т.д. Главным для него было бы значение параметра  $q$ —плотности потока машин (число машин в час на километр пути). Время  $T_A$  (минуты), необходимое для преодоления 1 км дороги, можно представить как сумму двух слагаемых

$$T_A = T_{A0} + k \cdot n_A$$

где  $T_{A0}$  время необходимое для преодоления участка дороги длиной  $A = 1$  км без учета помех со стороны других машин ( $q \approx 0$ ) ( $T_{A0} = 0,5$  мин/км соответствует скорости свободного движения 120 км/ч);  $k \cdot n_A$ —дополнительное время, необходимое для преодоления участка  $A = 1$  км, пропорциональное числу машин  $n_A$ , находящихся на участке  $A$  в течение времени  $T_A$  (т. е. задержка в условиях заторов является линейной функцией числа торможений и ускорений, или числа  $n_A$  машин, участвующих в движении). Число  $n_A$  является произведением плотности потока машин (транспорта)  $q$  и длительности периода времени  $T_A$ :

$$n_A = \frac{q \cdot T_A}{60}.$$

Учитывая предыдущие соотношения, получаем

$$T_A = \frac{T_{A0}}{1 - k \frac{q}{60}}$$

Функция  $T_A = f(q)$  является выпуклой: каждая дополнительная машина, приводящая к росту  $q$ , не только задерживается на участке  $A$ , но и является причиной задержки других машин. При значениях  $T_{A0} = 0,5$  и  $k = 0,0266$  имеется хорошее согласие между кривой и экспериментальными данными (рис. 5.8). Полученное уравнение дает значения для  $q$ , лежащие гораздо ниже теоретического значения плотности  $q_\infty = 2255$  машины в час, соответствующей «параличу дороги». Таким образом, глобальный подход позволяет построить содержательную модель временных задержек в транспортной магистрали с заторами.

Как продолжение этого принципа приведем локальный подход, рассмотренный в [50]. Рассматривается задача максимизации потока автомобилей, движущихся в один ряд. Интуитивно напрашивается модель, в которой ускорение каждого автомобиля с задержкой, равной времени реакции водителя  $T$  секунд, пропорционально относительной скорости следующего впереди автомобиля.

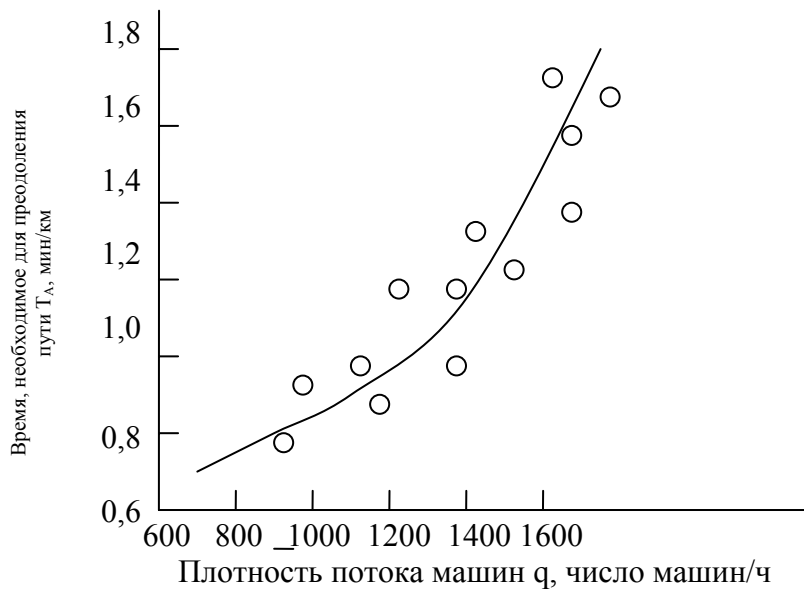


Рис. 5.8. Задержки, вызванные транспортными заторами.

Временное уравнение:  $T_A = T_{A0} + k \frac{q}{60} T_A$ ;  $T_{A0} = 0,50$  и  $k = 0,0266$

Таким образом, если  $x(n,t)$ - мгновенное положение  $n$ -го автомобиля и если следующий впереди автомобиль имеет номер  $(n-1)$ , то

$$\frac{d^2}{dt^2} x(n,t+T) = \alpha \left[ \frac{d}{dt} x(n-1,t) - \frac{d}{dt} x(n,t) \right] \quad (5.4.1)$$

В этом уравнении  $\alpha$  – постоянная, называемая чувствительностью. Поскольку

$$\frac{d}{dt} x(n,t) = \frac{d}{dt} x(n-1,t) - \frac{1}{\alpha} \frac{d^2}{dt^2} x(n,t+T),$$

легко видеть, что чем больше значение  $\alpha$ , тем быстрее каждый водитель реагирует на изменение скорости предыдущего автомобиля. Действительно, в пределе все автомобили во все моменты времени имеют одинаковые скорости.

Следует ожидать, что чувствительность обратно пропорциональна расстоянию между автомобилями, а не постоянна. Поскольку более точно модель должна иметь вид

$$\frac{d^2}{dt^2} x(n,t+T) = \alpha_0 \left[ \frac{\frac{d}{dt} x(n-1,t) - \frac{d}{dt} x(n,t)}{x(n-1,t) - x(n,t)} \right], \quad (5.4.2)$$

где  $\alpha_0$  – постоянная. Но уравнение (5.4.1) – существенно более простая линейная модель, тогда как модель (5.4.2) линейная. Постоянные  $\alpha$  и  $T$  или  $\alpha_0$  и  $T$  являются эмпирическими, т.е. их следует выбирать так, чтобы предсказанный выход модели наиболее точно соответствовал реальной ситуации.

Для того чтобы модель (5.4.1) или (5.4.2) задавала управление, следует выбрать критерий. При этом могут быть предъявлены следующие требования.

Скорость автомобиля  $V$  должна быть заданной функцией расстояния  $y$  между машинами:  $V = F(y)$ .

Чтобы поддерживался равномерный поток машин, маневрирование путем ускорения и замедления должно быть минимизировано: минимизировать  $a$ , где  $a$  – ускорение.

Скорость автомобиля должна иметь некоторое желаемое значение  $V_d$ .

Таким образом, в данном случае критерием может быть минимизация интеграла

$$J = \int_{t_0}^{t_f} \{ [V - F(y)]^2 + \lambda a^2 + \mu (V - V_d)^2 \} dt \quad (5.4.3)$$

где  $\lambda$ ,  $\mu$  – соответствующие положительные веса. Хотя в этом примере мы вычисляем среднее значение по интервалу времени от  $t_0$  до  $t_f$ , точнее было бы проводить усреднение для одного автомобиля по участку дороги от  $x_0$  до  $x_f$ .

Следует отметить, что при минимизации  $J$  необходимо принимать во внимание ограничения, налагаемые физической системой.

1. Автомобиль имеет наибольшее ускорение  $a_u(V)$ , быстро убывающее с увеличением скорости движения, и предел замедления или торможения  $a_l$ . Таким образом, верхний и нижний пределы ускорения определяются соотношением

$$a_l \leq a \leq a_u \quad (5.4.4)$$

2. Существует ограничение сверху на скорость  $V_u$ , определяемое правилами движения, и ограничение снизу – требование, чтобы машина не двигалась назад:

$$0 \leq V \leq V_u \quad (5.4.5)$$

### 5.5. Понятие состояния.

Чтобы ввести понятие состояния, рассмотрим опять модель движения потока автомобилей (5.4.1). Водитель  $n$ -й машины регулирует свою скорость в соответствии со скоростью идущей впереди машины с номером  $n-1$ . В уравнении (5.4.1) скорость  $(n-1)$ -й машины будем рассматривать как входную переменную  $u(t)$ . Кроме того, определим новые переменные

$$\begin{aligned} x_1(t) &= x(n, t), \\ x_2(t) &= \frac{d}{dt} x(n, t) \end{aligned} \quad (5.5.1)$$

Уравнение (5.4.1) перепишем в виде системы двух уравнений первого порядка:

$$\frac{d}{dt}x_1(t) = x_2(t), \quad (5.5.2)$$

$$\frac{d}{dt}x_2(t+T) = -\alpha x_2(t) + \alpha u(t) \quad (5.5.3)$$

Мы видим, что интегрирование уравнения (5.5.3), требуемое для отыскания  $x_1(t)$ , усложняется из-за наличия задержки  $T$ . Если она равна нулю, то интегрирование будет простым и потребуются только начальные условия  $x_1(0)$  и  $x_2(0)$  и вход  $u(t)$  при  $t > 0$ . При наличии задержки  $T$  необходимы, как и раньше, начальное условие  $x_1(0)$  и вход  $u(t)$  при  $t > 0$  и, кроме того, значения  $x_2(t)$  на интервале  $0 < t < T$ . Вместо значения функции в одной точке  $x_2(0)$  требуется запоминать ряд значений, для чего необходим целый массив чисел. На практике  $x_2(t)$  можно аппроксимировать на интервале  $0 < t < T$  конечным числом дискретных значений.

В частности, определим переменные

$$x_{2+i}(t) = x_2(t+i\Delta t), \quad i = 0, 1, \dots, N \quad (5.5.4)$$

где  $N\Delta t = T$ . Мы можем записать

$$\frac{d}{dt}x_{2+i}(t) \approx \frac{x_{2+i}(t+\Delta t) - x_{2+i}(t)}{\Delta t} \quad \text{при } i=0, 1, \dots, N-1, \quad (5.5.5)$$

$$\frac{d}{dt}x_{2+i}(t) = \frac{1}{\Delta t}x_{2+i+1}(t) - \frac{1}{\Delta t}x_{2+i}(t) \quad \text{при } i=0, 1, \dots, N-1$$

Из (5.5.3) следует

$$\frac{d}{dt}x_{2+N}(t) = -\alpha x_2(t) + \alpha u(t) \quad (5.5.6)$$

Систему уравнений (5.5.2), (5.5.5) и (5.5.6) можно легко интегрировать, если заданы начальные значения  $x_1(0)$ ,  $x_2(0)$ , ...,  $x_{2+N}(0)$  или, что то же,  $x_1(0)$  и последовательность  $x_2(0)$ ,  $x_2(\Delta t)$ , ...,  $x_2(N\Delta t)$ .

Следует отметить, что в приведенном выше примере дифференциально-разностное уравнение (5.5.3) было аппроксимировано системой  $N+1$  дифференциальных уравнений первого порядка (5.5.5) и (5.5.6). В пределе при  $N \rightarrow \infty$  эти две системы уравнений эквивалентны. Преимуществом этого подхода является рассмотрение системы дифференциальных уравнений первого

порядка. Например, в случае  $N = 3$ ,  $\Delta t = 1$  уравнения (5.5.5) и (5.5.6) можно представить следующим образом:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \\ x_4(t) \\ x_5(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & -\alpha & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \\ x_4(t) \\ x_5(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \alpha \end{bmatrix} u(t) \quad (5.5.7)$$

Уравнение (5.5.7) имеет вид

$$\frac{d}{dt} x(t) = Fx(t) + Gu(t) \quad (5.5.8)$$

Уравнение (5.5.8) имеет стандартную математическую форму, называемую канонической, поэтому оно пригодно для численного интегрирования.

## 5.6. Понятия управляемости и наблюдаемости

Запишем линейные уравнения состояний

$$\frac{d}{dt} x(t) = Fx(t) + Gu(t), \quad (5.6.1)$$

где  $x(t)$  —  $n \times 1$ -вектор состояний;  $u(t)$  —  $m \times 1$ -вектор управлений. Запишем также линейное уравнение измерений

$$y(t) = Hx(t) + Iu(t), \quad (5.6.2)$$

где  $y(t)$  —  $l \times 1$ -вектор измерений.

Если мы можем измерить все переменные состояний, то  $H$  — единичная матрица. Если некоторые из переменных состояний недоступны для измерения, то имеются две возможности.

Мы измеряем не все состояния, так что  $H$  является прямоугольной матрицей, полученной усечением единичной матрицы.

Как и в п.1, мы измеряем не все состояния; кроме того, измеряем некоторые дополнительные переменные, которые выражаются через неизмеряемые состояния. В общем случае уравнения, описывающие эти связи, нелинейны, но здесь будет рассмотрен случай линейных соотношений.

Обычно из практических соображений вытекает необходимость выполнения неравенства  $l < n$ , хотя возможен также случай  $l \geq n$ .

Полезно было бы иметь аналогичные критерии, позволяющие ответить на следующие вопросы:

Можно ли, используя допустимое управление  $u(t)$ , перевести состояния системы от заданного начального значения  $x(0)$  к заданному конечному значению  $x(T)$  на заданном интервале времени  $[0, T]$ ?

Существует ли такое допустимое управление  $u(t)$ , чтобы по измерениям  $y(t)$ , проведенным на заданном интервале времени  $[0, T]$ , можно было вычислить начальное состояние  $x(0)$ ?

Вопрос 1 — это формулировка проблемы управляемости, а вопрос 2 — формулировка проблемы наблюдаемости. Простые математические ответы на эти вопросы могут быть получены в том случае, когда на  $T$  не наложено никаких ограничений, кроме требования конечности. Рассмотрим две очевидные ситуации, в которых ответы на оба вопроса отрицательны.

Рассмотрим линейное неособенное преобразование переменных состояний

$$q(t) = Qx(t) \tag{5.6.3}$$

Преобразованные уравнения состояний имеют вид

$$\frac{d}{dt}q(t) = QFQ^{-1}q(t) + QGu(t).$$

Если  $Q$  равна матрице собственных векторов, то имеет место равенство

$$QFQ^{-1} = \Lambda \tag{5.6.4}$$

Где  $\Lambda$  - диагональная матрица, диагональными элементами которой являются собственные значения  $F$ , т. е.

$$\frac{d}{dt}q(t) = \Lambda q(t) + Bu(t) \tag{5.6.5}$$

обозначено  $B = QG$ . Аналогично уравнения преобразованных измерений имеют вид

$$y(t) = Cq(t) + \bar{I}u(t) \tag{5.6.6}$$



где  $C=HQ^{-1}$ .

Мы сразу же видим следующее:

Если 1-я строка матрицы  $B$  в (5.6.5) нулевая, то 1-я переменная преобразованного состояния (называемая собственным колебанием) удовлетворяет дифференциальному уравнению

$$\frac{d}{dt}q_i = \lambda_i q_i \quad (5.6.7).$$

Если  $j$ -й столбец матрицы  $C$  в (5.6.6) нулевой, то  $j$ -е собственное колебание нельзя измерить на выходе или, иначе говоря, оно ненаблюдаемо.

### 5.7. Процессы типа белого шума

Случайные эффекты, возникающие от неизмеряемых, например, доступных для измерения, входов, должны учитываться статистически. Таким образом, при построении математической модели для моделирования таких случайных эффектов можно включать источники шумов. Рассмотрим кратко один конкретный математический источник шума, а именно, источник белого шума. Этот источник имеет большое значение отчасти из-за своей математической простоты и отчасти из-за возможности генерировать многие физические шумовые процессы путем пропускания через линейные или нелинейные системы.

Рассмотрим скалярный случайный процесс  $n(t)$ , который мы будем аппроксимировать кусочно-постоянными функциями вида

$$\tilde{n}(t) = n_i, \quad i\Delta < t < (i+1)\Delta, \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (5.7.1)$$

Среднее по множеству от этого шума является детерминированной величиной, и обычно его вычитают из процесса. Следовательно, мы предполагаем, что

$$E[n(t)] = 0 \quad (5.7.2)$$

Рассмотрим дискретный белый шум  $n_i$ . Он обладает тем свойством, что последовательные значения являются независимыми, т. е.

$$E[n_i n_j] = \frac{\sigma_i^2}{\Delta}, i = j$$

$$E[n_i n_j] = 0, i \neq j, \quad (5.7.3)$$

где  $\sigma_i^2/\Delta$ —дисперсия шума в  $i$ -й дискретный момент. Поэтому будем считать, что  $n_i$  образует стационарный процесс типа дискретного белого шума, причем дисперсия  $\sigma^2/\Delta$  не зависит от дискретного времени  $i$ . Приравняем автокорреляционные функции, вычисленные усреднением по времени и по множеству:

$$\tilde{R}_{nn}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \tilde{n}(t-\tau) \tilde{n}(t) dt = \frac{\sigma^2}{\Delta} \left(1 - \frac{|\tau|}{\Delta}\right) \quad \text{при } 0 \leq |\tau| \leq \Delta, \quad (5.7.4)$$

$$\tilde{R}_{nn}(\tau) = 0 \quad \text{при } |\tau| > \Delta. \quad (5.7.5)$$

Сравнивая (5.7.5) и (5.7.3), мы видим, что автокорреляционная функция  $\tilde{R}_{nn}(\tau)$ , полученная усреднением по времени, совпадает с автокорреляционной функцией, полученной усреднением по множеству:

$$R_{nn}(\tau) = E[n(t-\tau)n(t)] \quad (5.7.6)$$

для значений  $t$  и  $\tau$ , соответствующих моментам квантования. Автокорреляция  $\tilde{R}_{nn}(\tau)$  линейно изменяется при значениях  $\tau$ , лежащих между моментами квантования, что сразу же следует из определения (5.7.4).

График автокорреляционной функции (5.7.5) имеет вид равнобедренного треугольника с основанием  $2\Delta$  и высотой  $\sigma^2/\Delta$ . Следовательно,  $\sigma^2$  есть площадь треугольника. При  $\sigma \rightarrow 0$  автокорреляционная функция стремится к импульсу с площадью  $\sigma^2$ . Таким образом,

$$R_{nn}(\tau) = \sigma^2 \delta(\tau). \quad (5.7.7)$$

В частотной области дискретный белый шум имеет спектральную плотность, представляющую собой преобразование Фурье от автокорреляционной функции:

$$S_{nn}(f) = \varphi[R_{nn}(\tau)] = \sigma^2 \left| \frac{\sin \pi \Delta f}{\pi \Delta f} \right|^2 \quad (5.7.8)$$

При  $\Delta \rightarrow 0$  спектральная плотность стремится к постоянному значению  $\sigma^2$ , и мы можем измерять  $\sigma^2$  в единицах мощности на единицу ширины полосы частот.

Тот факт, что вероятностное распределение белого шума произвольно, не имеет значения. Например, распределение может иметь бесконечный диапазон амплитуд, как в случае нормального распределения, или только два уровня, как телеграфный сигнал.

Далее мы увидим, что белый шум можно использовать в качестве пробного сигнала, подобно тому, как импульсное воздействие применяется для анализа линейных систем. Шумы физических генераторов должны иметь конечную полосу частот, что диктуется практическими соображениями. Но при условии, что полоса частот шума значительно шире полосы пропускания системы, можно считать, что она имеет бесконечную ширину.

## 5.8. Оценивание параметров по методу наименьших квадратов

### Постановка задачи

Рассмотрим систему с одним входом и одним выходом, доказанную на блок-схеме рис.5.9. Функция времени  $x(t)$  описывает изменения входной величины относительно среднего значения, а  $z(t)$  - изменение выхода относительно среднего. Для линейной стационарной системы выход можно записать в интегральной форме

$$z(t) = \int_0^{t_s} h(\tau)x(t-\tau)d\tau + n(t), \quad (5.8.1)$$



Рис. 5.9. Обозначения, используемые для описания системы с одним входом и одним выходом

где  $h(\tau)$  - весовая функция значений входов в прошлом на интервале, ограниченном временем установления системы  $T_s$  (обычно называемая импульсной переходной функцией);  $n(t)$  - невязка (иногда называемая шумом). Невязка состоит из реакций на другие входы системы и ошибок в линейной модели, возникающих из-за предположения (5.8.1), что объект линейный и стационарный. С математической точки зрения интегрирование в (5.8.1) должно производиться по бесконечному интервалу значений входа в прошлом. На практике значениям входа вне конечного интервала в прошлом, ограниченного моментом времени  $T_s$ , придается нулевой вес; этот момент называется временем установления. Обычно  $T_s$  определяется как минимальный интервал времени, измеренный от момента подачи импульсного сигнала, вне которого реакция составляет, например, 5% пикового значения.

При численных расчетах время должно квантоваться. Для равномерного интервала квантования  $\Delta$  уравнение (5.8.1) можно записать в виде

$$z(i\Delta) = \sum_{j=0}^{N_s-i} h(j\Delta)x[(i-j)\Delta]\Delta + n_i, \quad i = 0, 1, \dots, N_m - 1. \quad (5.8.2)$$

Здесь  $T_s = N_s \Delta$  — время установления;  $T_m = N_m \Delta$  — время измерения выхода;  $n_i$  содержит не только невязку в дискретный момент времени  $n(i\Delta)$ , но также и ошибку в аппроксимации непрерывной функции  $x(t - \tau)$  кусочно-постоянной функцией  $x[(i-j)\Delta]$ , где  $j\Delta > \tau > (j-1)\Delta$ ,  $j=0, 1, \dots, N_s - 1$ .

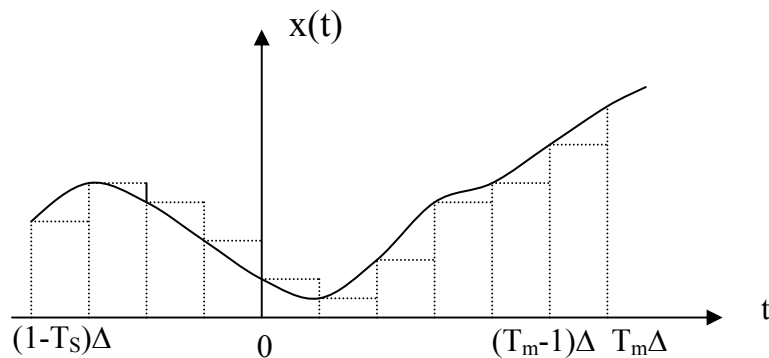


Рис.5.10. Кусочно-постоянная аппроксимация.

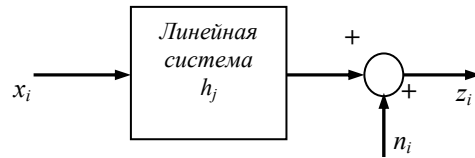


Рис.5.11. Эквивалент рис.5.9. в дискретном времени.

Метод кусочно-постоянной аппроксимации иллюстрируется на рис. 5.10.

Запишем уравнение (5.8.2) более кратко:

$$z_i = \sum_{j=0}^{N_s-1} h_j x_{i-j} \Delta + n_i, \quad i = 0, 1, \dots, N_m - 1. \quad (5.8.3)$$

При использовании этих обозначений можно показать, что схеме рис.5.9 в дискретные моменты времени  $t = i\Delta$  эквивалентна схема, показанная на рис.5.11. В случае дискретизации во времени задача параметризуется, и оценивание непрерывной функции  $h(\tau)$  заменяется оцениванием конечного множества параметров  $h_0, \dots, h_{N_s-1}$ , называемого дискретной импульсной переходной функцией.

Для упрощения последующего представления запишем уравнение (5.8.3) в матричном, развернутом виде

$$\begin{bmatrix} z_0 \\ \cdot \\ z_{N_m-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 & \dots & x_{-N_s+1} \\ \cdot & \dots & \cdot \\ x_{N_m-1} & \dots & x_{N_m-N_s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_0 \Delta \\ \cdot \\ h_{N_s-1} \Delta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_0 \\ \cdot \\ n_{N_m-1} \end{bmatrix} \quad (5.8.4)$$

или в символическом виде

$$z = A\beta + n \quad (5.8.5)$$

С помощью символов (5.8.5) исследуемая задача сводится к оцениванию вектора параметров  $\beta$  при заданной матрице  $A$  и векторе измерений  $z$ . Критерием при оценивании  $P$  является выбор вектора  $p$ , минимизирующего сумму квадратов невязок на интервале измерения. Таким образом, положим

$$J = \sum_{i=0}^{N_m-1} n_i^2 \quad (5.8.6)$$

В матричном виде

$$J = \mathbf{n}^T \mathbf{n} \quad (5.8.7)$$

Подставляя (5.8.5) в (5.8.7), получаем

$$J = (\mathbf{z} - \mathbf{A}\boldsymbol{\beta})^T (\mathbf{z} - \mathbf{A}\boldsymbol{\beta}) \quad (5.8.8)$$

Оценка по методу наименьших квадратов  $\boldsymbol{\beta}^*$  удовлетворяет уравнению

$$J^* = \min_{\boldsymbol{\beta}} J = J|_{\boldsymbol{\beta}=\boldsymbol{\beta}^*} \quad (5.8.9)$$

Как мы увидим, важным свойством оценок наименьших квадратов является то, что существует один и только один локальный минимум, совпадающий с глобальным минимумом, т. е. оценка наименьших квадратов  $\boldsymbol{\beta}^*$  единственна.

### 5.9. Динамическая сложность.

Для того чтобы выяснить соотношения между случайностью, сложностью и детерминизмом в системе, нужно проанализировать динамику ее поведения. Одним из основных интуитивных показателей сложности системы является ее динамическое поведение, а именно: степень трудности наглядного объяснения и предсказания траекторий движущейся и изменяющейся системы. В общем случае можно ожидать, что структурная сложность системы оказывает влияние на динамическое поведение системы, а, следовательно, и на ее динамическую сложность, однако обратное не верно. Система может быть структурно простой, но ее динамическое поведение может быть чрезвычайно сложным.

В качестве примера рассмотрим абстрактную динамическую систему, которая структурно очень проста, а динамический процесс в которой очень сложен.

Правило, которому следует процесс в этой модельной системе, выглядит (рис. 5.12) как процедура порождения точек  $a, b, c, \dots$  при “отражениях” от вписанного в единичный квадрат равнобедренного треугольника и правой диагонали этого единичного квадрата. Процесс начинается с произвольной точки, расположенной в основании треугольника. Типичная

последовательность абсцисс последовательности точек ( $a, b, c, d, e, \dots$ ) приведена на рис.5.12.

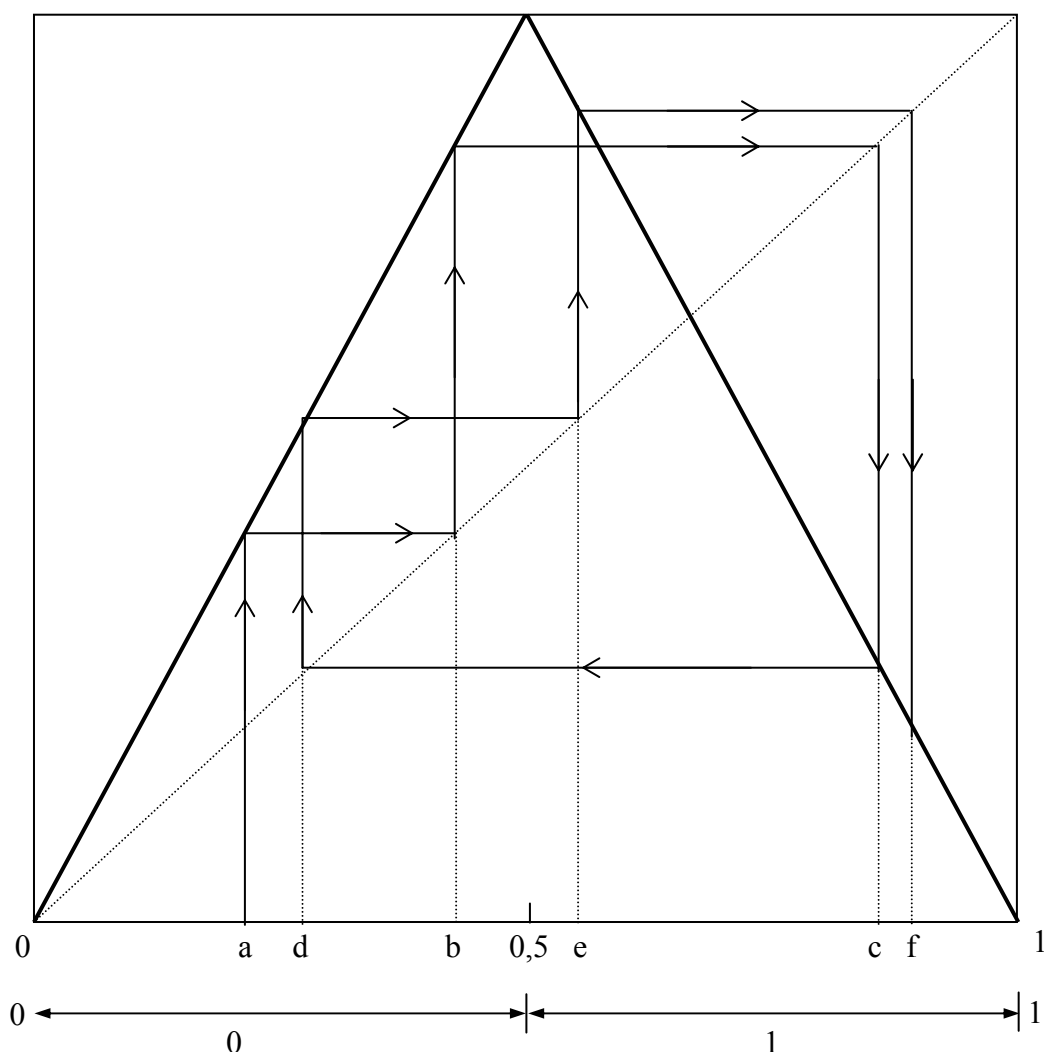


Рис. 5.12. Динамически сложный процесс в структурно простой системе.

Если приписать каждой точке слева от середины основания треугольника число 0, а каждой точке справа - 1, то в результате динамического процесса получим последовательность, состоящую из нулей и единиц. В частности, для начальной точки “ $a$ ” эта последовательность, на начальном этапе, будет следующей: 001011... Можно показать, что эта последовательность математически неотличима от последовательности, получаемой в распределении по закону Бернулли с параметром  $p = 1/2$ . Заметим, что распределение Бернулли играет фундаментальную роль в теории вероятностей

и математической статистике, являясь моделью любого случайного эксперимента, исходы которого принадлежат двум взаимно исключающим классам.

Такого рода пример показывает, что даже простая по структуре искусственная система может демонстрировать непредсказуемое поведение. Действительно, если считать последовательность 0 и 1 выходом некоторого процесса в системе, то не существует математического метода, позволяющего определить, является ли внутренний механизм в системе детерминированным или стохастическим. Другими словами, если не заглядывать внутрь “черного ящика” - системы, то никакие математические операции не могут помочь определить, является ли базисный механизм стохастическим или нет.

Дополнительно из рассмотренного примера следует, что категорические утверждения о том, что в своей основе природа физических процессов стохастична, неверны. Конечно, остаются справедливыми утверждения, что теория вероятности и статистика являются удобными инструментами для описания процессов, для которых характерна большая степень неопределенности.

**Нет априорных оснований полагать, что механизм, порождающий неопределенность, по своей природе непременно стохастичен. Это может быть и некоторый детерминированный процесс, подобный выше приведенному.**



## ГЛАВА 6. ХАОС, КАТАСТРОФЫ И СИНЕРГЕТИКА.

Жизнь – это не аргумент,  
в перечень условий,  
необходимых для жизни,  
могла закрасться и ошибка.  
[Ф. Ницше]

Приведенный в главе 5 пример динамической сложности (рис.5.12) наглядно продемонстрировал потребность разработки нового математического подхода при решении подобных задач. Это и привело в 60-х годах нашего века, в науку о математических моделях новое понятие, перевернувшее многие привычные представления, - понятие хаоса (точнее детерминированного хаоса).

Открытия хаотических систем проиллюстрируем рис.6.1[56].

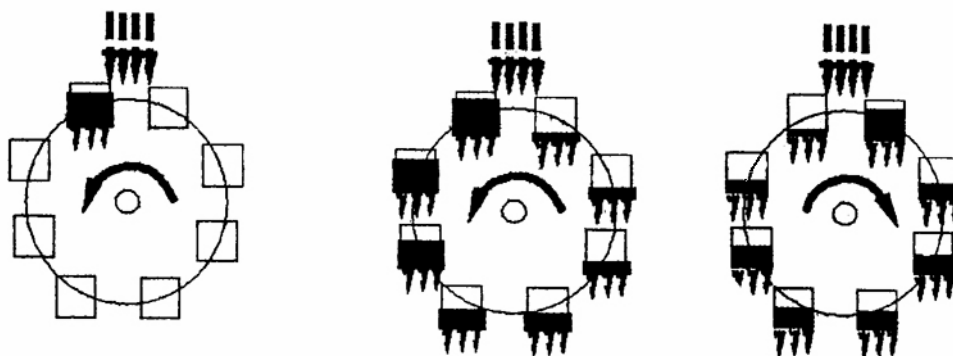


Рис.6.1.

Представим себе водяное колесо с множеством прикрепленных к нему ведер. Все ведра имеют отверстия на дне, и вода может выливаться. Сверху же обеспечивается постоянный поток воды. Если колесо вращается с малой скоростью, то наверху ведра наполняются, но к тому времени, как они достигают низа, в большинстве своем становятся пустыми. Теоретически одна сторона колеса становится тяжелее другой. Если поток воды увеличить, то колесо начнет вращаться быстрее. Как только мы достигнем определенного порога, система начнет двигаться хаотически. Колесо начинает поворачиваться так быстро, что ведра, достигшие низа, не успевают полностью опустеть, а ведра, находящиеся наверху – наполниться. Колесо вращается все медленнее и

через некоторое время система приходит в исходное состояние, которое заставляет ее снова увеличить скорость вращения. Такое колебание приводит к точке, в которой колесо начинает вращение в другую сторону; это означает, что если колесо движется вправо, то левые ведра становятся тяжелее правых, и колесо начинает вращаться в другую сторону. Что же будет, если мы «заморозим» систему без изменения каких-либо других параметров? В этом случае наука дает ответ, абсолютно не схожий с тем, что происходит в действительности. Можно подумать, что система застынет в определенном положении, будет находиться в нем какое-то время, а затем продолжит свое движение.

Когда Лоренц обнаружил подобные эффекты, он назвал это в статье Детерминированный Непериодический Поток (Edward N. Lorenz. Deterministic non Periodic Flow. Journal of the Atmospheric Sciences 20, March 1963). Хаос был исследуемым феноменом, который шел вразрез с обычной научной интуицией; очевидно, что интуиция – это сугубо субъективная материя, и каждый должен создать свое собственное понимание этой проблемы. Лоренц изучал механизм конвекции в жидких и газообразных средах. Он показал, что такая система никогда не будет повторять сама себя. Это означает, что даже если поведение данной системы называется детерминированным (т.е. модель системы описывается тремя дифференциальными уравнениями), результирующее поведение является непериодическим. Он также показал, что качественный характер явлений атмосферной турбулентности, описываемых сложными уравнениями в частных производных Навье-Стокса, может быть передан простой нелинейной моделью 3-го порядка\*:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = rx - y - xz \\ \dot{z} = -bz + xy \end{cases}$$

---

\* Более подробно моделирование этих уравнений описано в [23], где использовались программные продукты MATLAB и ADAM

Математическое описание таких явлений и объектов, когда в среде непрерывного совершенно внезапно проявляются черты дискретного.

Приведем более простой пример - критерии хаотичности.

Система  $x_{k+1} = \{Mx_k\}$ , где через  $\{Mx_k\}$  обозначается дробная часть числа  $Mx_k$ , является хаотической при любом  $M > 1$ . Такая система часто используется для генерации псевдослучайных чисел - возможно, первого практического применения хаоса. Это применение основано на том, что при любом начальном значении  $x_0$ , несоизмеримом с  $M$ , доля точек последовательности, попавших в некоторый интервал, лежащий в отрезке  $[0,1]$  пропорциональна длине этого интервала. Таким образом, если частоту попадания точек в интервал считать оценкой некоторой вероятности, то совокупность таких вероятностей будет задавать равномерное распределение на  $[0,1]$ .

**Особенности, бифуркации и катастрофы** - это понятия, с помощью которых осуществляются попытки описать возникновение дискретных структур из гладких, непрерывных.

Нужно отметить, что первые сведения о теории катастроф, с которой связываются термины: особенность, бифуркация и катастрофа, появились в печати около 1970 года. В журналах типа "Ньюс уик" сообщалось о перевороте в математике, сравнимом разве что с изобретением Ньютоном дифференциального и интегрального исчисления. Утверждалось, что новая наука - теория катастроф - для человечества гораздо ценнее, чем математический анализ: в то время как ньютоновская теория позволяет исследовать лишь плавные, непрерывные процессы, теория катастроф дает универсальный метод исследования как непрерывных изменений, так и всех скачкообразных переходов, разрывов, внезапных качественных изменений. Такие уникальные возможности теории катастроф привлекли к ней внимание разных исследователей, но особенно тех, кто занимался изучением поведения многокомпонентных динамических систем. Ведь именно такие системы часто ведут себя непредсказуемо - плавное изменение их характеристик и параметров

приводит к неожиданным резким скачкам в их поведении. Так как к настоящему времени имеется как положительный, так и отрицательный опыт применения теории катастроф для решения конкретных задач, необходимо обратиться к ее истокам, чтобы понять - в чем суть необыкновенных возможностей этого аппарата и какие существуют ограничения в его применении.

Источниками теории катастроф являются теория особенностей гладких отображений Уитни (1955) и теория бифуркаций динамических систем Пуанкаре (1879) и Андронова (1933).

**Теория особенностей** - это обобщение исследований функций на максимум и минимум. В теории особенностей Уитни функции заменены отображениями, т.е. наборами нескольких функций нескольких переменных.

Слово “**бифуркация**” означает **раздвоение** и употребляется в широком смысле для обозначения всевозможных качественных перестроек или метаморфоз различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят.

**Катастрофами** называются скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий.

Для того, чтобы полнее представить возможности и характерные черты теории катастроф, нужно сказать несколько слов о теории особенностей Уитни.

В 1955 году американский математик Хасслер Уитни опубликовал работу “Об отображениях плоскости на плоскость”, заложившей основу новой математической теории - теории особенностей гладких отображений.

**Отображение** поверхности на плоскость - это сопоставление каждой точке поверхности точки плоскости. Если точка поверхности задана координатами  $(x_1, x_2)$  на поверхности, а точка плоскости координатами  $(y_1, y_2)$  на плоскости, то отображение задается парой функций  $y_1 = f_1(x_1, x_2)$ ,  $y_2 = f_2(x_1, x_2)$ . Отображение называется гладким, если эти функции  $f_1$  и  $f_2$  гладкие (т.е. дифференцируемые достаточное число раз, например многочлены). Третья координата для

поверхности не присутствует потому, что поверхности по определению считаются гладкими, а для описания положения точки на такой поверхности (в принятой системе координат) достаточно двух координат, как и для точки на плоскости.

Надо сказать, что отображения гладких поверхностей на плоскость окружают нас со всех сторон. Действительно, большинство окружающих нас тел ограничено гладкими поверхностями. А видимые контуры тел - это проекции ограничивающих тела поверхностей на сетчатку глаза. Таким образом, рассматривая всевозможные предметы, глаз ежесекундно производит огромное число отображений гладких поверхностей на плоскость.

Уитни заметил, что для всех случаев проекции поверхностей тел на плоскость (на сетчатку глаза, в частности), кроме нескольких исключительных случаев, встречаются особенности лишь ДВУХ видов. Все другие особенности разрушаются при малом шевелении (изменении положения) тел или направлений проектирования, в то время как особенности этих двух видов устойчивы и сохраняются при малых деформациях отображения.

Примером особенности первого вида - она названа **складкой** Уитни - является особенность, возникающая при проектировании сферы на плоскость в точках экватора (рис.6.2.). Предположим, что сфера представляет собой прозрачный стеклянный шар. Тогда, например, при равномерном движении двух точек по поверхности сферы из точки *A* в двух противоположных направлениях строго по меридиану, на плоскости будет происходить движение одной точки из точки *B* по радиусу окружности, ограничивающей круг, в который проектируется на плоскость сфера. Два различных по направлению движения на сфере при проектировании сливаются в одно движение на плоскости. Вращения и покачивания сферы вокруг оси, перпендикулярной плоскости, на которую она проектируется, изменяет траекторию движения точки на плоскости, но это движение, при таких изменениях положения сферы, остается по-прежнему движением одной точки. Но стоит одному из движений на сфере стать отличающимся от второго либо по скорости, либо по

направлению, как на плоскости движение точки претерпевает бифуркацию - в некоторой точке проективной плоскости появляется на ней вместе с начальным второе движение. На плоскости происходит как бы раздвоение траектории и создается впечатление, что неожиданно, скачком возникло второе движение.

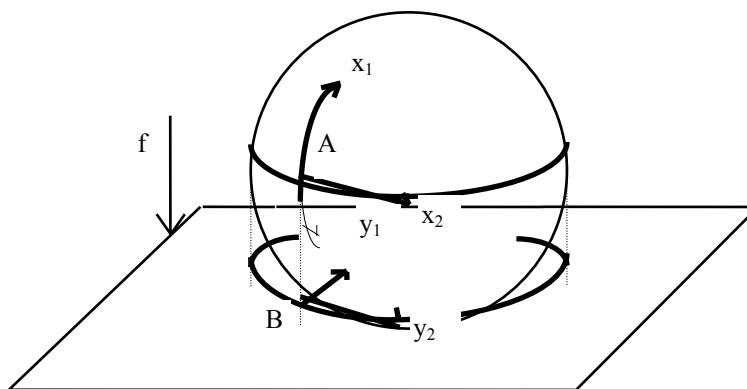


Рис. 6.2. Складка проектирования сферы на плоскость.

В подходящих координатах отображение сферы на плоскость задается формулами  $y_1 = x_1^2$ ,  $y_2 = x_2$ . Проектирования плоскостей гладких тел на сетчатку глаза в общих точках имеют именно такую особенность, и тут нет ничего удивительного. Удивительно то, что кроме этой особенности (складки) мы всюду встречаем еще ровно одну особенность, но практически никогда ее не замечаем.

Эта вторая особенность названа сборкой Уитни, и получается она при проектировании на плоскость поверхности, изображенной на рис.6.3. Эта поверхность задается, например, в пространстве с координатами  $(x_1, x_2, y_1)$  формулами  $y_1 = x_1^3 + x_1 x_2$ ,  $y_2 = x_2$  и проектируется на горизонтальную плоскость  $(y_2, y_1)$ . Поверхность представляет собой две слитые в единую конфигурацию складки - сборку поверхности. Простейшим примером такой поверхности является изгиб нижнего края свободно висящих оконных штор, когда верхний край без складок, или свисающего края скатерти, которая ровно расстелена на столе.

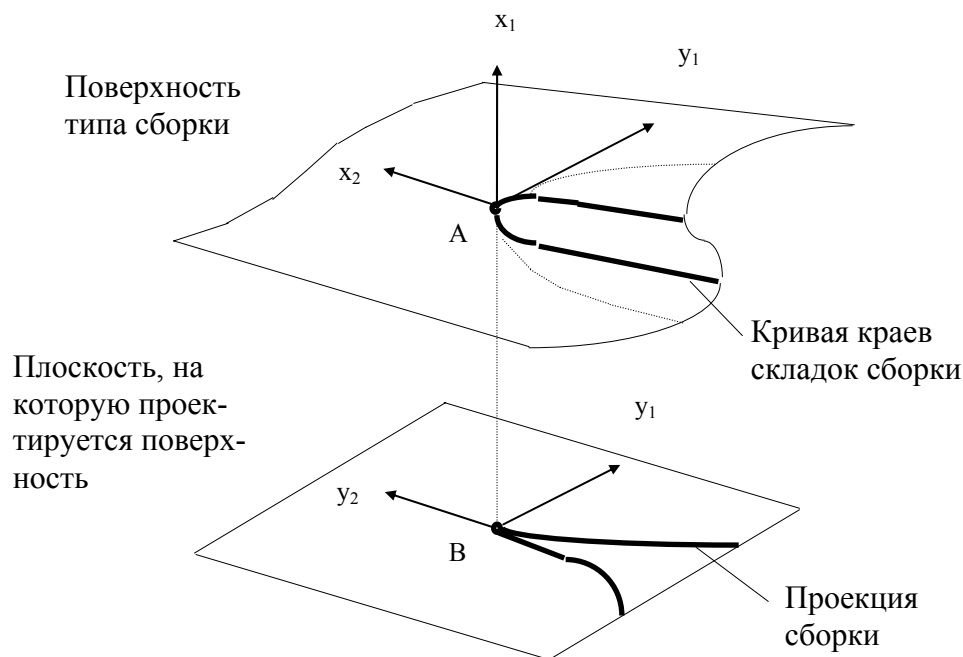


Рис. 6.3. Сборка проектирования поверхности на плоскость.

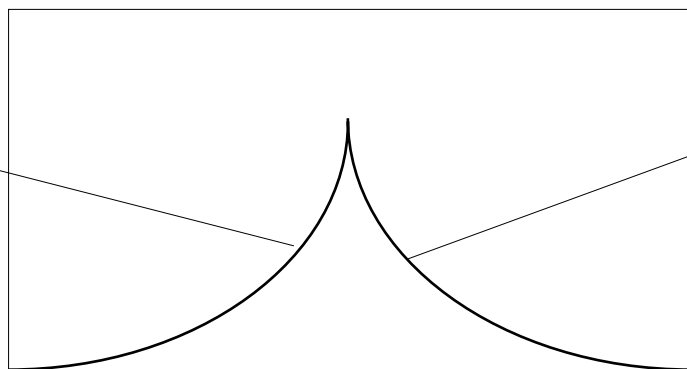
При проектировании такой поверхности на плоскость, кривая краев двух слившихся в сборку складок образует на плоскости **полукубическую параболу** с точкой возврата (острием) в начале принятой системы координат. Эта кривая делит плоскость на две части: меньшую (внутри кривой) и большую (вне кривой). Точки меньшей (внутренней) части имеют по три прообраза - в них проектируется по три точки области поверхности. Точки большей части, исключая саму кривую, имеют по одному прообразу, точки самой кривой - по два. Если рассматривать движение некоторой точки на проективной плоскости как сливающиеся движения нескольких точек на поверхности, то при подходе к кривой из меньшей части два прообраза (из трех) сливаются в один, так как в этом месте особенность - складка. При подходе к острию сливаются в один все три прообраза. Если, так же как и для складки, ранее сливавшиеся при проектировании движения в некоторой точке поверхности начнут различаться или по скорости, или по направлению, то мы обнаружим и бифуркации, и резкие скачки и непредвиденное изменение хода и вида траекторий. На

поверхности сборки та ее часть, движение на которой приводит к таким эффектам, ограничена пунктирной линией (см. рис.6.3.).

Отметим тот факт, что проективной кривой сборки на плоскость является полукубическая парабола. Каждая из ее ветвей представляет собой аналог кривой аппроксимирующей Закон Развития, если рассматривать ее в соответственно выбранной системе координат.

Аналог кривой  
развития

$$D(x) = \frac{1}{(B-x)^{1.618033}}$$



Кривая, симмет-  
ричная кривой  
развития

Рис.6.4. Полукубическая парабола - проективная кривая сборки на плоскость.

Уитни доказал, что сборка в целом устойчива, т.е. всякое близкое отображение в подходящей близкой точке имеет подобную же особенность. Он также привел доказательства того, что всякая сложная особенность гладкого отображения поверхности на плоскость после соответствующего малого движения рассыпается на складки и сборки.

Рассмотрим, например, поверхность гладкого тора (скажем, надутый шины). Тор обычно рисуют так, как это изображено на рис.6.5., а). Если бы тор был прозрачным, то мы увидели бы видимый контур, изображенный на рис. 6.5., б): соответствующее отображение тора на плоскость имеет четыре сборки. Таким образом, концы линии видимого контура на рис.6.5., б) - это точки возврата, в этих точках линия видимого контура имеет полукубическую особенность.

Прозрачный тор редко где можно увидеть. Поэтому рассмотрим тороподобное прозрачное тело - горлышко бутылки. На рис. 6.6. видны две



точки сборки. Покачивая бутылку, мы можем убедиться, что сборка устойчива - число точек сборки не уменьшается и не увеличивается при малых шевелениях объекта. Тем самым мы получаем убедительное экспериментальное подтверждение справедливости теоремы Уитни.

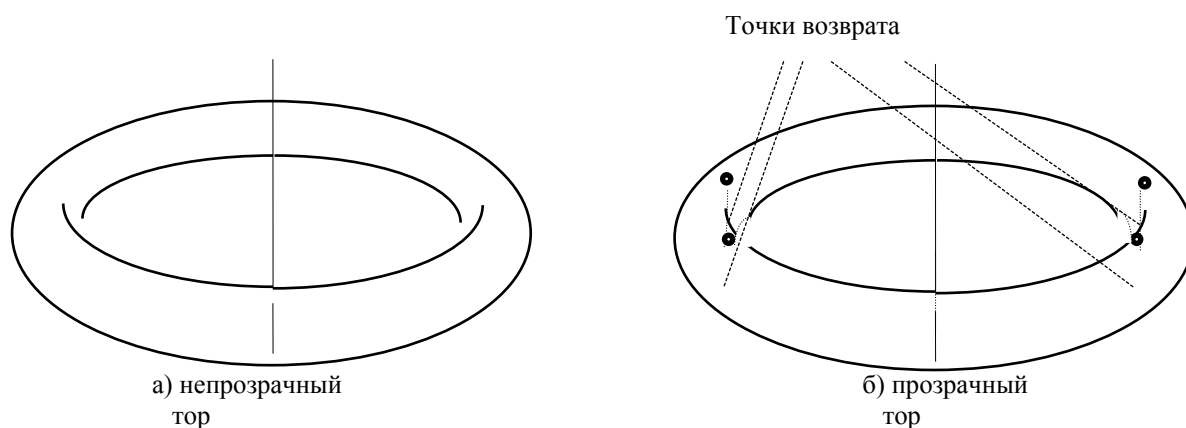


Рис. 6.5. Тор: а) видимый контур тора, б) четыре сборки проектирования тора на плоскость.

После основополагающей работы Уитни теория особенностей бурно развивалась. В настоящее время это одна из основных областей математики, в которой перекрещиваются пути развития дифференциальной и алгебраической геометрии, топологии, теории групп, теории комплексных пространств с теорией устойчивости динамических систем, теорией бифуркаций положений равновесия и т.д., то есть в этой области связаны чисто теоретические разделы знания с сугубо прикладными.

Поскольку гладкие поверхности встречаются повсеместно, повсюду должны встречаться гладкие отображения и их особенности. А поскольку теория Уитни дает полезную информацию об особенностях отображений общего положения, то можно попытаться использовать эту информацию для изучения большого количества разнообразных явлений и процессов во всех областях естествознания. В этой простой идее и состоит вся сущность теории катастроф.

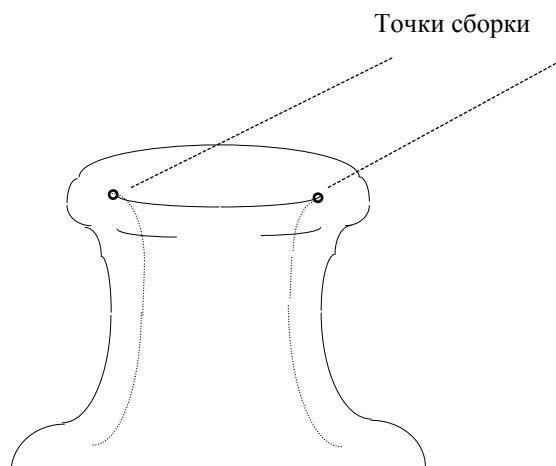


Рис. 6.6. Экспериментальная проверка теории Уитни.

Однако результативное применение теории катастроф возможно только в случае, когда отображение, о котором идет речь, достаточно хорошо известно, имеется в виду более или менее прямое применение теории особенностей к различным явлениям природы. Например, хорошо известно полезное применение теории катастроф в геометрической оптике, где теория особенностей многое проясняет в поведении волновых фронтов.

В большинстве же работ по теории катастроф речь идет о куда более спорной ситуации, когда не только не известно изучаемое отображение, но и само его существование весьма проблематично. Поэтому часто приложение теории особенностей в этих ситуациях носит характер спекуляций.

Положительным примером применения теории особенностей может служить исследование бифуркаций положений равновесия в теории упругости. Во многих упругих конструкциях при одинаковых внешних нагрузках возможно несколько положений равновесия. Рассмотрим, например, горизонтальную линейку, концы которой шарнирно закреплены, нагруженную весом стоящего на середине линейки груза. Наряду с положением равновесия, при котором линейка прогнута грузом, возможно также положение, при котором линейка выгнута дугой вверх, наподобие моста. При увеличении груза линейка несколько прогибается, но по-прежнему остается выгнутой вверх. При

дальнейшем увеличении груза в некоторый момент происходит “катастрофа” или “хлопок”: линейка скачком переходит из одного состояния в другое. Теория особенностей применима к изучению таких хлопков, и ее предсказания прекрасно оправдываются в экспериментах.

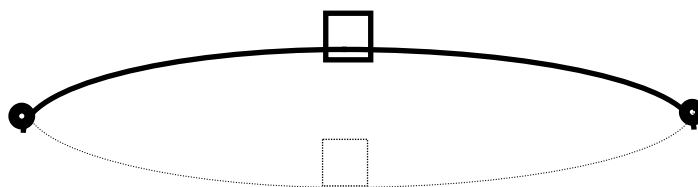


Рис.6.7. Катастрофа в состоянии линейки, с шарнирно закрепленными концами, при увеличении груза.

Для того, чтобы применить теорию особенностей при моделировании поведения некоторого явления или объекта, нужно построить для него поверхность равновесия и определить, что при проектировании этой поверхности на плоскость получается сборка. Наиболее наглядный результат можно получить, если удастся выделить два *управляющих параметра* динамики изучаемого объекта, которые являются его локальными характеристиками. Они определяют плоскость управляющих параметров. На эту плоскость будет проектироваться поверхность равновесия. Должен быть определен также *внутренний параметр* объекта, который прямо или косвенно связан со “стремлением” объекта следовать Принципу Наименьших Усилий, т.е. минимизации некоторого глобального параметра. Такая ситуация изображена на рис.6.7.

На этом рисунке изображена трехмерная гладкая поверхность равновесия, которая для некоторого гипотетического объекта представляет собой сборку Уитни. То есть сделано предположение, что все множество возможных положений равновесия объекта образует в пространстве именно такую поверхность. Считается, что удалось выделить для этого объекта два доминирующих управляющих параметра. Эти параметры позволяют определить плоскость, на которую проектируется поверхность равновесия.

Управляющие параметры определяют вид траекторий, описывающих поведение объекта и эти траектории мы можем наблюдать на плоскости управляющих параметров.

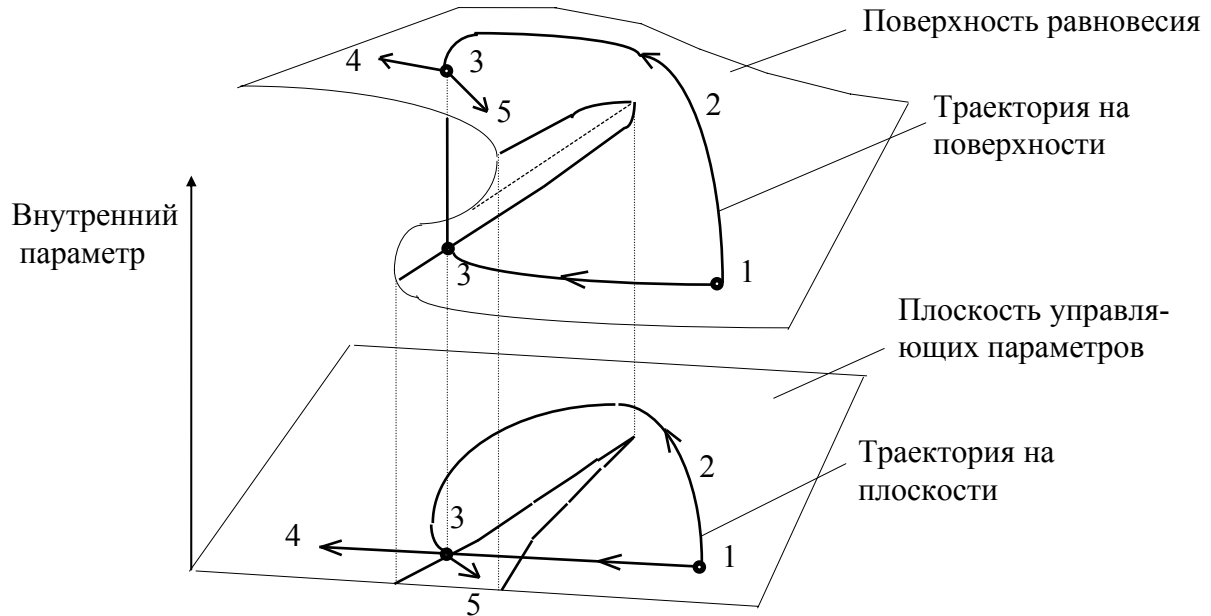


Рис.6.8. Поверхность равновесия и ее проекция на плоскость управляющих параметров.

Сделано также предположение, что одновременно с этими наблюдениями есть возможность фиксировать значения некоторого внутреннего параметра объекта, который определяет объект как целое, т.е. является для объекта глобальной характеристикой.

Если поверхность точек равновесия такова, как изображено на рис.6.8. , то проектирование этой поверхности на плоскость имеет складки и сборки. В свою очередь, проекция точек складок на поверхности и есть кривая катастроф на плоскости управляющих параметров. Из рис.6.9. видно, почему переход управляющих параметров через линию катастроф иногда вызывает, а иногда не вызывает скачок (катастрофу) в значениях внутреннего параметра. Пользуясь такого рода рисунком, можно определить как должен двигаться объект из одной точки равновесия в другую без скачков.

Схема большинства применений теории катастроф такая же, как в описанном выше примере. Предполагается, что изучаемый процесс описывается при помощи некоторого числа управляющих и внутренних параметров. Положения равновесия процесса образуют поверхность того или иного числа измерений. Проекция поверхности равновесий на плоскость управляющих параметров может иметь особенности. Предполагается, что это - особенности общего положения. В таком случае теория особенностей предсказывает геометрию “катастроф”, т.е. перескоков из одного положения равновесия в другое при плавном изменении управляющих параметров. В большинстве серьезных приложений выделяемая особенность - это сборка Уитни.

Приложения описанного типа бывают более или менее обоснованными в зависимости от степени обоснованности исходных предпосылок. Например, в теории хлопков упругих конструкций и в теории опрокидывания кораблей предсказания теории полностью подтверждаются экспериментами. С другой стороны, в биологии, психологии и социальных науках как исходные предпосылки, так и выводы имеют скорее эвристическое значение.

В качестве иллюстрации применения теории катастроф к некоторым сложным процессам рассмотрим сравнительно простую модель биржевых операций. В качестве внутренней переменной (глобальной характеристики процессов) примем скорость изменения индекса биржи (например, среднее по Доу - Джонсу), а управляющими параметрами будут являться переменные  $a_1$  и  $a_2$ , которые характеризуют соответственно - дополнительный спрос на акции со стороны основных покупателей и долю денежных средств, направляемых на спекулятивные операции.

Для того чтобы математическая модель этой ситуации отвечала канонической катастрофе типа сборки, необходимо определенным образом выбрать единицы измерений всех учитываемых переменных и обеспечить соблюдение ряда довольно жестких условий. Это условия, при выполнении

которых справедливы гипотезы теории катастроф, а результаты ее применения имеют ненулевую ценность.

А именно, необходимо строго выполнить следующие условия:

1) динамика системы или объекта должна описываться **гладкой функцией**, т.е. являться  $C^\infty$  - функцией переменных и принадлежать к градиентному типу;

2) вектор параметров системы должен иметь **не более пяти** компонентов;

3) положениями равновесия системы должны являться только **неподвижные точки**: система не должна иметь предельных циклов, аттракторов Лоренца и других более экзотических типов равновесных состояний. Другими словами, в такой системе возможны только “элементарные” катастрофы.

Если эти условия соблюдены, то множество всех положений равновесия биржи образует поверхность типа сборки в пространстве и для плоскости, определяемой управляющими переменными  $a_1$  и  $a_2$ , можно вывести уравнение связи между ними. Сам вывод мы опускаем, укажем только вид полученного уравнения и уравнение из которого оно получено. Связь между переменными  $a_1$  и  $a_2$  имеет вид:

$$a_2 = 5,67a_1^{2/3} \quad \text{или} \quad 27a_1^2 - 4a_2^3 = 0.$$

Эти уравнения получаются из уравнения канонического потенциала для сборки

$$f(x_1, \alpha_1, \alpha_2) = \frac{x_1^4}{4} + \frac{\alpha_1}{2} x_1^2 + \alpha_2 x_1$$

на основании условия, согласно которому вдоль линий сборки должно выполняться

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = 0.$$

При помощи указанных соотношений можно исключить  $x$  и получить представленный выше результат для  $a_1$  и  $a_2$ .

Трудно оценить поведение системы по всему множеству возможных траекторий на поверхности равновесия. Поэтому рассмотрим такой вариант значений переменных, при котором можно сделать вывод о близости динамики системы к “хлопку”. Предположим, что вектор начальных параметров  $\mathbf{a}$  описывается следующими значениями: дополнительный спрос со стороны основных покупателей  $a_1=0,1$  относительных единиц и доля денежных средств, направляемых на спекулятивные операции,  $a_2=0,58$  относительных единиц, т.е. вектор  $\mathbf{a}=(0,1; 0,58)$ . В этом случае окажется, что ближайшая к вектору  $\mathbf{a}$  точка на бифуркационной кривой оказывается равной

$$\mathbf{b}(\mathbf{a})=(0,3; 0,44).$$

Таким образом, вектор  $\nu(\mathbf{a})$  имеет вид (разность между этими двумя векторами)

$$\nu(\mathbf{a})=(0,2; -0,133).$$

Вектор  $\nu(\mathbf{a})$  представляет собой изменение  $\mathbf{a}$ , необходимое для того, чтобы пересечь бифуркационную кривую. Анализ значений вектора  $\nu(\mathbf{a})$  показывает, что модель биржевых операций, описываемая вектором  $\mathbf{a}$ , обладает почти вдвое более высокой адаптируемостью по отношению к изменениям  $a_1$  (т.е. спроса на акции со стороны основных покупателей), чем к изменениям  $a_2$  (т.е. доли средств, направляемых на спекулятивные операции).

Приведенный пример показывает, что применение положений теории катастроф сильно ограничено рамками, накладываемыми на математическую модель анализируемой системы. Все же в некоторых случаях теория катастроф позволяет провести анализ сложной системы и сделать полезные выводы.

В качестве такого примера рассмотрим важную для практики задачу моделирования экологической развивающейся системы, которая подробно рассмотрена в [49].

Рассматривается популяция гусениц листовертки. Листовертка является насекомым-вредителем, периодически разрушающим леса на больших территориях северо-восточной части Северной Америки. Динамика вспышек численности листовертки представляет интерес с точки зрения подхода теории

катастроф, поскольку наблюдаемые практически резкие колебания численности и множественные временные масштабы характерны для моделей этой теории.

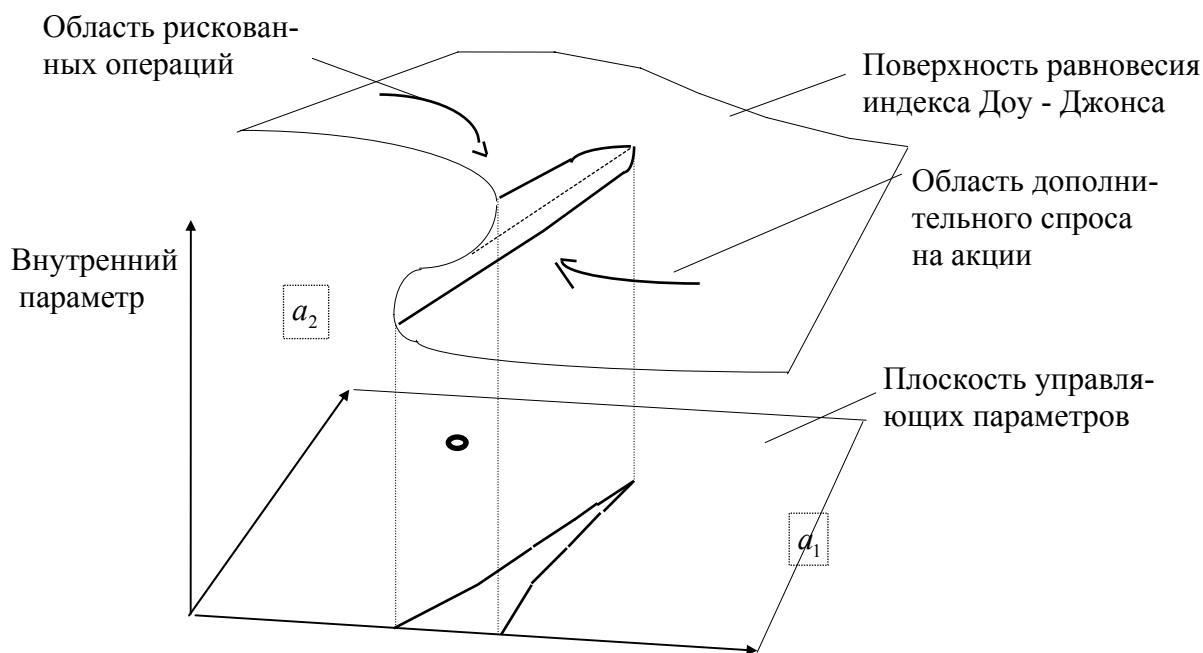


Рис.6.9. Катастрофа типа сборки для модели биржевых операций.

Динамика роста и отмирания листовертки может быть представлена, при введении определенных допущений, следующей системой нелинейных дифференциальных уравнений третьего порядка:

$$\begin{aligned} \frac{dB}{dt} &= \alpha_1 B \left(1 - \frac{B(\alpha_3 + E^2)}{\alpha_2 S E^2}\right) - \frac{\alpha_4 B^2}{\alpha_5 S^2 + B^2}, \\ \frac{dS}{dt} &= \alpha_6 S \left(1 - \frac{\alpha_7 S}{\alpha_8 E}\right), \\ \frac{dE}{dt} &= \alpha_9 E \left(1 - \frac{E}{\alpha_7}\right) - \alpha_{10} \frac{B E^2}{S(\alpha_3 + E^2)}, \end{aligned}$$

где  $B(t)$  - плотность популяции листовертки,  $S(t)$  - количество доступной листвы в лесу и  $E(t)$  - переменная характеризующая “энергетический резерв” леса, т.е. качественное состояние листьев и веток. Параметры от  $\alpha_1$  до  $\alpha_{10}$  включают различные константы: рождаемости и смертности, скорость выедания листовертки хищниками и т.д.



Анализ модели должен дать ответ на основной вопрос динамики численности: какая комбинация значений параметров вызывает резкий подъем плотности популяции листовертки с низкого равновесного уровня на высокий, или наоборот, при каких значениях параметров создается возможность снизить высокую плотность листовертки до низкого равновесного уровня.

Прежде всего нужно построить поверхность положений равновесия, которая соответствует рассматриваемой системе уравнений.

Если равновесные уровни переменных  $B, S$  и  $E$  обозначить как  $\bar{B}, \bar{S}, \bar{E}$ , то решение системы уравнений и замена зависимой переменной

$$\bar{B} \rightarrow y + \frac{\gamma \alpha_2 \bar{E}^3}{3(\alpha_3 + \bar{E}^2)}, \text{ где } \gamma = \frac{\alpha_8}{\alpha_7},$$

позволяет получить кубическое уравнение относительно  $y$ :

$$y^3 + ay + b = 0.$$

Поскольку равновесный уровень плотности листовертки  $\bar{B}$  связан с переменной  $y$  элементарными преобразованиями, которые отражены в формуле замены переменных, то очевидно, что и каноническая поверхность типа сборки, определяющая поведение  $y$  как функции  $a$  и  $b$ , определяет также изменение  $\bar{B}$ . Это дает возможность полностью представить поведение равновесного уровня  $\bar{B}$  на одной схеме (рис.6.10).

Поверхность сборки показывает, что никакие разрывы  $\bar{B}$  невозможны при  $a \geq 0$ . Например, при низком значении энергетического резерва леса ( $\bar{E} \approx 0$ ) вспышки численности листовертки не будут иметь места, так как выражение для  $a$ , равное величине  $3[\gamma \alpha_1 \alpha_5 (\alpha_3 \bar{E}^2)^2 + \alpha_2 \alpha_4 \bar{E} (\alpha_3 + \bar{E}^2)] - 5\gamma \alpha_1 \alpha_2^2 \bar{E}^4 \geq 0$ , всегда будет неотрицательным. Напротив, при высоких значениях  $\bar{E}$  ( $\bar{E} \approx 1$ ) **ни при каких комбинациях значений параметров** нельзя избежать возможных вспышек численности листовертки. Это, однако, не означает, что такая вспышка обязательно произойдет, поскольку для возможности пересечения критической ветви кривой сборки играет роль также величина переменной  $b$ .

Важность приведенного примера состоит в том, что он позволяет убедиться, что при описании разрывов (бифуркаций) в развитии популяции листовертки решающее значение имеет комбинация параметров системы  $a$  и  $b$ . Заметим также, что хорошо изученные свойства поверхности типа сборки, после того, как установлены параметры  $a$  и  $b$ , дают возможность установить, что критические ветви в пространстве  $a$ - $b$ , где могут возникнуть разрывы, удовлетворяют уравнению

$$4a^3 + 27b^2 = 0.$$

Таким образом, получается конкретное алгебраическое соотношение, содержащее все параметры системы. Оно дает полную картину изменений численности популяции листовертки в равновесном состоянии в зависимости от параметров системы.

Приведенные примеры дают возможность сделать вывод, что **параметры, имеющие физический смысл, и переменные, удобные для математического описания, как правило, совершенно различны**. Причем успех исследования конкретной проблемы часто определяется возможностью нахождения соответствующего перехода от физических параметров к математическим переменным. В рассмотренном примере успех был достигнут только благодаря тому, что величина  $\bar{V}$  уже удовлетворяла кубическому уравнению, поэтому для получения удобной формы математического описания потребовался лишь тривиальный переход от  $\bar{V}$  к  $u$ . В других случаях могут оказаться необходимыми более сложные преобразования.

**Поиск двух или трех основных параметров, ответственных за «катастрофическое» поведение систем, и является основной трудностью.**

Этот основной итог приведенных выше математических конструкций почему-то приписывается как явление, обнаруженное Г. Хакеном, *связанное с тем, что самоорганизация сложных структур определяется в основном поведением одной-двух фазовых координат, названных им ведущими модами, или параметрами порядка* [4].

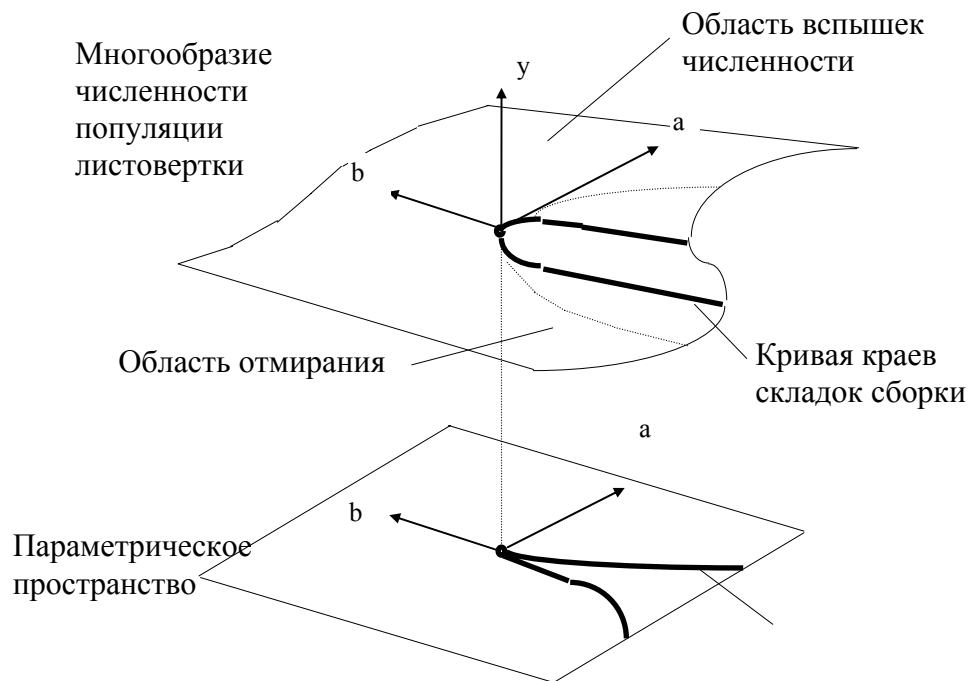
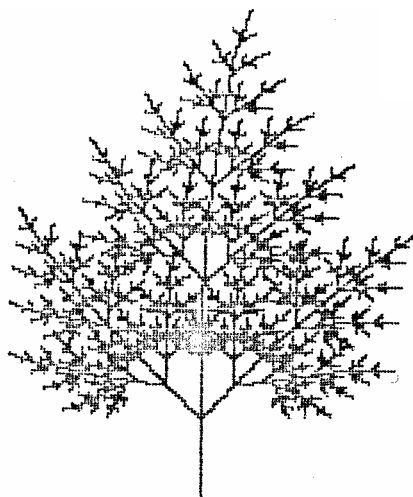


Рис.6.10. Катастрофа типа сборки для модели развития популяции листовертки.

### 6.1. Параметр порядка и принцип подчинения.

Исследование процессов структурной организации и самоорганизации систем связано, прежде всего, с изучением наиболее общих закономерностей в переходах из неупорядоченного в высоко упорядоченное состояние. Такие процессы переходов часто наблюдаются в термодинамически сильно неравновесных условиях с обязательным подводом извне потоков вещества, энергии и информации. Простым примером такой термодинамически неустойчивой системы является любое растение. Процесс роста дерева из семечка, образование ствола, кроны, корневой системы - все эти процессы являются сугубо термодинамически неравновесными, рис. 6.11.

Математическое описание процессов самоорганизации обычно предлагается осуществлять в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений общего вида. Мы рассмотрим процесс самоорганизации на примере образования устойчивых структур в слое жидкости, при ее равномерном нагревании.



- 1 BRANCH.  $R=1$   $D=0.7$   $AL=0.05$
- 2 BRANCH.  $R=0.5$   $D=0.55$   $AL=0.7$
- 3 BRANCH.  $R=0.5$   $D=0.55$   $AL=-0.7$

Рис. 6.11. Иллюстрация процесса роста дерева как неравновесного термодинамического процесса.

Подробный вывод дифференциальных уравнений математической модели конвекционного потока в слое жидкости мы опустим, заметив, что подробное изложение вывода уравнений можно найти в книге [P.Berge, Y.Pomeau and C.Vidal, L'ODRE DANS LE CHAOS. Hermann, Paris, 1988].

В жидкости с достаточно большим коэффициентом теплового расширения любая разность температур порождает разность плотностей. Если жидкость находится в гравитационном поле, то оно создает силы, которые приводят к движению жидкости, называемому тепловой конвекцией. Для количественного изучения этого явления нужно контролировать разность температур, приложенную к жидкости, так как именно разность температур приводит жидкость в движение. При исследованиях слой жидкости ограничивают двумя твердыми горизонтальными пластинами с высокой теплопроводностью. Верхняя пластина поддерживается при фиксированной температуре  $T_0$ , а нижняя - при температуре  $T_0 + \delta T$  ( $\delta T > 0$ ). Слой ограничен также вертикальными стенками, теплопроводность которых, как правило,

близка к теплопроводности жидкости. Если разность температур между пластинами невелика, то из-за трения конвективного движения жидкости не возникает. При определенном критическом значении разности температур между пластинами жидкость теряет состояние покоя и начинается конвекция. За порогом конвекции движение жидкости отнюдь не становится беспорядочным. Наоборот, в жидкости образуется регулярная структура валов с параллельными горизонтальными осями. Конвективные неустойчивости впервые отчетливо наблюдались в экспериментах Бенара (1900) и получили теоретическое объяснение в работе Рэля (1916). Если слой достаточно широк, то образуются многочисленные конвективные структуры, которые очень похожи на структуры кристаллов. При увеличении разности температур  $\delta T$  структура становится более сложной, но сохраняет определенную регулярность. Однако при еще большем увеличении  $\delta T$  структура полностью разрушается, как бы “расплавляется”. На смену упорядоченной стационарной структуре приходит непрерывно изменяющаяся неупорядоченная конфигурация: движение жидкости становится турбулентным. Это сложное непредсказуемое поведение обусловлено множеством возможных пространственных структур, каждая из которых эволюционирует по-своему. Их взаимодействие порождает турбулентный режим, который называют хаотическим. (рис.6.14) Уравнения описывающие эволюцию структур в слое жидкости были получены Лоренцем (1963) и для трехмерного потока имеют вид:

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= Pr(Y - X), \\ \frac{dY}{dt} &= -XZ + rX - Y, \\ \frac{dZ}{dt} &= XY - bZ,\end{aligned}$$

где  $X, Y, Z$  - пространственные координаты, а  $Pr, r, b$  - константы. Эта простая модель описывает чрезвычайно сложные процессы в слое жидкости.

При использовании этого типа моделей среди переменных в этой системе чаще всего находится, по крайней мере, одна наиболее неустойчивая

переменная. Математический анализ поведения таких систем показывает, что эта неустойчивая переменная подчиняет себе все остальные переменные, которые по этой причине иногда могут быть исключены из рассмотрения с допустимыми потерями с точки зрения анализа процесса самоорганизации или развития системы.

Такая **доминирующая неустойчивая переменная получила название параметра порядка**. Само же нелинейное дифференциальное уравнение, получающееся после исключения стабильных переменных и определяющее все свойства параметра порядка, стало называться уравнением параметра порядка. Определяющая роль наиболее неустойчивой переменной в процессах самоорганизации известна как принцип подчинения.

Использование **параметра порядка и принципа подчинения** в настоящее время становится универсальным методом описания систем со многими степенями свободы вблизи точек неустойчивости. Этот метод не только описывает процесс упорядочения, но и свойства конечного упорядоченного состояния. Правильный выбор параметра порядка для систем различной физической природы позволяет осуществить универсальное, однотипное описание. Так для фазового перехода “газ-жидкость” параметром порядка является плотность вещества. Для ферромагнитного железа параметром порядка служит его намагниченность. Тогда поведение этих двух разных по своей физической природе систем при изменении температуры можно описать одной диаграммой.

Наряду с равновесными фазовыми переходами, уравнения параметра порядка могут описывать и неравновесные фазовые переходы в системах, далеких от термодинамического равновесия: лазерах, химических средах, живых организмах и т.п.

При этом обнаружено большое количество аналогий между неравновесными и равновесными фазовыми переходами. В то же время неравновесные переходы отличаются гораздо большим разнообразием в поведении - в них возникают колебания, пространственные структуры, хаос.

Параметр порядка и принцип подчинения являются на сегодняшний день основными понятиями синергетики. Они позволяют существенно упростить изучение сложных самоорганизующихся систем. Как показывают исследования, эти понятия могут быть применены и в гуманитарных науках, в которых состояния, как правило, не удается описать уравнениями или даже представить в количественном виде. Однако хотя мы и не умеем описывать процессы такого рода в математической форме, тем не менее, и в этом случае мы имеем дело с самоорганизацией, аналогично той, что происходит в системах с явно выраженной возможностью математического описания.

Необходимо отметить, что уравнения параметра порядка можно сгруппировать в несколько классов, описывающих универсальные свойства в поведении самоорганизующихся систем, независимо от их природы. Одним из таких универсальных типов поведения является резкий скачкообразный переход системы из одного состояния в другое, что изучается методами теории особенностей устойчивых отображений и обычно упоминается под названием “теория катастроф”.

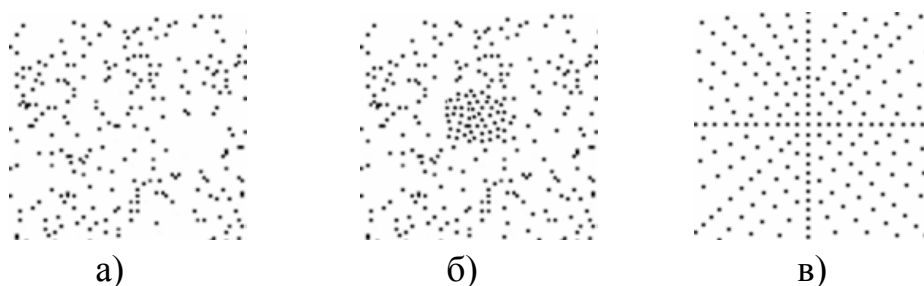


Рис.6.12. Схематическое изображение влияния параметра порядка в ферромагнетике (параметр порядка - температура): а) хаотическое расположение доменов б) зарождение устойчивого состояния ориентации доменов в)упорядоченная структура ориентированных доменов.

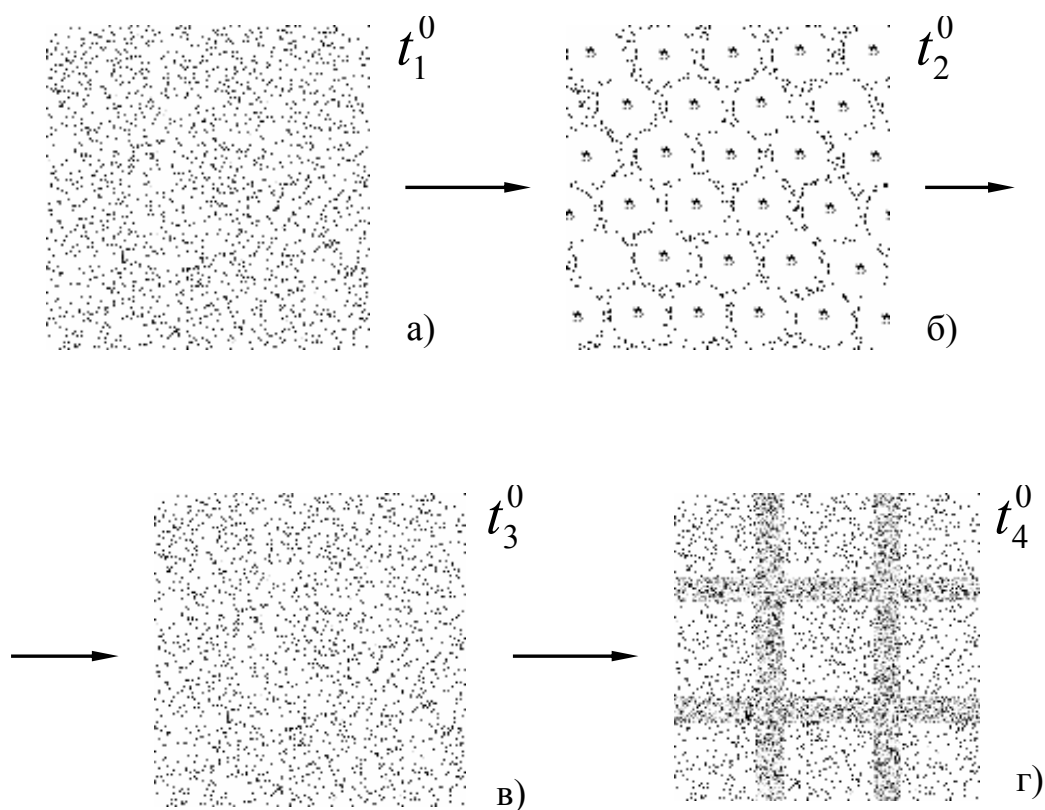


Рис. 6.13. Математическая модель и вид ячеек Бенара в слое вязкой жидкости (силиконовое масло). а) хаотическое движение молекул жидкости; б) образование ячеек Бенара при определенной температуре; в) переход к хаотическому движению молекул при увеличении температуры; г) возникновение решетчатой структуры при температуре  $t_4^0 > t_3^0$ .



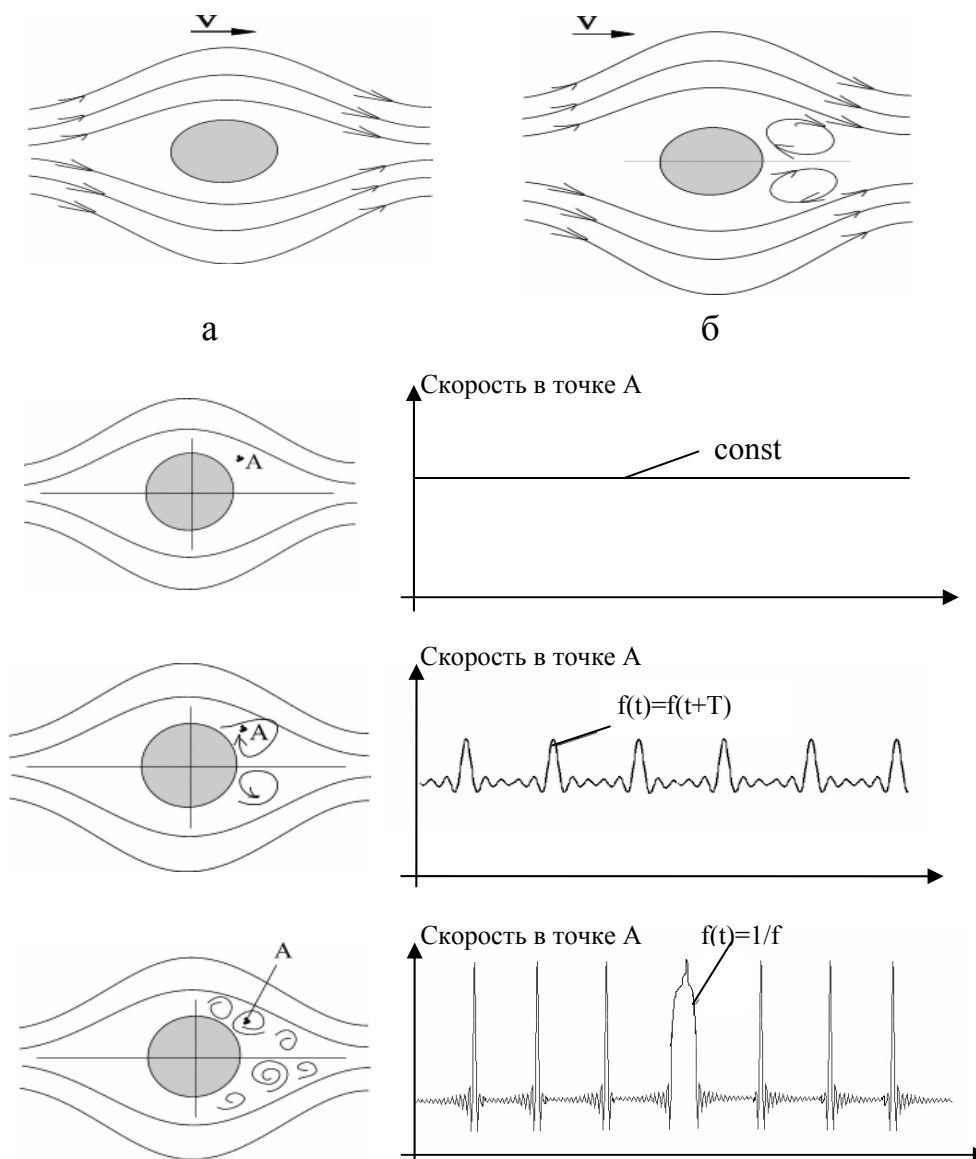


Рис.6.14. Математическая модель процесса самоорганизации конвективных потоков в жидкости. Схематическое изображение линий тока в жидкости, обтекающей цилиндр с осью, перпендикулярной плоскости чертежа. Режим течения характеризуется безразмерной величиной - числом Рейнолдса ( $Re$ )

$$Re = \frac{V\Phi}{\nu}, \text{ где } \Phi - \text{ диаметр цилиндра, } V - \text{ скорость потока жидкости, } \nu -$$

кинематическая вязкость. а) скорость потока мала:  $Re \approx 10^{-2}$ ;

б) скорость средняя  $Re \approx 20$  - происходит образование вихревых цилиндров (возникает неустойчивость потока - колебательные циклические процессы в жидкости).

## 6.2. Существующие подходы к моделированию развивающихся систем.

Сегодняшний уровень теории динамических систем не позволяет сформулировать все процессы развития в виде единого принципа или свести их к какой-то одной универсальной схеме. Возможно, что такого принципа и такой схемы не существует вообще. В этом разделе мы остановимся на описании некоторых свойств развития, поддающихся формализации.

Основное, что отличает развитие от других динамических процессов, например, от процессов роста, является качественное изменение состояния, в котором находится развивающаяся система, и это качественное изменение происходит скачком. В математических моделях развития это выражается в том, что непрерывное, монотонное изменение некоторого параметра сопровождается непрерывным изменением фазовых переменных и при определенных, **критических значениях** этого параметра состояние системы резко изменяется на новое: система переходит на качественно новый уровень, с иными формами поведения.

В результате разработанного А. А. Андроным нового подхода были найдены законы появления, исчезновения, взаимного превращения особых точек, предельных циклов и сепаратрис при изменении параметров нелинейных систем. К этому добавим, что И. Пригожин формулирует принцип развития как последовательное прохождение точек, в которых нарушается единственность решения уравнения параметра порядка (точек бифуркаций). Обе эти формулировки эквивалентны друг другу, поскольку фазовый переход происходит всегда в точках бифуркаций.

Вблизи таких критических точек всегда наблюдается резкое усиление флуктуаций, причем эти флуктуации имеют не только большую амплитуду, но и простираются на большие расстояния. Именно благодаря им происходит переход к новым структурам и новым состояниям.

Как уже говорилось, выбор, по какому пути пойдет развитие после бифуркации, определяется случайно в момент неустойчивости и направление эволюции системы становится непредсказуемым, поскольку конечный результат определяется случайным выбором на предшествующих этапах.

Такого рода переходы и пытаются описывать методами теории катастроф, чаще всего элементарной катастрофой “сборка”. Много таких неравновесных фазовых переходов можно встретить в биологических и социальных системах.

Процесс биологического видообразования также имеет скачкообразный характер, что удалось показать, исходя из анализа уравнений популяционной генетики. В социальных системах наиболее известен пример резкого перехода при смене общественных формаций в процессе исторического развития. Именно такое представление о развитии и самоорганизации как о последовательности неравновесных фазовых переходов наиболее распространено сейчас в синергетике [57].

Такой переход через серию неустойчивостей не может продолжаться бесконечно. Рано или поздно, в зависимости от физических характеристик систем, наступает режим, когда система переходит в хаотическое состояние. Переход в хаотическое состояние и является “катастрофой” для развивающейся системы.

В настоящее время известно три сценария перехода динамических систем в состояние хаоса. Это “странные аттракторы” Лоренца, удвоение периода по Фейгенбауму и перемежаемость Помо-Маневиля. Режим динамического хаоса представляет собой универсальное свойство самоорганизующихся систем. Это открытое в начале 60-х годов свойство опрокинуло существовавшее до того представление, что непредсказуемым, хаотическим поведением обладают лишь системы с большим числом степеней свободы (например, молекулы газа).

Аттрактором в теории динамических систем называется множество в фазовом пространстве (пространстве переменных математической модели системы), к которому сходятся (притягиваются) ближайшие траектории

системы. Под траекторией в этом случае понимается последовательность точек в фазовом пространстве, которая получается при анализе динамических процессов в системе. Простейшими примерами аттракторов могут служить устойчивый узел и устойчивый предельный цикл. Странные аттракторы тоже обладают свойством притягивать к себе траектории, но структура (топология) этих множеств весьма необычна. Исследования показали, что они относятся к классу так называемых фрактальных множеств, характеризующихся дробной размерностью.

Важнейшим свойством фрактальных множеств является инвариантность их внутренней структуры: какую бы малую часть фрактала мы ни взяли, его структура всегда будет одной и той же. Основной характеристикой фрактального множества является его размерность. Размерность фрактальных множеств определяется следующим образом. Рассмотрим некоторое множество точек в  $N$  - мерном пространстве. Возьмем кубики с размером ребра  $\varepsilon$  и подсчитаем, какое минимальное их число  $n(\varepsilon)$  покрывает все фрактальное множество. Уменьшая размер ребра куба, определим предел:

$$D = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log n(\varepsilon)}{\log \varepsilon}.$$

Это и есть определение фрактальной размерности. Для фрактальных множеств, как правило, это дробная величина. Знание ее очень важно, поскольку целая часть этого числа дает информацию о минимальном числе параметров порядка, необходимом для описания данного странного аттрактора.

Другой важной характеристикой динамических хаотических систем являются показатели Ляпунова. Возникновение хаоса в динамической системе есть следствие неустойчивости траектории в определенных направлениях, то есть свойство траекторий экспоненциально расходиться в каких-то направлениях. Однако вследствие того, что странный аттрактор занимает ограниченную область в пространстве, в других направлениях траектории должны сжиматься, причём сжатие должно превосходить расширение. Для

количественной характеристики расширения и сжатия траекторий системы и служат показатели Ляпунова  $\lambda$ .

Для положения равновесия обычной (нехаотической) динамической системы показатели Ляпунова равны действительным частям собственных значений соответствующей матрицы и соответствуют скоростям сжатия (при  $\lambda < 0$ ) или растяжения (при  $\lambda > 0$ ) траекторий вблизи равновесия. Для произвольного аттрактора степень сжатия должна превосходить степень растяжения, так что должно выполняться неравенство

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i < 0$$

Если аттрактором является точка, то  $\lambda_i < 0$  для всех  $i$ . Для устойчивого предельного цикла  $\lambda_1 = 0$  и  $\lambda_2 < 0, \lambda_3 < 0, \dots, \lambda_N < 0$ . Странный аттрактор характеризуется не менее чем одним положительным показателем Ляпунова. В трехмерном случае, с учетом неравенства (А) странный аттрактор существует только при следующем соотношении между показателями Ляпунова

$$\lambda_1 > 0, \quad \lambda_2 = 0, \lambda_3 < 0.$$

В настоящее время разработаны методы, позволяющие по достаточно большой реализации состояний некоторой системы вычислять на компьютере фрактальную размерность, показатели Ляпунова и другие характеристики динамических систем и на основе этих расчетов с большой степенью уверенности судить, является ли соответствующий процесс странным аттрактором или нет.

Мы рассмотрели возможность **развития** в открытых системах, в которых неустойчивость стабилизируется за счет **обмена энергии с внешней средой**.

Развивающаяся система - это всегда протяженная в пространстве и во времени распределенная система, далекая от термодинамического равновесия, в которой существует распределенный источник энергии.

Рассмотренные закономерности являются общесистемными, то есть не зависят от свойств среды, в которой происходит самоорганизация. Они проявляются не только в непрерывных нелинейных средах, описываемых

дифференциальными уравнениями, но и в системах, которые вообще не описываются какими-либо уравнениями. Примерами могут служить клеточные автоматы, поведение которых, как и характерные признаки произведений искусства, живопись, музыка, тексты, **являясь вычислительно неприводимыми**, тем не менее, демонстрирует все основные свойства развивающихся самоорганизующихся систем.

Ярким примером развивающейся системы является также любой информационный объект: тексты, аудиовизуальный поток и другие формы, которые представляют собой, во-первых, законченные по содержанию и форме целостные произведения, а, во-вторых, являются результатом интеллектуального труда профессионала в своей области.

**Предел возможности компьютерного моделирования проистекает из теоремы К. Геделя о неполноте любой достаточно богатой формальной системы аксиом. Эта теорема допускает наличие правильных утверждений, которые не могут быть доказаны на основе взятых аксиом. Поэтому проблема компьютерного моделирования, как и проблема машины Тьюринга, в том, что она не выходит за рамки предложенного алгоритма. Мы не знаем, как работает интеллект, но сам факт доказательства теоремы Геделя показывает принципиальное отличие интеллектуальной функции от схемы машины Тьюринга.**

Наша неспособность строго математически сформулировать причинно-следственные связи у развивающихся самоорганизующихся систем подменяется тезисом, что сложные структуры сами собой организуются, кооперируются и сотрудничают. А далее находится красивый синоним из греческого словаря "synergia". И вот новая наука создана. Краткий, но достаточно полный исторический экскурс развития этого направления представлен в [4].

Мы же в большей степени склонны обратить внимание на другую важную характеристику самоорганизующихся систем, которые (см. главу 2) и привели нас к необходимости выделить новый тип систем **развивающихся**,

для которых, исходя из принципа наименьших усилий [58] или этерификации Тойнби, характерны гиперболические законы типа

$$f(x) = \frac{1}{(1-x)^\alpha},$$

которые при разных значениях параметра  $\alpha$  хорошо соответствует эмпирическим распределениям в различных областях знаний: лингвистике, экономике, социологии и др. И в зависимости от того, кто и где использовал эту гиперболическую форму, их также называют Парето, Ципфа, Мандельброта, Лотки.

В физике их "родственник" - фликер-шум, частотный спектр которого -  $1/f$ , был также хорошо известен, но множеству электронных версий шума  $1/f$  не хватало универсального математического описания и физического механизма его порождения.

Великолепный анализ построения музыкальных произведений [56] показал, что их спектральные характеристики также соответствуют гиперболическому закону, где  $\alpha \cong 1,2 \div 1,8$ .

Исследуя закономерности построения различных типов текстов мы также получили значение  $\alpha \cong 1,4 \div 1,8$  [27].

Подчеркнем, что здесь  $\alpha$  это не параметр порядка по Хакену и никакая синергетика не отвечает на вопрос, как художник, писатель, композитор, экономика, общество, природа в процессе своего развития создают самодостаточную устойчивую систему, что и отражается в гиперболическом законе распределения соответствующих ей объектов.

### **6.3. Принцип опережающего отражения П.К. Анохина [59].**

Еще один подход к изучению процессов самоорганизации, позволяющий выявить новые аспекты в свойствах развивающихся систем, дает возможность рассмотреть принцип опережающего отражения действительности, впервые сформулированный П.К. Анохиным.

Любой живой организм представляет собой систему, стремящуюся сохранить постоянство своего гомеостаза, то есть стабильность таких внутренних параметров как температура, давление, химический состав и другие. В качестве механизма поддержания гомеостаза в живой природе широко используется отрицательная обратная связь - управляющая система, которая реагирует на рассогласование состояния организма от заданного и определенными действиями стремится ликвидировать это рассогласование. Этот механизм сохранения гомеостаза можно назвать механизмом запаздывающего типа, поскольку компенсирующая реакция возникает после того, как на организм подействовало возмущающее воздействие, которое и привело к рассогласованию.

Принцип Анохина формулирует другой очень важный и эффективный механизм поддержания постоянства гомеостаза, которому в теории автоматического управления можно сопоставить принцип программного (без обратной связи) управления, когда известна информация о **будущих возмущениях и будущем состоянии самого объекта управления.**

Согласно принципу Анохина, любой **живой организм**, чтобы обеспечить свое выживание в определенных внешних, должен уметь **заранее** готовиться к тем внешним воздействиям, которые жизненно важны для его существования.

В процесс естественного отбора в живой природе выработались самые разнообразные механизмы приспособления, удовлетворяющие этому принципу, начиная от молекулярно-генетического уровня и кончая высокоэффективными процессами в нервном веществе. Приведем несколько примеров таких процессов на разных уровнях биологической организации.

Развитие организма во взрослую особь есть целенаправленный процесс, который можно рассматривать как подготовку к существованию организма в определенных внешних условиях. Здесь налицо процессы предварительного приспособления организма к будущим, еще не наступившим воздействиям, то есть процессы опережающего типа. “Хотя внешняя среда для каждого поколения вероятнее всего будет похожа на среду их взрослых предков, но она



для каждого нового поколения все равно остается будущим” [59]. Онтогенетическое развитие происходит по генетической программе, которую можно считать молекулярной моделью будущего, хотя это скорее “**модель будущей структуры процессов**, чем их результатов” [59]. В генетической программе отражена информация о многих будущих жизненно важных внешних воздействиях на организм и именно поэтому об онтогенезе, особенно его начальных стадиях, можно говорить как о реализации **принципа разомкнутого (программного) управления** в биологической природе. Таким образом, генетическая модель будущего оказывает самое непосредственное воздействие на физико-химические процессы в настоящий момент времени, так что можно говорить о влиянии будущего на настоящее, хотя, подчеркнем еще раз, речь идет не о **влиянии самого будущего, а о влиянии модели будущего**.

Одним из наиболее изученных проявлений принципа опережающего отражения на уровне нервного вещества является условный рефлекс. В этом случае принимаемый живым организмом информационный сигнал о возможности наступления некоторого события является началом подготовки организма к этому еще не наступившему событию.

Изучение физиологических механизмов поведения высших животных и человека привело многих исследователей к выводу, что любому целенаправленному действию всегда предшествует формирование в нервной системе некоторой **модели будущего результата**, то есть имеет место опережение действительного хода событий. Предполагают, что развитие лобных долей Homo Sapiens было связано с растущим приспособлением к **будущим событиям**, с появлением специального вида деятельности - **программировать будущее**. Для этого вида деятельности был введен специальный термин - **антиципация** (от лат. anticípío - предвосхищаю). Антиципация проявляется во всех областях человеческой активности: трудовой деятельности, повседневной жизни, спорте и т.д. Отсюда ясна и роль тренинга как составления программы – реакции организма на внешние воздействия.

Эволюция живой системы от биологических форм к социальной организации шла по пути **увеличения способности запрограммировать будущее**, увеличивая тем самым скорость реакции и точность рассогласования **ожидаемого от наступившего – будущее от настоящего**.

Классическая же теория управления – обратная связь отслеживает рассогласование **наступившего от прошлого – настоящего от прошлого**.

Формирование моделей будущего в развивающихся системах представляет собой процессы упорядочения и структурообразования. Это вполне понятно, поскольку это модели информационной природы и поэтому связаны с накоплением информации о будущем, и например культура, как одна из форм памяти общества, является одним из механизмов информационного воздействия на общество, а любое накопление информации связано с уменьшением энтропии, ростом упорядочения.

**Культура – это информационная память прошлого, которая живет в настоящем и программирует будущее.**

Поясним это следующими примерами:

- один из физических механизмов роста упорядочения при опережающем отображении можно проиллюстрировать следующей термодинамической моделью управления под названием “демон Максвелла”. Эта модель была предложена выдающимся английским физиком Дж. К. Максвеллом при обсуждении второго начала термодинамики. Представим себе некоторый сосуд с газом, разделенным надвое перегородкой. В этой перегородке есть отверстие, у которого находится некоторое воображаемое существо демон, наделенное способностью измерять скорости всех молекул в газе, которые, как известно, распределены в нем неравномерно.

Пусть демон поступает следующим образом: в момент, когда из одной половины сосуда к отверстию подлетает молекула с большой скоростью, он пропускает ее в другую половину, а, если с маленькой скоростью, он закрывает отверстие заслонкой. Очевидно, что со временем средняя скорость молекул в одной из половины сосуда станет больше, чем в другой и между ними

возникает некоторая разность температур, что, казалось бы, противоречит второму началу термодинамики. Сциллард в 1929 году указал, что такое упорядочение в системе произошло бы за счет использования демоном информации о скоростях молекул и **те потери энергии, которые произошли при получении этой информации**, компенсируют уменьшение энтропии системы за счет сортировки молекул по скоростям. Опережение в такой модели управления происходит в момент принятия решения на основе приходящей информации о координатах и скоростях молекул. Каждое **действие демона носит опережающий характер**, поскольку оно совершается до момента подлета молекулы газа к отверстию в перегородке. Практически сортировку молекул в газе удалось реализовать при создании аммиачного мазера, где пучок молекул аммиака разделяется неоднородным магнитным полем.

В обществе подобную роль играет культура, которая и предопределяет разнообразие форм социально-общественных устройств и уровня благосостояния государств.

- еще один пример проекции будущего на настоящее является текст, представляющий собой законченное произведение. Когда автор произведения пишет его первые строки, в его воображении еще нет полного окончательного текста, с точностью до каждого предложения или даже слова. Но идейный замысел автора влияет на написание первых строк, а они уже по сути предопределяют развитие и влияют на весь текст в целом, который используется в будущем. Это особенно заметно при изучении черновиков и всей “творческой лаборатории” знаменитых писателей и поэтов.

Таким образом, процессы в **развивающихся системах** основаны на принципе опережающего отображения и являются **информационно-динамическими**, а в таких системах возможно уменьшение энтропии за счет притока информации извне.

**Эмпирические данные показывают, что в системах, где действует принцип Анохина, универсальным правилом распределения находящихся в них ресурсов являются гиперболические распределения.**

Для таких распределений говорить о среднем значении величины не имеет смысла, поскольку дисперсия равна бесконечности. Поэтому не имеет места и сходимость этого закона к нормальному гауссову закону, поскольку по центральной предельной теореме условием такой сходимости является конечность второго момента. В современной теории вероятности наличие таких закономерностей предусмотрено в виде теории устойчивых негауссовых распределений. При этом необходимо отметить, что даже специальный математический аппарат устойчивых негауссовых распределений не позволяет создавать конструктивные модели для описания процессов в развивающихся системах.

Принцип Анохина в этих случаях проявляется в виде специфических распределений частот появления различных слов в произведениях, цветовой гаммы художников, партитуры композиторов и т. д. Эти распределения достаточно хорошо аппроксимируются эмпирическими закономерностями типа Ципфа-Парето. С другой стороны эти же специфические распределения частот могут быть получены аналитически как процесс самоподобного рекурсивного развития [27,39].

#### **6.4. Самоподобное рекурсивное развитие и фракталоподобные структуры.**

В приведенных выше моделях систем было показано, что нелинейная динамика рассматривает системы, реагирующие на внешние возмущения нелинейным образом. Оказалось, что в некоторых ситуациях детерминированные нелинейные системы, даже имеющие лишь несколько простых элементов, ведут себя неупорядоченно и часто находятся в состоянии, которое называется хаосом. Но детерминистский хаос нелинейных динамических систем это не тот классический хаос, понимаемый как состояние полной дезорганизации или полной случайности событий в системе. Хаос в поведении нелинейных детерминированных систем относится к **ограниченной случайности**, которая может ассоциироваться с фрактальными структурами.

Сами фрактальные структуры часто представляют собой следы хаотических нелинейных динамических процессов.

Более правильно говорить о классе самоподобных рекурсивных структур, первым примером которых является заполняющая пространство кривая (ЗПК) Пеано (рис. 6.15), появившаяся как математический объект на **100 лет раньше понятия фрактала**.

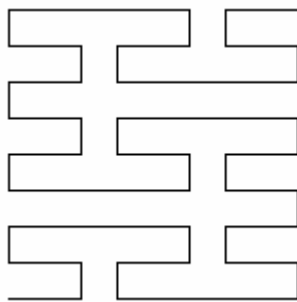


Рис.6.15. Кривая Пеано.

А в [39] показано, что сложность развивающейся системы эквивалентна сложности первичного элемента (эталона, гена и т.д.). По виду прожилок листа рекурсивно легко воспроизвести все дерево в целом, см. рис. 6.11.

Именно поэтому, где бы в природе в результате хаотического процесса ни формировался тот или иной элемент природной среды, например, берег моря, атмосфера, геологический разлом, повсюду с большой вероятностью можно обнаружить фракталы – самоподобные рекурсивные структуры, которые шаг за шагом воспроизводят организм или систему.

Врачи, исследуя легкие человека, обратили внимание на то, что сеть разветвляющихся дыхательных путей при детальном рассмотрении напоминает фрактальную структуру. Однако количественный анализ фракталоподобных структур в организме человека, а также анализ хаотичности динамических процессов, например, ритмов сокращения сердца, начался совсем недавно. Но уже эти начальные стадии исследований открывают новые факторы, которые могут служить ранними предвестниками заболеваний.

В результате исследований американские ученые установили, что сердце и другие физиологические системы могут (способны) действовать весьма **беспорядочно, пока организм молод и здоров**. И, в противоположность интуитивным представлениям, **более регулярное функционирование иногда сопряжено со старением и заболеванием**. Оказалось, что **нерегулярность и непредсказуемость** являются важными характеристиками здоровья, а снижение изменчивости и возникновение **ярко выраженной периодичности причинно связаны со многими заболеваниями**.

Руководствуясь этой концепцией, можно построить периодичные закономерности, которые могли бы служить симптомо-диагностикой **развивающихся заболеваний**. Кроме того, характеристики нерегулярных фрактальных структур могут быть показателями приспособляемости и устойчивости к внешним возмущениям.

Понятие фрактала, введенное в [12] – это геометрическое определение, которое состоит из геометрических фрагментов различного размера и аналогичных по форме. Но в общем смысле – это самоподобная структура некоторой системы, под которой понимается, что структура или процесс выглядят одинаково **в различных масштабах или на различных по продолжительности интервалах времени**.

Например, некоторые клетки (нейроны) головного мозга человека и животных (рис. 6.16) обладают самоподобной структурой.

Если рассматривать эти клетки через микроскоп с небольшим увеличением, то можно заметить отходящие от тела нейрона разветвленные отростки, называемые дендритами. При несколько большем увеличении – еще меньшие ответвления, отходящие от крупных ветвей. При еще более сильном увеличении обнаруживается новый уровень структуры – ответвления от ответвлений и т.д. То есть осуществляется принцип иерархической самоподобной структуризации, по уровню и между уровнями, что можно назвать фракталоподобной структурой.

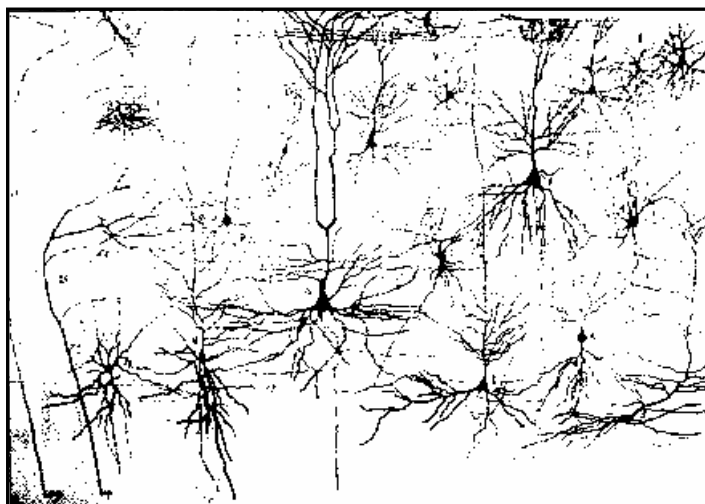


Рис. 6.16. Нейроны головного мозга.

В человеческом организме очень много фракталоподобных образований, например, в структуре кровеносных сосудов (рис. 6.17).

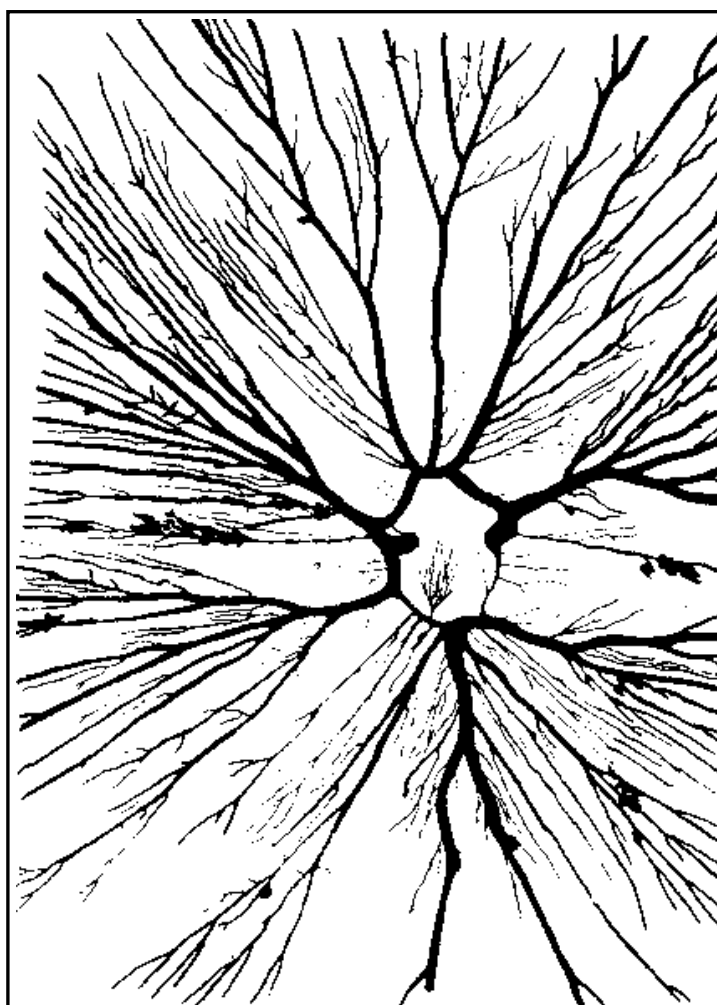


Рис. 6.17. Кровеносные сосуды головного мозга

Количественные оценки показали, что структура дыхательных путей всегда соответствует той, которая справедлива для размерностей фракталов. Структура сердечных артерий и вен, осуществляющих кровоснабжение сердечной мышцы, также фракталоподобна. Фракталоподобна также структура соединительно-тканых образований (сухожилий) в самом сердце, которые прикрепляют митральный и трехстворчатый клапаны к мышцам сердца. Фрактальная организация прослеживается также в картине разветвления некоторых сердечных мышечных волокон, проводящих электрические сигналы от предсердий к желудочкам.

Несмотря на то, что все замеченные в организме фракталоподобные структуры выполняют различные функции в тех или иных органах, у них можно выделить общие анатомические и физиологические свойства. Фрактальные ответвления или складки значительно увеличивают площади для всасывания, например, в тонком кишечнике, распределения или сбора различных веществ, например, в кровеносных сосудах, желчных протоках и бронхиолах, а также проявляются в нервной системе.

Вообще, фрактальные структуры, отчасти благодаря своей избыточности, регулярности и устойчивости к возмущениям, хорошо противостоят повреждениям.

Следовательно, электрофизиологические сигналы ЭЭГ, ЭКГ и др. отражающие функциональное состояние организма, должны также содержать в себе **самоподобные рекурсивные структуры**, т.е. эти сигналы также должны быть фракталоподобны и для них адекватными методами анализа является иерархическая разномасштабная сегментация. Пример такой обработки приведен на рис. 6.18 и 6.19.

Природа и окружающая среда (культура, общество, условия и т.д.) определяют и **модифицируют развитие «семени»**, а **результат отражается в будущем «семени»** - так что обучение и воспитание также влияют, как и исходный ген.



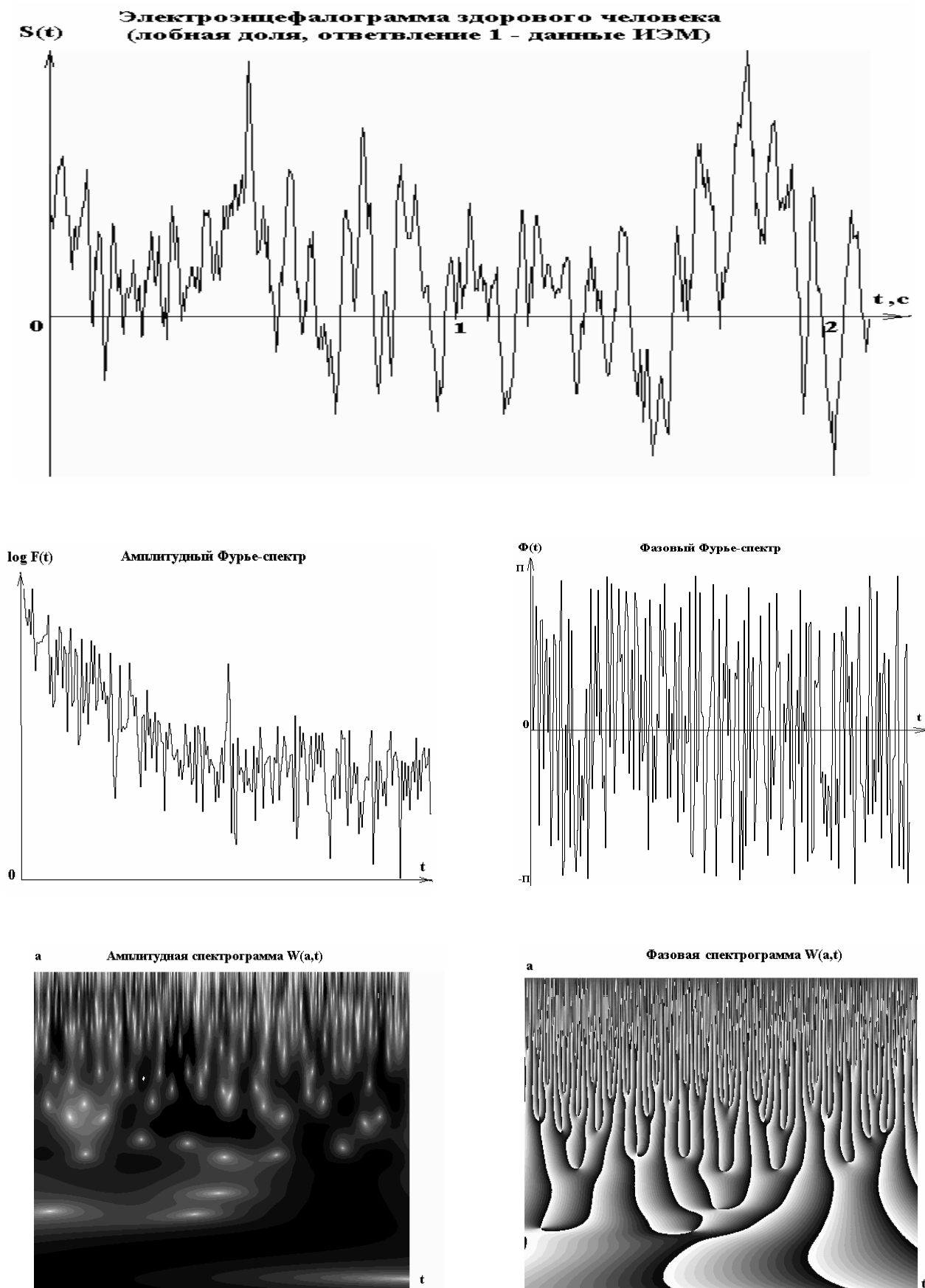


Рис. 6.18. Электрэнцефалограмма здорового человека и ее Фурье- и вэйлет-спектры

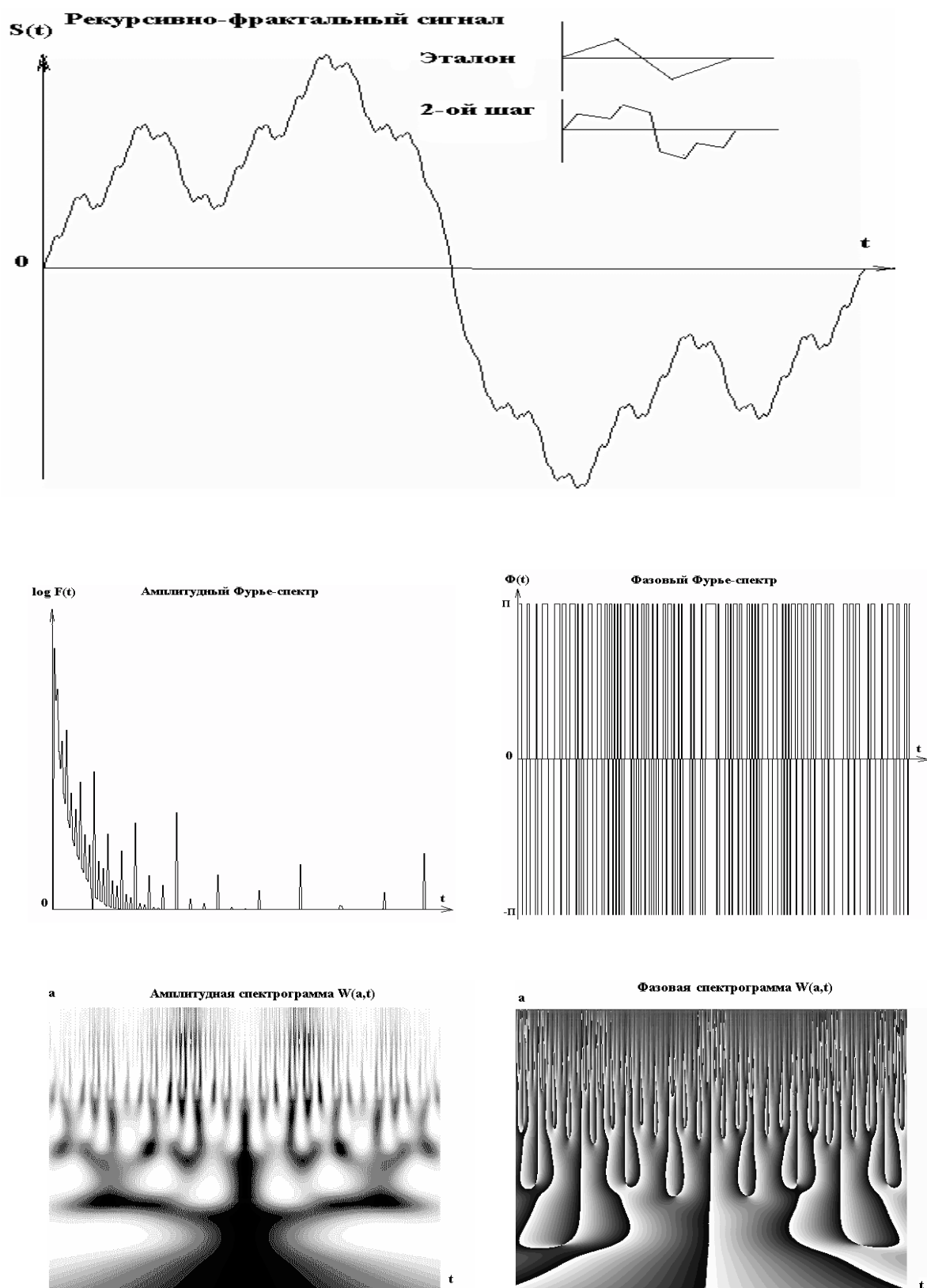


Рис. 6.19. Рекурсивно-фрактальный сигнал [60] и его Фурье- и вэйвлет- спектры

И нет никаких достоверных результатов, что в большей или меньшей степени влияет на результат развития систем: **генетическая или эволюционная теория**, а следовательно и негативное отношение к методу Мичурина-Лысенко абсолютно не оправдано.

**В сверхдозах и кибернетика, и генетика**, и другие науки вполне могут переходить в стадию лженауки. Из приведенных выше рисунков и опыта построения любых объектов на основе самоподобных рекурсивных структур видно, что они обладают ярко выраженной симметрией, что позволяет сделать вывод, что симметрия – это всего лишь следствие **изотропного развития**.

**Симметрия в кристаллах, снежинках и других природных объектах – только одна из характеристик развивающейся системы.**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Это не нравится мне. Почему?

**Я не дорос до этого.**

Ответил ли так когда-нибудь хоть

Один человек.

[Ф. Ницше]

Яркой иллюстрацией эпиграфа является интервью многоопытного журналиста – международного и бывшего посла, который не сомневаясь называет систему **выборщиков** в США **архаичной**. Однако из теории игр и многокритериальных правил принятия решений типа Парето известно, что – только многоуровневая мажоритарная система рейтинговых предпочтений способна исправлять ошибки выбора, а не оценка усредненной «**температуры больных**». Экспертные советы, коллективное судейство и д.р. именно и реализуют принцип **неравновесного мажорирования**.

Так хороша или архаична **система выборщиков** президента США?

В условиях однородного населения: общей культуры, уровня образования и благосостояния, социальных мотиваций и природно - климатических условий, одноэтапный принцип принятия решения по большинству проголосовавших еще в некоторой степени можно считать демократичным. Но, как правило, эти условия обычно не выполняются.

Поэтому возникает потребность либо создания информационных технологий построения **meme**, как средства формирования **единства** социальных, политических и экономических **взглядов общества** для чего и служат СМИ. Однако это понимали и тогда когда еще не было информационных технологии и отцы основатели системы выбора президента США (чтобы избежать возможности такой реакции на выборы в России 1995 г., - типа «народ одурел», когда в думу прошло большинство коммунистов) и создали систему **выборщиков** как 2-ую ступень, учитывающую **не равновесность каждого штата США**.

В [61] проблема выбора власти сформулирована так.

Случайности престолонаследия или избрания по жребью (обычай некоторых республик древнего мира) еще могут иногда сделать властелином мудрого и справедливого; но **испорченная демократия всегда стремится отдать власть наихудшему**. Честность и патриотизм бывают в угнетении, за недобросовестностью обеспечен успех. Лучшие прячутся вглубь, худшие всплывают наружу, и негодяй сменяется лишь еще большим негодяем. А так как национальный характер должен постепенно усваивать те качества, которые ведут к власти, и, следовательно, к уважению, то при этом роковым образом развивается та деморализация общественного мнения, которая, от времени до времени в длинной панораме истории, превращает расы свободных людей в расы рабов.

Подобно тому как Англия прошлого столетия, когда парламент был ничем иным, как замкнутой аристократической корпорацией, так и всюду **испорченная олигархия**, резко отделенная от массы, может существовать, не оказывая значительного действия на национальный характер, ибо в этом случае власть ассоциируется в народном представлении отнюдь не с испорченностью. Но те, где не существует наследственных отличий, а то и дело видишь, что люди благодаря своим порочным качествам поднимаются из низших положений до богатства и власти, - там терпимость к этим качествам наконец заменяется удивлением и тогда -

**Аристократия помоек определяет нашу жизнь** (слова из песни)

Вообще то, чтобы отомстить за поддержку США развала СССР следует всячески целенаправленно раздувать «архаичность» системы выборщиков. А сенатор Хилари Клинтон уже выступает в роли агента влияния нашей думы, поддержавшей мнение об архаичности. Хорошо бы распространить идею массового голосования на выбор: топ менеджеров и генералов, программных продуктов, например PS-DOCS или Documentum 4i, топить или не топить космическую станцию, научных направлений и распределения Нобелевских премий, тогда удастся довольно быстро снизить политический, военный и научный потенциал, а также уровень благосостояния США. О чем

свидетельствует плачевный результат длительного опыта принятия решений на пленумах ЦК коммунистической партии и на партийных собраниях любого уровня в СССР. **Экспертиза специалистов подменялась принципом партийно демократического централизма.**

Более подробно **принципы устойчивости самодостаточных развивающихся систем, иерархические многокритериальные правила принятия решения**, системы распознавания рукописных текстов, обработки данных, сигналов и изображений, а также самоподобное и аналитическое описание рекурсивного развития (типа древовидных структур (Фибоначчи, Лукаша и др.)), ассоциативный поиск как близость «листьев» и «веток» на стволе иерархической структуры, вэйлеты, итерационно-функциональные преобразования и Fract-Int как программа, синтезирующая такие самоподобные развивающиеся структуры как изображения, сигналы и музыка будут рассмотрены во II части книги.

## ЛИТЕРАТУРА.

1. Лоуренс Дж. Питер. Принцип Питера или почему дела идут вкривь и вкось. Пер с англ./сост. предисл. и пер. Л.В. Степанова. – М.: Прогресс, 1990. –320с.
2. Умберто Эко. Маятник Фуко. Санкт-Петербург, "Симпозиум", 1998. - 765 с.
3. Дж.Сорос Кризис мирового капитализма. Открытое общество в опасности. Пер. с английского. - М.: ИНФРА-М, 1999. - ХХУІ, 262 с.
4. М.А. Басин, И.И. Шилович. Синергетика и INTERNET (путь к Synergonet). - СПб.: Наука, 1999. - 71 с., ил.7.
5. В.В. Александров и др. "Оптоэлектронный обучаемый классификатор". Авторское свид. № 440680 от 19.04.1972 г.
6. В.В. Александров, Р.И. Полонников, Е.И. Трофимов. Оптоэлектронные устройства и перспективы их использования в РЭА // Труды конф. По электронной технике/ЦНИИ "Электроника", 1971. Вып. 5(31). - 16 с.
7. В. Одоевский. "4338-й год".1840. Русская фантастическая проза XIX - начала XX века. М. Изд "Правда", 1986 г.
8. П.Д. Успенский. Новая модель вселенной: Пер. с англ. – СПб: Издательство Чернышева, 1993. – с.560.
9. Г. Николис, И. Пригожин. Познание сложного. Пер. с англ., М., Мир, 1990, 275 с.
10. Д.Л. Андреев. Роза Мира. Метафилософия истории. М.; Прометей, 1991. – 288 с.
11. World Government News. Nov/Dec. 1978, January 1979, Issue November 11.
12. В.В. Mandelbrot. Fractals Form, Chance and Dimension. – W.H. Freeman and Company. San Francisco, 1977. – 365 p.
13. П. Шарден "Феномен человека". Москва., 1987.
14. Великая реформа 19 февраля 1861 -1911 гг. Изд. Товарищества Сытина. М., 1911 г.

15. Г. Саймон. Науки об искусственном. Пер. с англ. Э.Л. Наппельбаума. Послесл. О.К. Тихомирова. М., «Мир», 1972. – 147 с., ил. (В мире науки и техники)
16. Ф. Ницше. Стихотворения. Философская проза: Пер. с нем. / Сост. М. Кореневой; Вступ.ст. М. Кореневой и А. Аствацатурова; Комментар. А. Аствацатурова - СПб.: Худож. Лит., 1993. - 672 с. (Лук и лира).
17. Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. Введение в системный анализ: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.: ил.
18. Modern Structured Analysis. 1989 by Prentice-Hall, Inc. A Division of Simon&Schuster. Englewood cliffs, NJ 07632, p. 675.
19. В. Потапов. В руках небесного отца. – газ. Тайная власть, №10, 2000.
20. Иван Фокс. Занятная наука этология. – газ. Аномалия. № 15 (112), 1995.
21. А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. Теория больших систем управления: Учеб. пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1982. – 288 с., ил.
22. В.Н. Волкова, А. А Денисов. Основы теории систем и системного анализа: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Системный анализ и управление». – СПб.: Изд. СПбГТУ, 1997. – 510с. Табл. – 36. Ил. – 128. Библиогр. – 288 назв.
23. Основы математического моделирования с примерами на языке MATLAB<sup>R</sup>. Изд. 2-е, доп.: Учебное пособие/ Д.Л. Егоренков, А.Л. Фрадков, В.Ю. Харламов; Под ред. д-ра техн. наук А.Л. Фрадкова; БГТУ. СПб., 1996.-192 с.
24. У.Р. Эшби. Введение в кибернетику. – М.: ИЛ, 1959.
25. E. Feigenbaum and P. McCordrek. The Fifth Generation. Reading, Mass, Addison – Wesley, 1983.
26. Пер Бак, Кан Чен. Самоорганизованная критичность. В мире науки. №3. 1991. – с.16-21.
27. В.В. Александров, А.В. Арсентьева, А.В. Семенов. Структурный анализ диалога. Препринт № 80. - Л., ЛНИВЦ, 1983. - 50 с.



28. B.V. Mandelbrot. *The Fractal Geometry of Nature*. – San Francisco, 1982. – 258 p.
29. Тьюринг ”Может ли машина мыслить?”, М. 1960 г.
30. А. Дж. Тойнби. *Постижение истории*: Пер. с англ./Сост. Огурцов А.П.; Вступ. ст. Уколовой В.И.; Закл. ст. Рашковского Е.Б. – М.: Прогресс. 1996 – 608 с.
31. Р.К. Баландин. *Вернадский: жизнь, мысль, бессмертие* (к 125-летию со дня рождения). Изд 2-е, дополн., Изд-во ”Знание”, Москва, 1988. - 208 с.
32. E.F. Schumacher. ”Small is Beautiful”, *ABACUS*, 1973, p.256.
33. *Античные теории языка и стиля*. Под общей редакцией О.М. Фрейденберга. ОГИЗ, Государственное социально-экономическое издательство. Москва-Ленинград, 1936.
34. Ю.И. Манин. *Вычислимое и невычислимое.*, Москва, «Советское радио», 1980.
35. J. Naisbitt. *Megatrends. Ten new direction transforming our lives*, 1982.
36. Д.Д. Фрэйзер. *Золотая ветвь: Исследование магии и религии*. Пер. с англ. - 2-е изд. - М.: Политиздат, 1983. - 703 с.
37. В.Е. Еремеев. *Чертеж антропокосмоса*. АСМ, Москва, 1993.
38. J.C. Simon. *Patterns and Operators. The Foundations of Data Representation*. R. R. Donnelley and Sons Company. 1986.
39. В.В. Александров, А.В. Арсентьева. *Информация и развивающиеся структуры*. - Л.:ЛНИВЦ АН СССР, 1984.
40. В.В. Александров, А.К. Блажис, А.В. Скурихин. *О новой парадигме информационной среды*. // *Проблемы информатизации: теоретич. и научно-практич. журнал/ РАН, Мин. Науки и технологий РФ*. М., 2000, вып.1, с.52-58.
41. Lyall Watson. *Lifetide. A biology of the Unconscious*. Coronet Book, 1979.
42. В.В. Александров, А.К. Блажис. *Компьютерная технология – новая парадигма информационной безопасности. Путь информационного зомбирования*. Межрегиональная конференция «Информационная

безопасность регионов России ИБРР-99», Санкт-Петербург, «Политехника», 2000, 57-68.

43. Н.И. Кондаков. Логический словарь-справочник., Москва, Наука, 1975.
44. Константин Эрберг. Алконост. С-Петербург, 1919, 170 с.
45. Л.Н. Гумилев. Этногенез и биосфера земли., Л., Гидрометеиздат 1990.
46. М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Пospelов. От амебы до робота: модели поведения. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.-288 с. - (Проблемы науки и технического прогресса).
47. D.R. Hofstadter. Godel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid. - NY., Basic Books, 1979. - 779p.
48. V.V. Alexandrov, A.K. Blazhis, A.V. Skourikhin. Digital Technologies: the New Paradigm of Information Communication. // 3-rd International Conference on Manufacturing and Technology. – MIT, Boston, 2000.
49. Дж. Касти. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. Пер. с английского под редакцией д-ра физ.-мат. наук Ю.П. Гупало и канд. физ.-мат. наук А.А. Пионтовского, М. «Мир» 1982, - 216 с., ил.
50. К. Спици, Р. Браун, Дж. Гудвин. Теория управления. Идентификация и оптимальное управление. Пер. с англ. М. «Мир», 1973, - 247 с.
51. В.М. Пономарев, В.В. Александров. Алгоритмическая модель как средство автоматизации исследований. В книге "Автоматизация исследований и проектирования". Изд. "Наука", Москва 1978, с.5-12.
52. К. Жаблон, Ж.-К. Симон. Применение ЭВМ для численного моделирования в физике. Пер. с франц. А.В. Арсентьевой под ред. В.В. Александрова и Ю.С. Вишнякова. Москва, «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1983.
53. V.V. Alexandrov et. Al. Integrated Approach to Data Analysis. – Proc. 4-th Int. Symp. Data Analysis and Informatics, Paris, 1985.
54. В.В. Александров, А.И. Алексеев, Н.Д. Горский. Анализ данных на ЭВМ (на примере системы СМТО) – М.: Финансы и статистика, 1990. – 192 с.: ил. – (Мат. обеспечение прикладной статистики).

55. Z. Brzezinski. The Grand Failure. The birth and death of communism in the twentieth century. Charles Scribner's Sons. New York @. 1989.
56. S.D. Jadegari. Self-similar Synthesis On the Border Between Sound and Music. - MIT, 1992.-146p.
57. И.А. Евин. Синергетика искусства. Москва, 1993 г., 171 с., ил.
58. G.K. Zipf. Human behaviour and the principle of least effort. Addison Wesley Publ. Co., Inc., Cambridge, Mass., 1949.
59. П.К. Анохин. Философские вопросы теории функциональных системМ. Наука, 1978, 460с.
60. В.В. Александров. Самоподобные рекурсивные структуры как способ представления знаний в ЭВМ. В сб. Информационно-вычислительные проблемы автоматизации научных исследований. Изд. «Наука». 1983.- с.65-74.
61. Генри Джордж. Прогресс и бедность. Перевод с англ. С.Д. Николаева. «Генри Джордж Фондейшен» Москва, 1992. – 384 с.

*Виктор Васильевич Александров.*

Развивающиеся системы.  
В науке, технике, обществе и культуре

Часть 1  
Теория систем и системное моделирование

Учебное пособие

Лицензия ЛР № 020593 от 07.08.97

---

Подписано в печать 01.12.2000. Формат 60×В4/16. Печать офсетная. Усл. печ.л. 18,75.

Тираж 300. Заказ №714.

---

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного автором,  
в типографии Издательства СПбГТУ  
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29