Синергетическая методология .

Проф. Басин М. А.
НИЦ «Синергетика» СПбСУ
Санкт-Петербург.
E-mail basin@soft-tronik.spb.ru

1. Синергетика: её особенности как науки.

Интенсивное развитие нелинейных методов исследования сложных систем и сделанные в процессе этого развития открытия привели к тому, что учёные различных специальностей почувствовали необходимость в обобщении и синтезе потока новых знаний. Возникшую при этом междисциплинарную науку Г. Хакен назвал красивым именем «Синергетика».

Термин Синергетика происходит от греческого synergeia «синергеиа»- содействие, сотрудничество. Более часто встречающимся до последнего времени было слово «синергизм»:

1) совместное функционирование органов и систем;

2) комбинированное действие лекарственных веществ на организм, при котором суммарный эффект превышает сумму воздействий, оказываемых каждым компонентом в отдельности.

Сжато и четко сформулировал триаду элементов, формирующих синергетику, Р.Г. Баранцев ***нелинейность- когерентность- открытость.***

Эти три элемента присутствуют в определениях синергетики, данных различными авторами.

По мнению Ю.А Данилова и Б.Б Кадомцева [16], «в отличие от большинства новых наук, возникавших, как правило, на стыке двух ранее существовавших и характеризуемых проникновением метода одной науки в предмет другой, она (Синергетика) возникает, опираясь не на граничные, а на внутренние точки различных наук, с которыми она имеет ненулевые пересечения: в изучаемых (ею) системах, режимах и состояниях физик, биолог, химик и математик видят свой материал, и каждый из них, применяя методы своей науки, обогащает общий запас (ее) идей и методов».

2. Основные научные результаты, составившие базу Синергетики.

Вобрав в себя последние достижения математики, нелинейной физики, химии, биологии, наук о Земле, Синергетика позволила обнаружить существование в сложных системах различной природы универсальных качественных закономерностей возникновения, развития и разрушения различных структур.

Перечислим некоторые основные результаты, которые в последние годы были получены в математике и естественных науках, и в настоящее время вошли в арсенал синергетики.
Математическая теория катастроф.
Качественная теория динамических систем.
Изучение закономерностей перехода от регулярных процессов к хаотическим.
Создание фрактальной геометрии.
Обнаруженное Г. Хакеном явление, связанное с тем, что само-организация сложных структур определяется, в основном, поведением очень небольшого количества параметров, названных им ведущими модами или параметрами порядка.
Создание эргодической теории.
Введение представлений о руслах и джокерах
Создание неравновесной термодинамики.
Разработка принципиально новых подходов к энтропии и информации.
Внедрение в исследование самоорганизующихся структур методов асимптотической математики.
Классификация волн, вихрей, дипольных структур и транспортно-информационных систем.
Разработка качественной теории нелинейных волновых процессов, авто-волн и авто-структур. Исследование диссипативных структур. Открытие режимов с обострением.
Открытие резонансных вихре - волновых структур. Разработка концепции вихре - волнового и структурно-волнового резонанса как одного из важнейших механизмов самоорганизации.
Открытие и исследование реакций Белоусова – Жаботинского и биологических авто-волн.
Открытие степенных статистических закономерностей в распределении элементов и структур в сложных самоорганизующихся системах и разработка новых методов качественного и количественного анализа динамики сложных информационно- транспортных систем.
Обнаружение режимов само организованной критичности.
Разработка математических моделей исследования нейросистем.
Принципиально новые результаты, связанные с применением синергетических методов в таких «гуманитарных» науках, как психология, история, социология, экономика, теория права.
Философские обобщения, базирующиеся на синергетических принципах
Разработка и внедрение в синергетическую методологию триадного принципа изучения целостных транспортно-информационных систем.

3. Три языка Синергетики.

Объектом исследования обычно является некоторая структура или система (совокупность связанных структур), которая может быть выделена из окружающей природы и в течение некоторого времени сохраняет собственную индивидуальность, то есть частичную или полную независимость от окружающей среды (поля).

Целостная структура может быть охарактеризована одним словом, названием объекта. Название объекта ассоциируется в человеческом мозгу с первоначальным образом объекта, сложившимся на основе визуальных, звуковых и других типов ощущений, связываемых в единое целое. При выделении объекта из природы мы составляем в мозгу его образ, даем ему имя и вводим два числа: единица и нуль, характеризующие соответственно существование и отсутствие объекта.

Тем самым, мы вводим в рассмотрение три языка синергетики и науки вообще:

а) язык образов,
б) язык слов,
в) язык математики.

Язык образов позволяет получить общее представление о красоте и разнообразии окружающего мира и о взаимодействии объектов между собой.

Язык слов помогает отметить очень важную особенность окружающей природы, позволяющую строить её научную картину, - существование объектов, во многих отношениях идентичных друг другу, которые могут быть названы одним словом.

Язык математики позволяет уже на первой стадии рассмотрения ввести логистическую математическую группу, описывающую отсутствие, рождение, существование и гибель исследуемого объекта.

Название и, если это возможно, словесное определение объекта, позволяют включить в процесс исследования язык слов и тем самым подключить к исследованию все те возможности изучения глубинных связей структуры или системы, которые существуют в человеческом языке, несущем в себе в символьном виде всю историю человечества.

Переводы названия объекта на другие языки, отыскание близких по смыслу слов, позволяет построить поле слов и соответствующих им объектов, так или иначе связанных с изучаемой нами системой или структурой. При этом выявляются скрытые первоначально связи объектов и явлений.

4. Предварительная классификация процесса или объекта. Включение процесса (объекта) в систему квант- волна.

Этот пункт исследования является наиболее важным на первом этапе изучения, так как позволяет ввести масштабную (в обобщенном, не только геометрическом, смысле) иерархию, включающую в себя объект исследования. В основу этой классификации положен тот не до конца объясненный экспериментальный факт, который, по-видимому, является проявлением фундаментального закона существования волновых систем: большинство объектов или процессов не существуют в единственном числе, а образуют группы или классы идентичных или почти идентичных объектов или процессов.

Именно это свойство является, по нашему мнению, основанием, позволяющим человеку познавать окружающую природу, предсказывать будущее и в некоторой мере управлять будущими событиями, и выживать в бурно меняющемся мире.

Структуры или процессы, входящие в совокупности идентичных или почти идентичных объектов, названы нами «квантами» (по аналогии с квантовой механикой), а совокупности идентичных или почти идентичных объектов – обобщенными волнами.

Любая сложная транспортно-информационная система, состоящая из большого количества элементов и имеющая в природе некоторое количество аналогов, может одновременно рассматриваться и как квант, и как обобщённая волна. По отношению к своим элементам – квантам, - она является обобщенной волной, а по отношению к совокупности систем, аналогичных данной, – квантом. Иерархия волн - квантов может быть продолжена как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения масштабов. При этом каждый уровень иерархии может быть рассмотрен как волна и как квант, в зависимости от масштаба рассмотрения.

5. Словесная история объекта.

Всякая сложная структура или система взаимодействует с окружающей средой (полем) и, трансформируясь в процессе этого взаимодействия, сохраняет те некоторые основные параметры (инварианты), которые позволяют считать её (и ей осознавать себя - в случае наличия у нее сознания) именно данной системой. Это свойство системы обычно называют целостностью.

Исследование сложных систем должно выполняться как историческое исследование, должна быть определена последовательность событий, в которых участвует данная система.

Первым этапом такого динамического исследования должна быть словесная история объекта, включающая в себя описание в хронологическом порядке наиболее существенных для данной системы событий. Такое описание может выполняться параллельно с другими методами исследования и развиваться по мере поступления новой информации.

Уже на первых этапах исследования язык слов позволяет нам изучать качественно динамику системы как процесс, вводя в рассмотрение «абсолютное время» окружающей среды (поля) и внутреннее время изучаемого нами процесса (последовательности качественных изменений, происходящих в изучаемой нами системе).

6. Выбор основной меры, характеризующей объект (параметра целого).

Этот творческий процесс обеспечивает переход от словесного описания к математическому. Любая целостная система, которая может быть описана одним словом, должна иметь определённую действительную скалярную меру - параметр целого,- изменение которого описывает процесс возникновения и развития системы. Выбор этого параметра с целью построения математической модели системы не является однозначным, так как сложные системы могут быть описаны большим (иногда бесконечным) числом координат. Удачный выбор параметра целого, характеризующего систему и соответствующий ей процесс, является следствием того мысленного образа изучаемого объекта, который сложился на предыдущих этапах исследований. Параметр целого должен быть выбран таким образом, чтобы он легко измерялся или вычислялся и характер зависимости его от времени был устойчив для ряда аналогичных систем (квантов).

На этом этапе нужно не точное знание о природе, а шарж, схватывающий характерные черты изучаемых объектов и процессов. Это связано с тем, что научные данные – это проверяемые опытом данные, то есть повторяющиеся с той или иной точностью. Чем более сложен объект научного исследования, тем больше в нем индивидуального, тем меньшее число частных особенностей предмета может быть научно исследовано на первом этапе. Если мы оставляем при исследовании сложного объекта лишь одну обобщенную координату (меру, параметр целого), то в качестве неё можно использовать величину, характеризующую объём многообразия координат, более детально описывающих систему. Это может быть действие, энергия, масса системы, энтропия или информация, реальный геометрический объем, количество входящих в неё подсистем, количество денег, прибыль, количество слов в языке и даже переменная возможность существования самой системы.

В ряде случаев можно принять за параметр целого изучаемого объекта число элементов - квантов, которые включены в объект как в обобщенную волну. Если каждый из них имеет свою меру или параметр целого и эти меры аддитивны, то суммарную меру всех квантов.

В этом случае введение параметра целого подразумевает значительное информационное сжатие, то есть идентификацию квантов, включённых в систему как в обобщённую волну.

Однако, параметр целого не полностью определяет динамику исследуемой структуры или системы. В действительности, в некоторых случаях отдельные части системы могут воздействовать на изменение этого параметра. Поэтому близкие по типу системы на одном и том же этапе развития могут иметь отличающиеся друг от друга значения этого параметра. Параметр целого обычно бывает управляющим параметром системы, изменяется более медленно, чем другие обобщённые координаты системы, и более устойчив к внешним возмущениям. В некоторых случаях параметр целого может характеризовать качество системы и различие в этих параметрах для сравниваемых систем определяет превосходство одной системы над другой

7. *Рождение и разрушение объекта.*

Простейший вид описания структуры состоит в представлении динамики объекта в виде двух чисел 0 и 1, где 0 соответствует отсутствию структуры, а 1 - ее существованию.

Введём групповое умножение.

0*1=0 - ликвидация объекта.

1*0=0 - подтверждение отсутствия объекта.

0*0=1 – рождение объекта.

1*1=1- подтверждение существования объекта.

{0,1}-коммутативная группа, описывающая существование объекта.

Всякий объект должен иметь начало и конец во времени, а следовательно, некоторый период существования. Предположим, что до момента t_1 объекта не существовало. Параметр целого данного объекта равнялся нулю. В момент t_1 произошло рождение объекта, который просуществовал до момента времени t_2, после которого он исчез. Такое простейшее эволюционное рассмотрение позволяет ввести ряд математических понятий.

1. Момент рождения объекта t_1

2. Момент исчезновения - разрушения объекта или его превращения в новый объект t_2,

3. Срок жизни объекта $dt = t_2 - t_1$.

Если рассмотреть множество идентичных структур (квантов) – обобщённую волну, - то подобный подход позволяет нам вводить в рассмотрение определённые типы распределений, связанные с числом структур, их моментами рождения и гибели и длительностью их существования. Предположение о конечности времени существования реальных объектов ставит следующие вопросы:

Что такое рождение структуры (системы)?

Что такое разрушение структуры (системы)?

При первичном (простейшем) рассмотрении можно считать, что структура рождается и исчезает мгновенно. В этом случае можно осуществить простейшее графическое описание динамики объекта в виде графика зависимости параметра целого от времени. Этот график представляет собой три отрезка горизонтальных прямых.

$$-\infty < t \le t_1 \quad \mu = 0$$
$$t_1 < t < t_2 \quad \mu = 1$$
$$t_2 \le t < \infty \quad \mu = 0$$

В моменты возникновения и разрушения структур в природе должны происходить качественные изменения (ведь рождается (или исчезает) нечто новое).

Большинство существующих научных теорий описывает взаимодействие уже существующих структур. Проблема же их возникновения и разрушения не имеет в настоящее время полного решения.

Однако, при первичном исследовании конкретного объекта целесообразно начинать с рассмотрения именно этого вопроса, тем более, что во многих случаях эго решение представляет наибольший практический интерес.

В простейшем рассмотрении мы считали, что рождение и исчезновение структуры происходят мгновенно. Это достаточно сильное допущение, хотя во многих случаях мы наблюдаем действительно очень быстрое формирование новых структур и разрушение старых. В человеческом языке существуют такие слова, как катастрофа, кризис, взрыв, революция, рождение, разрушение, удар и т.д. Однако в любом случае это процесс, имеющий ту или иную протяжённость во времени.

В некоторых случаях процесс формирования структур может оказаться достаточно длительным. Тогда вместо мгновенного формирования структуры и мгновенного её разрушения необходимо ввести конечные периоды её возникновения и разрушения. Это вполне естественное допущение влечёт за собой ряд следствий.

Первое следствие состоит в том, что возникает вопрос, а что же происходит со структурой в эти периоды? Существует она или нет? Ответ на этот вопрос совсем не тривиален. По-видимому, в периоды рождения и разрушения про структуру нельзя с полной определённостью сказать ни то, что она существует, ни то, что её нет. Параметр целого структуры изменяясь, принимает значения, промежуточные между нулём и единицей.

Если считать процесс формирования структуры непрерывным, то горизонтальные прямые вблизи точек t_1 и t_2 можно соединить плавной кривой.

В период рождения уже нельзя сказать, что структура не существует, но ещё нельзя сказать, что структура полностью оформлена.

На этом уровне рассмотрения попытка интерпретации введенного нами параметра оказывается не вполне корректной. По-видимому, такая интерпретация должна быть сделана в каждом частном случае отдельно с учетом эмпирических данных и "физического смысла", который должен вкладываться в понятие параметра целого, описывающего структуру.

Укажем путь возможного решения этой задачи с другой стороны. Мера, характеризующая произвольную структуру, может быть получена как объём многообразия, формирующегося обобщёнными координатами, которые характеризуют структуру при более детальном описании. Этот объём может меняться со временем. Если структуры нет, то мера равна нулю. В процессе существования (функционирования) структуры существует какой-то промежуток времени, когда многообразие, описывающее структуру, имеет максимальный объём. Если объём многообразия, описывающего структуру в любой момент времени, поделить на его максимальное значение, то получим в наиболее естественном случае кривую, которую мы построили ранее из других соображений и форму которой мы ищем.

В случае, если изучаемая нами структура в течение длительного времени остаётся стабильной и сохраняет фазовый объём соответствующего ей многообразия, а в периоды возникновения и разрушения резко его изменяет, то её параметр целого может быть отождествлен с объёмом многообразия, её описывающего.

Можно рассматривать несколько способов рождения новых структур.

а) Появление новой структуры (обобщённой волны) вследствие объединения или самоорганизации структур более низкого уровня иерархии, имеющих меньший объём или размерность описывающих их многообразий (квантов).

б) Появление новых структур в результате деления структуры на две и более частей.

в) Появление новой структуры вследствие потери устойчивости структуры, существовавшей до её образования

г) Рождение новой структуры в результате слияния двух родственных структур с возможным переходом затем к многократному использованию второго способа.

д) Рождение новой структуры или волны путем излучения структур более высоких классов.

е) В качестве отдельного способа может рассматриваться целенаправленное формирование новых структур структурами более высокого класса (творчество).

Описанные способы приводят к необходимости анализа процесса формирования новых структур как бифуркационного изменения старых, уже существовавших ранее систем и структур. Тем самым, процесс появления и разрушения структур включается в цепочку превращений одних структур в другие. Таким образом, можно проследить не только время существования той или иной структуры, но и построить граф появления, существования и разрушения структур, проанализировав при этом не только внешние связи структуры с окружающей средой: полем,- но и генетическую связь структур.

Многие структуры после появления начинают изменять значения своих основных обобщённых координат. В качестве примеров можно привести :
а) рост амплитуды волны при приближении её к берегу;
б) рост парового пузырька или паровой каверны при увеличении скорости движения тела;
в) рост кристаллов в растворе;
г) рост атомного гриба;
д) рост биологической клетки после деления;
е) рост живого организма;
ё) рост числа научных исследований в новой отрасли знаний,
ж) рост количества людей.

Таким образом, вновь сформировавшаяся структура может после своего появления в течение некоторого промежутка времени интенсивно увеличивать объём описывающего её многообразия, а следовательно и параметра целого, пока не выйдет на некоторое стационарное состояние. Процессы такого бурного (или не очень бурного) роста могут сильно отличаться друг от друга, однако во многих случаях они обладают некоторыми общими особенностями. Эти особенности могут быть исследованы эмпирически и описаны математическими .

8. Эмпирический анализ двумерного фазового пространства, описываемого выбранным параметром целого и скоростью его изменения или некоторым итерационным процессом.

Если параметр целого выбран, то на основании эмпирических данных может быть построена для данной системы или для серии систем, аналогичных данной, зависимость параметра целого, характеризующего систему, от времени. Эта зависимость может быть дискретной, когда для некоторых моментов времени определяется выбранный параметр, или непрерывной, в этом случае при помощи специальных приборов осуществляется непрерывная запись некоторых величин, которые затем могут быть использованы для вычисления параметра целого.

Наиболее реалистичным является дискретное определение параметра в конкретные моменты времени с последующей аппроксимацией полученных данных в виде непрерывных функций от времени.

В этом случае вместо зависимости параметра от времени может быть построена более информативная картина двумерной фазовой плоскости, по оси абсцисс которой отложен выбранный параметр, а по оси ординат – его производная по времени. Для автономных систем, то есть систем, динамика развития которых слабо зависит или вовсе не зависит от параметров поля, такой график может оказаться универсальным, не зависящим от начальной точки отсчёта во внешнем времени.

Здесь проявляется интуиция - параметр целого должен быть выбран таким образом, чтобы характер его изменения был универсальным, то есть, чтобы зависимость его изменения от времени для данной структуры и её аналогов была почти детерминирована и слабо зависела от внешних условий.

9 . Разработка одномерной математической модели динамики объекта в рамках выбранного параметра целого.

Если выбран один параметр, интегрально определяющий меру структуры, то можно построить простейшие математические модели, приближенно описывающие процесс формирования, роста структуры и выхода её на тот или иной стабильный режим, а также процесс её разрушения или превращения в качественно новую структуру.
Введём для параметра целого, описывающего структуру, обозначение μ. Рассмотрим два типа аппроксимации - итерационный и непрерывный.

Итерационный способ аппроксимации состоит в выражении последующего измеренного состояния системы через предыдущие

$$\mu_p = F(\mu_{p-1},...,\mu_{p-k},t).$$

Особо следует выделить системы, которые могут принимать конечное число состояний. Динамика таких систем оказывается во многом эквивалентной динамике орбит конечных математических полугрупп или групп. Наиболее известным представителем таких систем является современный компьютер, который может быть использован для моделирования их динамики.

Фазовое пространство при детерминированном итерационном процессе может быть построено следующим образом. По оси абсцисс откладывается μ_{p-1}, а по оси ординат μ_p. Точка на соответствующей фазовой плоскости соответствует отображению. Для систем с конечным числом состояний количество точек конечно и равно числу состояний.

Любой динамический процесс такого типа в пределе выходит на стационарную точку,

$$\mu_p = \mu_{p-1}$$

или на циклическую траекторию.

$$\mu_p = \mu_{p-k} ,$$

где k можно считать периодом цикла.
В пределе очень большого числа состояний область изменения параметра целого может быть аппроксимирована континуумом. В этом случае количество типов траекторий становится значительно больше, чем при дискретном задании. Именно здесь появляются странные аттракторы.

Значительный практический интерес представляет использование аппроксимирующих функций, имеющих разрывы функций и их производных в конечном числе точек. В этом случае особые точки отображений и аттракторы приобретают дополнительные особенности.

В случае гладкой зависимости параметра целого от времени динамика его изменения может быть описана дифференциальным уравнением

$$\frac{d\mu}{dt} = f(\mu, t),$$

где $f(\mu,t)$ -заданная гладкая функция.

Решение и качественный анализ этого уравнения позволяют не только приближенно описывать динамику структуры, но и в какой-то степени предсказывать её будущее. Если структура или система развивается по внутренним законам, (воздействие внешней среды (поля) на неё пренебрежимо мало либо носит стационарный характер), то для её описания может быть использовано автономное дифференциальное уравнение

$$\frac{d\mu}{dt} = f(\mu),$$

В случае непрерывной аппроксимации наиболее удачным подходом является построение двумерных фазовых диаграмм, по одной из осей которых откладывается сам параметр, а по другой – его производная. Для автономных объектов фазовые траектории от времени не зависят.

В некоторых случаях дифференциального уравнения первого порядка для адекватного описания динамики параметра целого оказывается недостаточно. В этом случае можно перейти к дифференциальным уравнениям более высоких порядков или к введению комплексного параметра целого. В обоих случаях это математически эквивалентно увеличению числа координат.

10. Качественный анализ и численное решение одномерной математической модели динамики объекта.

Качественный анализ итерационной системы или нелинейного дифференциального уравнения позволяет ещё до их решения определить особенности поведения моделируемой системы как нелинейного объекта не только в прошлом и настоящем, но и в будущем.

Начнём анализ с автономной итерационной системы.

Выполнение условия

$$\mu_n = F[\mu_n]$$

означает, что система находится в стационарном состоянии.

Стационарное состояние называется устойчивым и обозначается μ^{SU},если существует некоторая область (окрестность μ^{SU}) в фазовом пространстве такая, что, как только процесс в какой-то момент времени пришел в состояние из этой области, то он начинает стремиться к устойчивому стационарному состоянию параметра целого μ^{SU}. Если такой области нет, т.е.

если микро-отклонение от точки, соответствующей стационарному значению μ^{SU}, приводит к существенным макро-изменениям в течении процесса, состояние системы является неустойчивым стационарным состоянием.

В общем случае график $\mu_2 = F[\mu_1]$, соответствующий итерационному соотношению, иллюстрирует закон эволюции системы и позволяет определять стационарные состояния системы и их тип.

Если кривая $\mu_2 = F[\mu_1]$, определяемая соответствующим итерационным соотношением $\mu_{n+1} = F[\mu_n]$ пересекает прямую $\mu_2 = \mu_1$ в точке μ^S и $|F'[\mu_1]| < 1$, то μ^S - устойчивая стационарная точка, а если $|F'[\mu_1]| > 1$, то неустойчивая.

Рассмотрим подробнее математическую модель автономного дифференциального уравнения первого порядка.

$$\frac{d\mu}{dt} = f(\mu)$$

Его общее решение имеет вид

$$t - t_0 = \int_{\mu_0}^{\mu} \frac{d\mu_1}{f(\mu_1)}$$

Если для какой-либо структуры в определенные моменты удалось экспериментально определить как величину выбранного нами параметра целого, так и его производной по времени, то затем, аппроксимируя функцию $f(\mu)$, например, при помощи дробно-рациональной функции.

$$f(\mu) = \frac{P(\mu)}{Q(\mu)} = \frac{a_0 + a_1\mu + a_2\mu^2 + ... + a_n\mu^n}{b_0 + b_1\mu + b_2\mu^2 + ... + b_m\mu^m}$$

можно найти коэффициенты аппроксимации a_i, b_i, соответствующие экспериментальным данным .

Во многих случаях поведение системы вблизи особых точек, соответствующих нулям или полюсам функции $f(\mu)$, описывается степенной функцией с рациональным или иррациональным показателем степени. При этом появляется многозначность поведения исследуемой модели. Величины $\mu(t)$ могут одновременно с различной степенью вероятности принимать конечное или бесконечное множество комплексных значений, физический смысл которых для реальных систем должен быть специально уточнён.

Экспериментальные данные показывают, что большинство структур после периода бурного роста выходят на стабильный режим, в котором структура находится значительное время.

Этот процесс можно описать, используя квадратичную функцию $f(\mu)$.

Рассмотрим так называемое логистическое уравнение, которое было подробно изучено в связи с анализом роста и стабилизации популяций животных, однако имеет широкое применение при исследовании различных систем, так как приближённо отражает переход системы из одного стационарного состояния в другое. Оно имеет вид

$$\frac{d\mu}{dt} = (1-\mu)\mu$$

Описываемый этим уравнением процесс имеет две стационарные точки $\mu=0$ и $\mu=1$. Точка $\mu=0$ неустойчива - это значит, что новые структуры могут появляться, в частности, при неустойчивости старых. Точка $\mu=1$ устойчива. Фазовая плоскость уравнения - зависимость $\frac{d\mu}{dt}$ от μ, представляющая собой параболу, наиболее сжато и полно характеризует особенности процесса
В некотором смысле логистическое уравнение универсально, так как его интегральные кривые описывают процесс перехода динамической системы из одного - неустойчивого состояния в другое - устойчивое. Оно также характеризует типичный процесс роста и стабилизации структур различной природы.

Его решение в случае $\mu < 1$ имеет вид

$$\mu = \frac{\exp(t-t_0)}{1+\exp(t-t_0)}$$

При стремлении μ к нулю в момент начала роста структуры логистическая кривая асимптотически приближается к экспоненциальной. Однако, по мере увеличения меры μ в структуре, описываемой этой кривой, развиваются процессы, препятствующие дальнейшему экспоненциальному росту структуры, и вблизи $\mu = 0.5$ различие кривых становится существенным. Логистическая кривая выходит на асимптоту $\mu=1$, а экспоненциальная кривая уходит вверх.

Этот закон является простейшим законом, описывающим непрерывным образом формирование новых структур.

Существуют и другие дифференциальные уравнения, решения которых дают функции, позволяющие смоделировать плавный переход из одного состояния в другое. В частности, при анализе роста и размножения биологических объектов нами было получено дифференциальное уравнение

$$\frac{d\mu}{dt} = -\mu \ln \mu,$$

обладающее теми же стационарными точками, что и логистическое уравнение, но позволяющее вместе со своим аналогом, итерационным соотношением со степенной правой частью единым образом описывать рост и размножение объектов.

Во многих случаях процесс роста сложных систем происходит не непрерывно, а путём размножения элементов системы или поглощения растущей системой новых элементов. Если скачки параметра целого малы, то в первом приближении этот дискретный процесс может быть заменён непрерывным, и для его описания может быть использован аппарат дифференциальных уравнений, в противном случае для описания динамики роста и стабилизации структур может быть использован аппарат итерационных соотношений.

Устойчивые стационарные точки фазовой плоскости или графика, представляющего решение системы итерационных соотношений, обычно являются пределом, к которому стремятся фазовые траектории системы. Такие точки называются аттракторами.

Аттракторами могут быть не только устойчивые стационарные точки, но и замкнутые траектории циклического типа (циклы и торы). В последние годы открыты и в настоящее время интенсивно изучаются ациклические аттракторы, названные странными.

Следующим этапом исследования является численное решение полученных уравнений. Численное решение совместно с качественным анализом позволяет строить не только зависимость меры от времени, которая была в прошлом, и сопоставить полученные данные с результатами наблюдений, но и предсказывать характер этой зависимости, которого следует ожидать в будущем.

11. Выбор основных координат, характеризующих систему, поведение которой близко к детерминированному, и качественный анализ фазового пространства, описывающего такую систему. Аттракторы системы и возможные бифуркации её фазового пространства..

Однако анализа динамики одного, хотя и удачно выбранного, параметра целого чаще всего бывает недостаточно для полного исследования поведения сложной системы, особенно в тех случаях, когда выбранный параметр принимает устойчивое стационарное значение. Система существует и активно функционирует при постоянном значении параметра целого. В этом, случае можно ввести некоторые обобщённые координаты, изменение которых более подробно характеризуют динамику системы. При этом исследуемый объект может быть описан как динамическая система в некотором фазовом пространстве обобщённых координат.

X_i, $i=1,...,n$, описывает изменение i- той координаты. X_i может включать несколько переменных, характеризующих действие этой координаты, а возможно, и целого континуума. Эти координаты собраны в вектор состояния $X(X_1, X_2,...)$.

Состояние изучаемого объекта в данный момент времени может быть задано точкой в некотором множестве X, в частности в n- мерном многообразии. В этом случае изучаемому объекту соответствует некоторая n- мерная динамическая система, а множество всех точек, соответствующих различным состояниям, называется n- мерным фазовым пространством. Совокупность состояний данной системы в различные моменты времени формирует одномерное пространство (линию), называемую фазовой траекторией системы. Если фазовое пространство системы -n- мерное гладкое многообразие, то фазовая траектория системы гладкая кривая (за исключением некоторых особых точек) и для ее описания (а также для описания пучка траекторий, начинающихся из различных точек фазового пространства) может быть использован аппарат системы дифференциальных уравнений.

$$\frac{dX}{dt} = f(X,t) -$$

Здесь $\frac{dX}{dt}$ - производная вектора X по времени.

Пусть мы имеем какое-либо решение системы дифференциальных уравнений в виде

$$X(t) = \Phi(X_0,t)$$

где $X(t)$ - значения координат фазовой траектории, проходящей через точку X_0 в момент времени t_0. В принципе, эта система уравнений может быть разрешена относительно t

$$t = \Phi^{-1}(X, X_0),$$

Предположим, что мы знаем состояние динамической системы в момент T_n, соответствующий точке X_n, и хотим определить состояние той же системы X_{n+1} в момент T_{n+1}. Тогда, воспользовавшись предыдущими формулами , получим

$$X_{n+1} = \Phi(X_0,T_{n+1}) = \Phi(X_0,T_n + (\Delta T)_n) = \Phi\{X_0,[\Phi^{-1}(X_0,X_n) + (\Delta T)_n]\}$$

Введем понятие оператора F, определяющего изменение системы X во времени.

$$X_{n+1} = F(X_n)$$

Оператор F порождает итерационный процесс: $F[X], F[F[X]],\ldots$ и указывает преобразование состояния динамической системы X_n в момент времени T_n в её состояние X_{n+1} в момент времени T_{n+1}

$$F(X_n) = \Phi(X_0,T_{n+1}) = \Phi(X_0,T_n + (\Delta T)_n) = \Phi\{X_0,[\Phi^{-1}(X_0,X_n) + (\Delta T)_n]\}.$$

В принципе, оператор F может быть введён в более общем случае, когда непрерывная зависимость от времени либо отсутствует вовсе , либо не может быть определена.

Основной идеей Г. Хакена, являющейся одной из основополагающих в Синергетике, является идея выделения среди обобщенных координат сложной системы нескольких наименее устойчивых мод, названных им главными модами, неустойчивость которых приводит к качественному изменению состояния всей системы, и таких координат, которые сами мало изменяются, однако изменение которых изменяет характер устойчивости состояния основных мод. Они были названы управляющими параметрами.

Теория нелинейных динамических систем в настоящее время интенсивно развивается. Предложены различные формы классификации систем и их математических моделей. Введена терминология, которая активно внедряется в практику теоретических и экспериментальных исследований. Понятия фазового пространства, стационарной точки, цикла, тора, аттрактора, бифуркации, сепаратрисы уже давно вошли в обиход тех,

кто использует результаты качественного анализа и расчётов параметров модельных динамических систем для исследования реальных явлений.
В последние годы бурно развивается теория «странных» непериодических аттракторов, породившая новую терминологию: каскад бифуркаций, числа Фейгенбаума, фрактальная геометрия, множество Мандельброта, показатели Ляпунова.
Разработаны математические методы и алгоритмы, позволяющие говорить о становлении нового направления науки, которое в настоящее время называется «теорией детерминированного хаоса», и применять её при исследовании тех объектов, которые могут быть описаны с помощью математических моделей динамических систем.

12. Анализ поля системы. Классификация волн, вихрей, грибовидных (мультипольных) структур и транспортно-информационных систем. Вихре -волновой резонанс.

Всякая самоорганизующаяся система является открытой системой, обменивающейся с окружающей средой (полем) материей, энергией и информацией. Этот обмен может происходить непрерывно и дискретно. Взаимодействие с внешней средой может способствовать как сохранению структуры, так и её разрушению. Поэтому адекватное и полное описание самоорганизующихся систем возможно лишь совместно с окружающей средой – полем, в котором существует система .

Поле системы может также рассматриваться как новая система. В частности, для него может быть выбран параметр целого и выполнен эмпирический анализ его динамического изменения от времени.

Поле может во многих случаях определять управляющие параметры системы,

Введение при анализе взаимодействия системы и поля времени как основного параметра позволяет обратить внимание на одну очень важную особенность взаимодействия структуры и ее поля – на волновой характер выделяемых нами из окружающей природы структур.

Более детальное качественное и количественное исследование полей в большинстве случаев, в отличие от исследования отдельной структуры или системы должно проводиться не в рамках конечномерных, а в рамках континуальных моделей. То есть для описания поля должен быть использован глубоко развитый аппарат линейных и нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных и связанных с ними бесконечномерных математических групп преобразований.

Однако прямое получение решений этих уравнений для данной конкретной системы на этом этапе исследований во многих случаях оказывается нецелесообразным, а иногда и невозможным, ввиду трудностей, связанных с построением дифференциального уравнения.

Более адекватным является использование качественных методов, которые, в частности, включают классификацию волновых структур, порождаемых континуальными полями.

Нами предложена классификация волновых движений, структур и систем, опирающаяся на их общие волновые свойства, в рамках которой удалось проследить за характером влияния нелинейности на переход классических линейных волновых движений в динамические структуры и сложные самоорганизующиеся транспортно-информационные системы.

Классификация проводится по трём параметрам .

Классификация по типу:

1. Обобщённые волны, представляющие собой классы идентичных или почти идентичных объектов (квантов).

2.Вероятностные волны, характеризующие изменение вероятности отыскания системы или структуры в одном из возможных для неё состояний из континуума возможных состояний системы.

3. Классические волны в сплошной среде, характеризующие изменение во времени и пространстве плотности распределения какого-либо параметра или связанной между собой совокупности параметров сплошной среды.

В свою очередь, во всяком случае для классических волн, может быть осуществлена

Классификация по характеру взаимодействия с другими системами, аналогичная классификации конечномерных динамических систем..

1.Свободные (собственные) волны

2.Вынужденные волны

3.Автоволны.

Классификация по степени нелинейности.

1.***В качестве первого класса*** рассматриваются все волны относительно малой амплитуды, математическое описание которых может быть дано в виде совокупности решений линейных волновых уравнений в частных производных.

2.***Ко второму классу***, названному нами умеренно-нелинейными волнами, отнесены различные формы ударных волн в сплошных средах, солитоны, а также скачки тех или иных параметров в однородной среде и границы раздела сред.

В качестве подкласса данного класса могут быть рассмотрены диссипативные континуальные структуры и структуры, формируемые в результате возникновения режимов с обострением.

3. ***К третьему классу***, названному вихревыми ударными волнами, отнесены вихревые структуры, формируемые вследствие пространственной потери устойчивости фронта и формы умеренно нелинейных волн.

4.***К четвертому классу***, названному грибовидными структурами, отнесены структуры мультипольной природы, формирующиеся из вихревых структур и вторичных умеренно - нелинейных волн – вихревых пелен. Различные модификации и комбинации структур такого типа составляют основу практически всех объектов живой и неживой природы.

5.К пятому классу мы отнесли сложные самоорганизующиеся системы, названные нами транспортно-информационными, и являющиеся, в основном, результатом трансформации и взаимодействия грибовидных структур и волн более низких классов

Несмотря на то, что четвертый и пятый классы структур и систем встречаются и в неживой природе, наиболее широко они распространены в биологических объектах. Поэтому общие закономерности их динамики оказываются важными не только для физики и химии, но и, главным образом, для биологии и наук о человеке и обществе.

Изучаемая структура или система и её поле на этом этапе исследований должны быть отнесена к тому или иному классу классификации.

Предложенная классификация позволила объяснить ряд новых физических явлений, обнаруженных при исследовании взаимодействия сложных систем и их полей, как резонансное волновое взаимодействие вихревых и грибовидных структур между собой или с волновыми структурами поля, в результате которого возникают новые аномальные явления и формируются новые структуры и системы.

В последние годы было открыто и широко исследовано резонансное взаимодействие поверхностных и внутренних гравитационных волновых движений в стратифицированной жидкости или газе.

Нами была высказана гипотеза о возможности возникновения аналогичных резонансных явлений также при взаимодействии свободных вихрей и вихревых структур, а также газовых каверн, формирующихся при движении тел в неоднородной сплошной среде (поле), с диспергирующими внутренними волнами и другими типами волновых движений, а также при взаимодействии волновых структур различных классов между собой.

При теоретическом обосновании предложенной гипотезы была использована изложенная выше классификация волн, вихрей, структур и систем, на основании которой были определены необходимые условия резонанса, названного нами вихре - волновым (или структурно - волновым), состоящие в том, что скорости и размеры взаимодействующих структур должны быть близки. Теоретические расчеты и экспериментальные исследования частных проявлений вихре - волнового резонанса подтвердили высказанную гипотезу.

Экспериментально и теоретически вихре - волновой резонанс исследовался при движении в неоднородной среде несимметрично обтекаемых тел – крыльев. В этом случае возникают две вихре - волновые структуры :

а) вихревой пограничный слой на поверхности крыла и вихревой след за ним;

б) диспергирующие поверхностные и внутренние волны в неоднородной среде.

Проблема их взаимодействия частично поддается математическому моделированию. Для резонансного режима движения были выполнены расчеты характеристик потока при взаимодействии возникающих вблизи крыла вихревых структур с возбуждаемыми движением крыла присоединенными внутренними и поверхностными волнами. Результаты расчётов показали, что даже при установившемся движении крыла в неоднородной среде, если длина хорды крыла близка к полудлине присоединенной к движущемуся крылу гравитационной волны, в потоке жидкости или газа должны возникать аномальные возмущения, приводящие к появлению новых резонансных структур.

При этом с уменьшением относительного скачка плотностей при сохранении размеров движущегося тела скорость его движения, соответствующая резонансному режиму, также уменьшается, тем не менее, кинематические возмущения, связанные с проявлением вихре - волнового резонанса, сохраняют свою интенсивность.

Если отношение плотностей сред, разделяемых границей, стремится к нулю, то относительная скорость, при которой возникает резонанс, также стремится к нулю.

Этот результат, хотя ему и может быть найдено разумное теоретическое объяснение,

УДИВИТЕЛЕН

и, по нашему мнению, чрезвычайно значим: малые флуктуации плотности и малые скорости относительного движения могут привести, благодаря вихре - волновому резонансу, к значительным возмущениям в стратифицированной среде. Аналогичные явления могут происходить вблизи подводных хребтов или горных массивов на поверхности Земли при наличии незначительных скачков плотности, вызываемых сравнительно слабыми ветрами и течениями.

Вихре - волновой резонанс может быть также причиной бифуркационных событий, о которых мы будем говорить несколько ниже.

Так как диапазон параметров движения, порождающего вихре-волновой резонанс, очень узок, то сам резонанс требует создания специальных условий для своего изучения .

Тем не менее возмущения, им вызванные, настолько велики, что могут явиться причиной аварий глубоководных аппаратов или самолетов, летающих в горных областях.

Вихре-волновой резонанс обнаружен экспериментально и теоретически также в ряде других случаев взаимодействия вихревых и волновых структур (например, при кавитационном обтекании несимметричных тел , когда длина присоединенной к телу паровой или газовой каверны близка к длине тела, при обтекании плохообтекаемых тел, ниш и отверстий, при взаимодействии концентрированных вихрей с внутренними волнами в неоднородной житкости или газе).

Во всех этих случаях не только наблюдались аномально большие возмущения параметров потока (поля), но и формировались новые типы устойчивых структур, не наблюдавшиеся при обычных условиях.
Возникшие резонансные структуры могут оказаться достаточно устойчивыми и существовать долго, «забывая» о своём происхождении.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что появление резонансов подобного типа возможно при различных природных явлениях, в которых присутствует неоднородная сплошная среда (поле) и движущиеся в ней объекты, вихревые и грибовидные (мультипольные) структуры, и транспортно-информационные системы. А эти условия повсеместно встречаются в природе.

Вихре-волновой резонанс может явиться одним из главных механизмов возникновения и стабилизации новых структур - то есть одной из причин структуро- и системоформирования, особенно у биологических объектов и социальных структур.

Поэтому условия его возникновения и особенности этого типа процессов имеют особое значение при качественном анализе взаимодействия исследуемой системы и поля.

Поиск аномальных состояний динамических систем, в частности, транспортно-информационных, которые могут быть вызваны явлением структурно-волнового резонансного взаимодействия или аналогичных ему, входит как неотъемлемая часть в синергетическую методологию исследования сложных систем.

13.Определение бифуркационного события и графа структур и событий.

Хаотичность, возникающая в динамических системах, теоретическое обнаружение и исследование странных аттракторов, а также анализ бифуркаций, происходящих в детерминированных динамических системах в связи с изменениями управляющих параметров свидетельствуют о том, что даже в случае использования детерминированных математических моделей иногда проявляется основное свойство природных процессов – их принципиальная неполная предсказуемость. У детерминированных моделей - динамических систем это свойство проявляется в случае потери устойчивости их стационарных состояний или других аттракторов. Для сложных систем принципиальное отсутствие возможности точного предсказания будущего поведения самой системы (обобщённой волны) и её элементов (квантов) становится их основной особенностью. Это свойство определяется тем, что подобные системы, взаимодействуя с окружающим полем, принимают участие в “бифуркационных событиях”, исход которых не может быть заранее предсказан и которые становятся для них скорее правилом, чем исключением.

Мир состоит из взаимодействующих между собой волн, структур и систем, которые с той или иной степенью достоверности могут быть выделены из окружающей среды. Всю мировую историю можно представить себе как эволюцию взаимодействующих структур и систем.

Простейшей математической моделью эволюции систем является граф, названный нами графом структур и событий, одной из координат которого является время.

Определенному критическому моменту эволюции соответствует узел эволюционного графа с малыми отрезками прилегающих к нему ребер.
Назовём этот критический момент и соответствующий ему узел графа событием.

Не всегда повторение казалось бы одинаковых опытов приводит к однозначному результату. События, результаты которых не могут быть однозначно предсказаны, будем называть бифуркационными событиями.

Для бифуркационного события мы в лучшем случае можем на основании предыдущего опыта определить множество возможных исходов и вероятность реализации каждого из них. Это множество может быть как непрерывным, так и дискретным, как одномерным, так и многомерным. В этом случае граф структур и событий приобретает новую обобщённую координату – бифуркационную.

Здесь уместно ввести аналогию с дорогой, по которой едут автомобили. Дорога может быть одна, дорог может быть много, дороги могут разделяться и сливаться, они образуют некоторый граф или сеть возможных (разрешённых) путей. Каждая развилка дороги – это бифуркационное событие, в результате которого может быть выбран тот или иной путь следования, возможно, с некоторой вероятностью. Изучаемая нами система взаимодействующих структур – это автомобиль, который едет по дороге, и на каждой развилке (бифуркация - двойная вилка) выбирает тот или иной путь. Каждый индивидуальный автомобиль проезжает только один путь. Проблема взаимодействия индивидуальных автомобилей и сети разрешенных для них дорог есть аналог основной проблемы, связанной с построением бифуркационной проекции графа структур и событий.

Каждому бифуркационному событию соответствует не один, а несколько или бесконечное множество результатов, которые могут реализоваться после свершения события. Эти результаты образуют множество возможных результатов данного события. Если событие произошло, то из всего множества возможных результатов реализуется один, и дальнейшее развитие процесса происходит лишь по одному из возможных сценариев до тех пор, пока не произойдет новое событие с несколькими возможными исходами.

Таким образом, формируется новая размерность – бифуркационная размерность. При этом каждый вариант результатов взаимодействия может иметь свое количество результирующих структур.

С другой стороны, если взаимодействующие структуры рассматривать как единую динамическую систему, то бифуркационное событие - это такая качественная трансформация параметров системы, которая может вывести на несколько различных аттракторов (зон притяжения).

Перевязка аттракторной и вероятностной интерпретаций исходов бифуркационного события дала путеводную нить к выяснению механизмов многозначности результатов почти идентичных событий.

Будущее может быть известно лишь с какой-то вероятностью. Изучение законов природы позволяет лишь снизить до минимума неопределенность в этом знании (уменьшить число допустимых дорог, по которым должна двигаться автомашина).

Однако, будущее может через некоторое время стать настоящим и, если считать, что о настоящем известно все, то принципиально всегда можно уменьшить неизвестность будущего до нуля, сделав его настоящим, после чего оно становится прошлым, и вновь неизвестным, но по-другому.

В графе структур и событий могут быть выделены определенные области (ветви), начинающиеся с какого-либо события и кончающиеся каким-либо событием, которые обладают некоторой независимостью от остальных областей графа. Такие ветви были названы нами процессами .

Исследование процессов, аналогичных данному, то есть тому, в котором участвует исследуемая нами система, позволяет в случае бифуркационных процессов, определить несколько возможных траекторий движения и, зная частоту встречи той или иной траектории, приближенно определить вероятность реализации каждой из них.

Это можно сделать лишь в том случае, если нам удастся включить исследуемую систему в качестве кванта в какое–либо семейство систем - обобщённую волну - и исследовать эмпирически динамику поведения значительного количества аналогичных систем (квантов).

Каждому варианту возможной фазовой траектории изучаемой динамической системы как модели реального объекта можно сопоставить некоторое число, характеризующее относительную частоту встречи этого варианта в процессе эксперимента, называемое вероятностью реализации.

Выбор этих чисел производится таким образом, чтобы их сумма по всем вариантам равнялась единице.

14. Вектор вероятности бифуркационного события с конечным числом исходов.

Любое бифуркационное событие при его анализе за счёт факторизации вероятностного пространства или идентификации его исходов может быть на первом этапе рассмотрения сведено к бифуркационному событию с двумя возможными исходами.

Варианты соответствующих исходов могут быть обозначены введением чисел 1-0. 1-«да» - первый вариант результата события, 0 – «нет»- второй вариант результата события. Для дальнейшего рассмотрения, однако, целесообразнее ввести изоморфный аналог.

1-первый вариант результата события –«да»,

-1 - второй вариант результата события – «нет».

Предыдущий опыт (“интуицио”) позволяет нам с определенной точностью предсказать степень предпочтительности того или иного результата. Пока событие не произошло, мы можем лишь догадываться о том, какой вариант результата будет реализован. Наши догадки, в принципе, могут колебаться между --1 и+1 , при этом колебания обратимы и могут быть охарактеризованы некоторым числом a.

Чтобы понять, какую интерпретацию может иметь число a, можно привести пример.

Пусть имеется желоб длиной 2 см. В какой-то момент времени на желоб положен шарик. Этот момент можно считать началом события. В точках, расположенных от середины желоба на расстоянии -1см и +1см, находятся дырочки, в которые может провалиться шарик. Событие состоит в том, что фокусник катает шарик по желобу, стараясь, чтобы шарик не провалился, и продолжается до тех пор, пока шарик не провалится в одну из дырок. Положение шарика по длине желоба характеризуется тем самым числом a, которое было введено нами выше. Пока шарик не провалился, величина a может принимать любое значение. Все значения a могут быть достижимы. Когда же шарик провалился в одну из лунок –1 или +1 - событие свершилось. Лунка символизирует один из вариантов результатов события с двумя исходами. Если подобный эксперимент проводить несколько раз, то возникает относительная частота (в пределе при очень больших значениях N, стремящаяся к некоторому числу, называемому нами вероятностью) того, что шарик провалится либо в точку +1 - $p_+ = N_+ / N$,, либо в точку -1 $p_- = N_- / N$.

Аналогичное рассмотрение может быть проведено в общем (абстрактном) случае. Пусть бифуркационное событие имеет два исхода с вероятностями p_+, p_-, где обе вероятности могут принимать значения в диапазоне 0-1. В результате события вероятность изменяется таким образом, что либо p_+=1, либо p_+=0.

Так как $p_+ + p_- = 1$, то можно ввести параметр α такой, что $p_+ = \cos^2\alpha; p_- = \sin^2\alpha$

Отсюда следует ,что величину a можно представить себе в виде единичного вектора $\bar{a} = \{a_x, a_y\}$, где $a_x = \cos\alpha,\quad a_y = \sin\alpha$. Квадраты проекций вект$\bar{a}$ора $\bar{a}$ на оси x, y равны соответствующим вероятностям. $a^2{}_x = p_+, a^2{}_y = p_-$

Таким образом, выбор того или иного результата события может быть связан с вращением вектора $\bar{a}$ в двумерном пространстве.

Пусть количество вариантов результатов данного события равно n. В результате события реализуется лишь одна из возможностей. Перед событием существует вероятность реализации каждой из возможностей p_i. Сумма вероятностей реализации каждого из указанных исходов равна единице $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$.

В результате свершения события вероятность реализации одного из результатов окажется равной 1, а вероятность того, что наступит какой-либо другой исход, окажется равной нулю. Набор вероятностей $\bar{p}$ -вероятностный вектор - коллапсирует к одному из единичных векторов, то есть он коллапсирует к одному из ортов системы координат, сформированных возможными исходами события.

Итак, перед самым событием существует некоторый вектор $\bar{p}$, характеризующий распределение возможностей реализации тех или иных возможных результатов события. Этот вектор может быть назван вектором вероятности будущего события.

n мерный вектор $\bar{p}$ перед событием может в принципе принимать любые значения на $n-1$ - мерном многообразии, имеющем уравнение $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$. Предыдущий опыт может приближенно предсказать точку на многообразии, соответствующую моменту, предшествующему изучаемому нами событию, однако мы не можем предсказать точно, что произойдет в результате события.

Совсем по иному выглядит картина после происшедшего события. Событие произошло. Определенный результат реализовался, остальные не реализовались. Вектор $\bar{p}$ принял одно из n возможных значений. Можно сказать, что событие подействовало как оператор, резко уменьшивший область допустимых значений вектора $\bar{p}$ - с $n-1$ мерного многообразия - до одной из точек.

То же самое можно сформулировать и по-другому. Соотношения вероятностей попадания системы в одно из возможных состояний до и после события резко изменились. До события система еще имела возможность попасть в любое из допустимых состояний. После события возможность попадания во все состояния, кроме одного, оказались равными нулю.

Наблюдатель системы приобрёл значительную новую информацию не только о настоящем, но и о будущем системы. Здесь, как и ранее для случая с двумя исходами интуитивно появляется понятие информации как результата отождествления системы, которая до свершения события могла с некоторой вероятностью оказаться в одном из возможных состояний с некоторым конкретным состоянием.

Если считать, что в процессе события точка на $n-1$ мерном многообразии задана и принимает одно из возможных значений, то после события произошло скатывание этой точки в одну из n-наперед заданных точек.

Нашему рассмотрению может быть дана и другая математическая интерпретация. Пусть мы имеем фазовое пространство взаимодействующих структур, имеющее n аттракторов - зон притяжения; существует некоторая точка (или область), отделяющая друг от друга бассейны притяжения этих аттракторов. Перед событием фазовое состояние системы взаимодействующих структур попадает в указанную точку или область, выйдя из которой в процессе события оно попадает в бассейн притяжения того или иного аттрактора, откуда ей уже не вернуться назад.

В классической теории вероятностей вместо вектора p вводится некоторая функция на множестве возможных исходов бифуркационного (случайного) события.

Рассматривается в элементарном случае конечное множество Ω элементов ω, которые мы будем называть элементарными исходами бифуркационного события и $\wp(\Omega)$ множество подмножеств из Ω. Элементы множества $\wp(\Omega)$ будем называть совокупностями исходов бифуркационного события, а Ω-пространством элементарных исходов бифуркационного события.

Каждому элементу ω_i из Ω поставлено в соответствие неотрицательное действительное число p_i- вероятность реализации i -того исхода бифуркационного события. При этом выполняется условие $\sum\limits_{i=1}^{n} p_i = 1$.

В этом случае $p_1,...,p_n$ суть вероятности элементарных исходов $\omega_1,...,\omega_n$ или просто элементарные вероятности.

.Каждому множеству A из $\wp(\Omega)$ поставлено в соответствие неотрицательное действительное число $P(A)$. Это число называется вероятностью реализации совокупности исходов Оно определяется как сумма вероятностей элементарных исходов, входящих в A.

$$P(A_j) = \sum_{k=1}^{m_j} p_{i_k} ,$$

где i_k - номера элементарных исходов , входящих в совокупность A_j

Если $P(A) > 0$, то частное

$$P(B \mid A) = \frac{P(AB)}{P(A)},$$

где AB- пересечение множеств A и B, называется ***условной вероятностью*** реализации совокупности исходов B при условии реализации совокупности исходов .

Отсюда непосредственно следует , что

$P(AB) = P(B \mid A)P(A)$
Заключение по индукции даёт общую формулу
$P(A_1 A_2 ... A_n) = P(A_1)P(A_2 \mid A_1)P(A_3 \mid A_1 A_2)...P(A_n \mid A_1 ... A_{n-1})$
(теорема умножения).
Отсюда получаем
$$P(A \mid B) = \frac{P(A)P(B \mid A)}{P(B)},$$
и далее формулу полной вероятности
$P(B) = P(A_1)P(B \mid A_1) + P(A_2)P(B \mid A_2) + ... + P(A_n)P(B \mid A_n)$
где $A_1 + A_2 + ... + A_n = \Omega$ и B - произвольная совокупность исходов.
и формулу Байеса
$$P(A_i \mid B) = \frac{P(A_i)P(B \mid A_i)}{\sum_{j=1}^{n} P(A_j)P(B \mid A_j)}$$

Введение вектора $\bar{a} = \{a_i\}$, где $a_i = \sqrt{p_i}$, позволяет вместо некоторой аддитивной меры, рассматривать метрический вектор единичной длины в евклидовом пространстве. В этом случае вся изложенная выше теория может быть переформулирована в терминах амплитуды вероятности.

Каждому множеству A из $\wp(\Omega)$ может быть поставлено в соответствие неотрицательное действительное число $Ap(A)$. Это число называется амплитудой вероятности реализации совокупности исходов A. Оно определяется как корень квадратный из суммы квадратов амплитуд вероятности элементарных исходов, входящих в A.
$$Ap(A_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^{m_j} a_{i_k}{}^2},$$
где i_k - номера элементарных исходов , входящих в совокупность A_j
$Ap(\Omega) = 1.$
Если A и B не пересекаются, то
$[Ap(A+B)]^2 = [Ap(A)]^2 + [Ap(B)]^2$
Каждому множеству A_j , состоящему из m_j элементарных исходов бифуркационного события, соответствует некоторый m_j - мерный евклидов вектор $\bar{A}p(A_j) = \{a_{i_k}\}$ $k = 1,...,m_j$. , модуль которого равняется $Ap(A_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^{m_j} a_{i_k}{}^2}$.
При этом разложение множества A_j на сумму взаимно не пересекающихся множеств эквивалентно разложению вектора $\bar{A}p(A_j) = \{a_{i_k}\} = \sum_{k=1}^{m_j} a_{i_k}\bar{e}_{i_k}$ $k = 1,...,m_j$ на сумму взаимно ортогональных векторов, каждый из которых имеет координаты, равные амплитудам элементарных событий, входящим в множество, которое он характеризует,

$\bar{e}_i$ - орт координаты, характеризующей i-тый элементарный возможный исход бифуркационного события.

Формула Байеса переписывается в терминах амплитуды вероятностей следующим образом

$$Ap(A_i \mid B) = \frac{Ap(A_i)Ap(B \mid A_i)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}[Ap(A_j)]^2[Ap(B \mid A_j)]^2}}$$

15. Случайные величины и их связь с параметром целого. Комплексный волновой вектор

Пусть дана однозначная функция $s(\omega)$ исхода бифуркационного события ω. Тогда функция P_s, определённая формулой $P_s(A) = P\{s^{-1}(A)\}$ называется вероятностной функцией s, а функция Ap_s амплитудой вероятностной функции s.

Функция $F_s(S) = P_s(-\infty, S) = P\{s(\omega) < S\}$,

называется функцией распределения случайной величины s.

Если свойства состояний системы являются периодическими функциями от s, с периодом $\hbar$, то назовём величину s действием и вместо величины s введём спиральную переменную, путём отображения прямой линии s на цилиндрическую круговую спираль с основанием цилиндра единичного радиуса.

Точка на этой спирали может быть описана спиральным комплексным числом с единичным модулем $e^{2\pi i \frac{s}{\hbar}}$. Проекцией каждого такого числа на комплексную плоскость является точка на окружности единичного радиуса, описываемая алгебраическим комплексным числом $e^{i\theta}$, где $\theta = 2\pi \frac{s}{\hbar}(\mathrm{mod}(2\pi))$.

Как величина действия s, так и величина периода действия $\hbar$, могут быть приняты в качестве параметра целого при исследовании системы на ранних стадиях.

Следующим шагом в анализе бифуркационного события является введение в рассмотрение, по аналогии с действительным вектором вероятности, комплексного волнового вектора $\overline{\Psi}$.

Рассмотрим первоначально компоненты этого вектора. Каждому элементарному исходу бифуркационного события (каждому элементу ω_i) сопоставим единичный вектор $\bar{e}_i$, направленный вдоль оси абсцисс комплексной плоскости z_i. В этом случае можно ввести собственный волновой вектор данного исхода бифуркационного события $\overline{\Psi}_i = a_i e^{i\theta}\bar{e}_i = a_i e^{2\pi i \frac{s_i}{\hbar}}\bar{e}_i$, принимающий значения в любой точке единичного круга комплексной области z_i, включая его центр (в случае невозможности данного исхода) и окружность единичного радиуса (в случае неотвратимости наступления события). Наряду с этим вводим единичный комплексный собственный вектор $\psi_i = e^{i\theta}\overline{e}_i = e^{2\pi i\frac{S_i}{h}}\overline{e}_i$

Сумма комплексных волновых векторов для всего конечного множества возможных исходов формирует полный волновой вектор бифуркационного события, или волновой вектор возможных состояний системы**.**

17.Энтропия будущего и информация о прошлом бифуркационного события.

В синергетической методологии существенную роль играют логарифмы вероятностей исходов бифуркационного события, совокупность которых для данной системы можно представить в виде собственных чисел некоторого оператора, названного нами оператором энтропии.

Осреднение собственных чисел оператора энтропии по всему пространству возможных исходов бифуркационного события позволяет получить некоторое число, которое может быть названо энтропией будущего этого события.

Это число даёт общее представление о степени неопределённости исходов бифуркационного события и является важной характеристикой исследуемой системы.

Однако, величина энтропии зависит от нашего произвола в выборе вариантов элементарных исходов события, особенно в случае, если пространство возможных исходов представляет собой континуум. Поэтому этот параметр должен быть использован достаточно осторожно.

Более разумно принять несколько вариантов разбиений пространства возможных исходов события.

Для каждого варианта разбиения можно подсчитать своё значение энтропии и максимальное её значение, соответствующее равномерному распределению вероятностей различных вариантов исходов.

Разница между полученным значением энтропии для данной системы и максимальным её значением при данном числе разбиений характеризует доступную нам информацию о возможном поведении системы

В качестве пространства разбиений для системы, поведение которой нельзя считать детерминированным, можно на первом этапе исследований принять область значений параметра целого. Если поведение системы с некоторым приближением можно считать детерминированным, то энтропия события, в котором участвует система, может быть принята равной нулю, и мы можем вернуться к исследованию объекта как детерминированной динамической системы.

При вычислении энтропии бифуркационного события необходимо рассматривать несколько возможных вариантов.

Первый вариант соответствует наличию дискретного набора возможных состояний системы после совершения события. Если вероятности каждого из вариантов заданы или определены эмпирически, то энтропия события определяется однозначно

В случае, если возможные исходы бифуркационного события до его свершения составляют континуум и плотность вероятности является гладкой функцией от меры, такой подход невозможен, так как величина энтропии зависит от числа разбиений континуального множества и стремится к бесконечности при увеличении числа элементов разбиения. Однако в этом случае энтропия события может быть представлена в виде двух составляющих, одна из которых стремится к бесконечности, сохраняя универсальный закон зависимости от числа разбиений, а другая в пределе не зависит от числа разбиений, а лишь от формы кривой распределения плотности вероятности по пространству возможных состояний. Эту последнюю часть и можно принять за энтропию события в этом случае.

После свершения бифуркационного события система оказывается в некотором определённом состоянии. Её энтропия обращается в нуль. А наблюдатель получает количество информации, равное энтропии события до его свершения.

18.Граф структур и событий. Бифуркационная координата. Переходные матрицы и дифференциальные уравнения

У исследуемой системы можно выделить два характерных типа поведения.

Периоды сравнительно плавных изменений, когда система может быть приближённо описана как детерминированная и для её описания пригодны методы теории динамических систем (русла в терминологии Г.Г.Малинецкого). Этим периодам соответствуют рёбра графа структур и событий.

Периоды резких бифуркационных изменений - бифуркационные события – (джокеры в терминологии Г. Г. Малинецкого), в результате которых система может оказаться не в одном детерминированном, а с различной степенью вероятности в каждом из спектра возможных состояний, выбор одного из которых заранее не предрешён.

Приближённое графическое представление последовательности связанных между собой бифуркационных событий, которые уже произошли и которые ещё могут произойти, мы назвали графом структур и событий.

В графе структур и событий особо следует выделить текущий момент времени.

Позади него прошлое, события в котором уже свершились, впереди – будущее, которое должно быть предсказано с той или иной степенью вероятности. Предсказание будущего, получение знания о будущем - основная задача исследователя.

При анализе графа целесообразно выделить в качестве опорных два предельных случая.

Граф с бесконечной памятью.

Пусть система устроена таким образом, что после каждого бифуркационного события она может оказываться только в новых состояниях, отличных от предыдущих. Причём, время и относительные вероятности реализации этих состояний известны.

Граф становится «математическим деревом».

Вероятность и амплитуду вероятности для каждого состояния в будущем можно вычислить как произведение относительных вероятностей или амплитуд по единственному пути, ведущему к данному состоянию в соответствии с рассмотренными выше формулами элементарной теории вероятностей.

Если мы знаем, в каком состоянии оказалась система в данный момент, то можем определить не только всю цепочку бифуркационных событий, которую она прошла, но и все их исходы. Поэтому такой граф назван нами графом с бесконечной памятью.

Однако, определение относительных вероятностей и моментов свершения будущих бифуркационных событий представляет отдельную задачу, решение которой относится к проблеме получения знаний. В случае графа с бесконечной памятью она практически неразрешима, если знания о будущем не даны нам априори.

***Граф системы с конечным числом состояний*.**

В этом случае появляется зависящая от времени матрица вероятностей перехода из одного состояния в другое при совершении серии бифуркационных событий. Если бифуркационные события происходят регулярно, то могут быть рассчитаны асимптотические статистические распределения вероятностей и определено асимптотическое значение энтропии системы в будущем.

Если частота бифуркационных событий в выбранном нами масштабе времени стремится к бесконечности, а число состояний системы становится большим, что чаще всего происходит в системах состоящих из большого числа элементов, то к исследованию графа структур и событий можно применять методы случайных процессов. Можно считать происходящие процессы непрерывными и для их изучения использовать стохастические и детерминированные уравнения сплошной среды.

19. Переход от одной системы или структуры к совокупности систем или структур. Статистические закономерности

Одной из структурных координат графа структур и событий является иерархическая. Всякая сложная система обычно включает в себя большое количество элементов – квантов, являясь для них обобщённой волной и, в свою очередь, является квантом совокупности аналогичных систем, то есть включается в масштабную иерархию волн- квантов. В этой иерархии структуры и системы, находящиеся на каждом её уровне обычно сохраняют свою индивидуальность и могут изучаться в соответствии с настоящей методикой. При этом остальные структуры и системы включаются в поле каждой из них. Взаимодействие с ними может рассматриваться как взаимодействие с полем.
Существование идентичных структур позволяет строить ветви графа структур и событий, принадлежащие к будущему, и упрощает изучение проблемы взаимодействия, позволяя в первом приближении считать, что кванты, входящие в обобщённую волну либо слабо взаимодействуют между собой, либо их взаимодействие подчиняется некоторым простым закономерностям, определяемым законами динамики математических групп (законами симметрии). Таким образом, изучаются объекты неживой природы и их основные состояния.
Однако, в более сложных случаях, соответствующих самоорганизующимся системам, между системой как обобщённой волной и её элементами (квантами) выстраивается масштабная иерархия подсистем, статистическое распределение параметров которых, как показывает практика, определяется степенными законами, а геометрия таких систем становится фрактальной, то есть самоподобной, - или квазифрактальной.
Изучение степенных статистических закономерностей иерархических систем является одним из важнейших элементов синергетической методологии. Теория интаэросистем, теория самоорганизованной критичности, теория режимов с обострением, теория идеального трансформера, исследование комплексных динамических систем со степенными функциями от обобщённых координат, использование степенных функций для создания новых моделей роста и размножения живых объектов, создание квантовой экономики и многие другие направления исследований в этой области – всё это первые попытки решения этой фундаментальной проблемы самоорганизации сложных систем.

20. Триадная методология.
Структура – Поле - Контроллер.

На предыдущих этапах исследования предлагалось при анализе систем изучать диаду: структура– поле. Однако диадный подход к исследованию сложных систем ограничен.

Вот что пишет Р.Г. Баранцев [5]:

«…диада, или бинарная оппозиция, есть элементарная структура анализа. Синтеза на ней не построить. Для синтеза требуется более ёмкая структура. Примеры из естественных наук подсказывают, что следует обратиться, по меньшей мере, к триадам.

… Будем называть триадой совокупность из трёх элементов, каким-то образом связанных между собой. В зависимости от вида связи различаются следующие типы триад.

Линейные (вырожденные, одномерные), когда все три элемента расположены на одной оси в семантическом пространстве. Например, 1-10-100, дивергенция-параллелизм-конвергенция, левые – центр - правые. Структурно они не богаче, чем диады.

Переходные (гегелевские), характеризуемые известной формулой «тезис-антитезис-синтез». Они лишь провозглашают снятие противоречия, не раскрывая его движущей структуры.

Системные (целостные), единство которых создаётся тремя элементами одного уровня, каждый из которых может служить мерой совмещения двух других. Все три принципиально равноправны.

Особого внимания заслуживает общее семантическое свойство всех системных триад, сложившихся в самых разных культурных традициях...

Источник этой закономерности можно видеть в способности человека мыслить одновременно и понятиями, и образами, и символами.

(Здесь можно вспомнить первый и второй пункты нашей методологии – три языка синергетики – образный, словесный и математический)

Предлагаемая семантическая формула системной триады

Интуицио
/ \
Рацио-------Эмоцио

использует понятия, сложившиеся в диадной парадигме и потому довольно условные. Новое смысловое содержание должно постепенно наполняться по мере их проявления в такой триадической структуре. Перекодировка понятий составляет значительную трудность при любой смене парадигмы. Стереотипы, закреплённые в подсознании, очень трудно вытащить и преодолеть на уровне сознания. Тут не обойтись без «эмоцио» и «интуицио»”

Триадная методология исследования с необходимостью должна быть использована при исследовании транспортно- информационных систем.

Транспортно-информационные системы относятся к пятому классу рассмотренной ранее классификации волн, вихрей, структур и систем. Основным свойством транспортно-информационных систем, является то, что они состоят из большого количества взаимодействующих между собою элементов, каждый из которых участвует в локальных бифуркационных процессах. Поэтому поведение, а следовательно и его знаковое описание для таких систем не может быть строго детерминированным.

В транспортно-информационных системах, элементы которых и они сами участвуют в бифуркационных событиях, возникает необходимость в появлении специального внутреннего механизма выбора.

По-видимому, именно развитие этого механизма, названного нами управляющей системой – ***контроллером***,- в транспортно-информационных системах волнового типа является основным механизмом эволюционного развития.

Включение в рассмотрение контроллера позволило построить фундаментальную триаду элементов взаимодействия, включающую в себя

а) материальную часть системы взаимодействующих структур,

б) поле, взаимодействующее с системой,

в) контроллер системы.

Диада структура- поле дополнена до целостной триады новым элементом – контроллером.

В зависимости от соотношения элементов этой триады внутри пятого класса, охватывающего все сложные самоорганизующиеся системы, могут быть выделены подклассы, различающиеся особенностями процессов, в которых участвуют входящие в них системы, а также структурой элементов триады.

а) ***Системы квазидетерминированного типа***, бифуркационные процессы внутри которых оказывают незначительное влияние на их макропараметры.

Основным свойством таких систем является значительная разница между масштабами самой системы как обобщённой волны и отдельными элементами (квантами), её составляющими, а также близость параметров квантов.

Границы таких систем, являющиеся обычно волновыми структурами, относящимися ко второму классу предложенной нами классификации, во многом определяют их макроскопические свойства. Для их изучения существуют глубоко разработанные методы равновесной и неравновесной статистической физики и механики сплошных сред.

При этом квази - детерминированность на системном (волновом) уровне допускает различные уровни хаотичности на уровне квантов. Большинство макроскопических объектов неживой природы относятся к этому подклассу.

б) ***Транспортно-информационные системы, у которых реализуется иерархическая материальная и информационная связь между уровнем системы-волны и элемента-кванта***.

В таких системах обычно выстраивается масштабная иерархия подсистем, каждая из которых может обладать свойствами волновых структур классов более низкого уровня. Эта масштабная иерархия имеет квази-фрактальный характер. Именно в таких системах наблюдается соответствующее их квази-фрактальной структуре степенное статистическое распределение масштабов элементов и подструктур.

На каждом уровне иерархии такой системы её подструктуры проявляют свою свободу.

в) Транспортно-информационные системы, способные к размножению, то есть к формированию себе подобных систем.

Способность к размножению не является прерогативой только транспортно-информационных систем. Практически в той или иной степени это свойство характерно для любых колебательных и волновых систем, начиная от линейных колебаний и волн. Однако, когда мы переходим к рассмотрению транспортно-информационных систем третьего подкласса, то их размножение может иметь специфический характер, проявляя, особенно у живых систем, такую сложность, которую невозможно даже помыслить у структур более простых типов.

г) ***Транспортно-информационные системы, способные моделировать свою динамику и динамику окружающей среды-поля и выбирать близкие к оптимальным модели бифуркационного поведения***.

Именно у таких систем существует и развивается, определяя их эволюцию, внутренний контроллер, названный нами гомеостатическим.

д) ***Транспортно-информационные системы, обладающие сознанием и творческими способностями.***

Системе, участвующей в бифуркационных событиях мы сопоставили целостную триаду

Поле

(Ближнее и Дальнее)

/ \

Структура --------------Контроллер

(Внешняя часть системы) (Управляющая система)

.

Структура (внешняя материальная часть системы) – это часть объекта, которая взаимодействует с полем на материальном и энергетическом уровне,
Поле (ближнее и дальнее) – это внешняя по отношению к структуре совокупность объектов, интенсивно взаимодействующая со структурой. Поле может быть условно разделено на ближнее и дальнее, для исследования взаимодействия которых с системой могут быть применены асимптотические методы.
Контроллер (управляющий механизм) – внутренний механизм системы, обеспечивающий выбор из числа возможных исходов бифуркационного события или процесса того, который приведет к наиболее устойчивому состоянию системы.

Появление контроллера включает в действие механизм эволюции. Развиваются в непосредственной связи между собой все три элемента триады. Возникает тройное резонансное взаимодействие (по-видимому, здесь действует механизм структурно-волнового резонанса), приводящее к увеличению сложности и динамической устойчивости (увеличению числа возможных исходов бифуркацонных событий и увеличению информации, хранимой и перерабатываемой контроллером).

21. Триадный анализ структуры .

Анализ триады сложной волновой транспортно-информационной - системы показывает, что все её элементы могут быть изучены более глубоко и для каждого из них может быть построена своя внутренняя системная триада.

Структура характеризуется тремя главными координатами: мерой, типом и иерархией.

```
                                   Тип
Структура                          /   \
                             Мера-----Иерархия
```

Мера -характеризует величину основного параметра структуры, который часто (но далеко не всегда) совпадает с параметром целого всей системы.

Тип - Структура может быть отнесена к одному из классов волн, вихревых и мультипольных структур или транспортно-информационных систем, в соответствии с изложенной выше классификацией. Относя структуру к определенному классу, мы определяет тип структуры.

Иерархия - Сложные системы обычно состоят из подсистем различных масштабов, связанных между собой. Каждая из них может иметь свою меру или свой тип. Вместе они образуют иерархию сложной системы.

22.Триадный анализ контроллера .

Аналогичная триада формируется в управляющем механизме.

Информация
Контроллер ***/ ***
Управление ----------Память

Управление. - Главная «цель» управляющего механизма - это управление вероятностями исходов бифуркационных событий. Управление производится путём изменения иерархической структуры объекта, установления новых внутренних связей, а также активации, разрушения или резервирования старых.

Информация. - Для такого управления необходимо получение информации об изменениях, происходящих в самой системе и во внешнем поле.

Память - специальный механизм сохранения и переработки полученной ранее информации, а также своевременного использования её для целей управления.

Контроллер – это механизм управления бифуркационными процессами, в которых участвует система. Контроллеры могут быть двух типов.

1. Контроллер, порождающий структуру.
2. Контроллер, обеспечивающий устойчивое существование структуры, выбор ее поведения при взаимодействии с полем, способный до начала событий изменять вероятности реализации возможных результатов, а также осуществляющий в момент события выбор того или иного конкретного результата - гомеостатический контроллер

*1.**Контроллер, порождающий структуру,***

Он может находиться как вне структуры, в её поле, так и внутри самой структуры. Порождающий контроллер должен обеспечивать существование и воспроизводство обобщённой волны, в которую структура входит как квант.

Гомеостатический контроллер.

В результате формирования системы и выхода ее на режим стабильного существования возникает стационарный режим обмена веществом, энергией и информацией между структурой и полем, при котором параметр целого системы остаётся близким к постоянной величине. Устойчивость этого режима и безопасность системы обеспечивает гомеостатический контроллер.

Основной принцип его действия – это обобщённый принцип обратной связи. Он реализуется через управление вероятностями исходов бифуркационых событий и процессов. Любое возмущение внешнего поля приводит к возмущению параметров системы. При этом включается нелинейный механизм стабилизации, возвращающий гомеостаз.

Пусть произошло некое событие, связанное с локальным взаимодействием структуры и поля, в результате которого структура изменила свое состояние. Тогда гомеостатический контроллер в соответствии с памятью об аналогичных процессах, которые происходили со структурой ранее, разрабатывает и реализует модель поведения, целью которой является приведение системы после воздействия флуктуации в состояние, максимально близкое к равновесному. С этой целью обмен веществ и энергии изменяется таким образом, чтобы обеспечить такую серию бифуркационных событий, чтобы она привела к гомеостатическому состоянию, или близкому к нему. Одновременно происходит и совершенствование системы управления. Она запоминает порядок действий, все успехи и неудачи в достижении цели, и в следующий раз приходит к цели более эффективным способом.

Поэтому одним из главных орудий гомеостатического контроллера является накопление информации о возможных способах решения поставленной задачи, полученной в результате свершения бифуркационных событий и процессов - память о прошлом.

Основным свойством гомеостатического контроллера является также способность моделирования будущего, исходя из поставленной цели и информации, накопленной в прошлом. Здесь возникает проблема получения контроллером знания, то есть информации о возможном будущем.

23.Триадный анализ поля.

Поле – это внешняя среда, окружающая структуру. Для континуального описания, наиболее удобного для поля, используются системы непрерывных обобщенных координат, число которых может быть как конечным, так и бесконечным. В рамках континуального подхода поле описывается потенциалами различных типов. Кроме того, поле несет информацию о происходящих в нём событиях. Таким образом, поле также может охарактеризоваться триадой.

Координаты.

/ \

Потенциал(тип)---Информация

Координаты – параметры пространства (обычно непрерывного и многомерного), в котором происходят те или иные события.
Потенциал (тип) – определяет характер взаимодействия поля со структурами или системами.

Информация - данные о бифуркационных процессах происходивших с объектами, взаимодействующими с полем и между собой.

24.Построение и анализ усложненного комплекса.

Выстроенные триады могут быть объединены в единый комплекс .

```
                    Координаты
                      /     \
          Тип  потенциала      Информация
          Тип структуры        Информация-
            /          \        /          \
        Мера -----Иерархия -Управление ---- Память
```

Соответствующие элементы триад взаимодействуют между собой, но у каждой триады есть свой особый элемент, не соединяющий ее с другими. Эти особые элементы вновь формируют триаду

```
        Координаты
          /     \
        Мера------- Память
```

Между элементами этой узловой триады может быть построена новая триада

```
        Материя --Творчество
              \       /
.,           Управление
```

Объединение первого и последнего треугольников характеризует основные параметры сложной –транспортно- информационной системы

```
.                  Поле
                   /    \
        Материя /         \    Творчество
              X            X
     Структура --\--------/-- Контроллер
                   \     /
                Управление
```

25. Бифуркация – Информация - Знание.

Так как возникновение и эволюция контроллера является принципиально новым фактором, отличающим сложные транспортно-информационные системы, то причины его появления и механизм действия требуют специального рассмотрения и анализа. Одним из важнейших направлений исследований на этом пути являются исследования в области динамической теории информации и искусственного интеллекта, в частности анализ нейросетей.

Если бы все события в природе были детерминированы, и процессы происходящие со всеми структурами были заранее предопределены, то никакой потребности в контроллере бы не возникло. Информация и представление о ней возникают только как следствие существования неопределённости, при совершении бифуркационных событий.

Однако, это только одна сторона информационного процесса. Возможность существования в природе бифуркационных событий и процессов порождает принципиальную неполную предсказуемость будущего, а следовательно, возможность управления будущим, путём выбора одного из возможных исходов. В этом случае возникает необходимость предсказания будущего- знания. Переход от информации о прошлом к информации о будущем знанию – это творческий процесс. Резкий скачок информации о будущем может произойти без дополнительного получения информации о прошлом и наоборот, можно получать бесконечное количество информации о прошлом, не выжимая из неё информации о будущем.

При изучении систем, управляемых контроллером, необходимо не только анализировать динамику её основной материальной структуры и строить соответствующие математические модели, но также и знать принципы действия контроллера и моделировать процесс создания им моделей поведения. Здесь возникает новая триада.

Исследователь
/ \
Структура-------Контроллер

Рекомендуемая Литература.

1. Андрианов И. В. Баранцев Р. Г., Маневич Л. И. Асимптотическая математика и синергетика: путь к целостной простоте. М.: Едиториал УРСС. 2004. 304 с.
2. Аршинов В. И. Синергетика как феномен постнеклассической науки. М.: 1999. 203с.
3. Баранцев Р. Г. Нелинейность – когерентность - открытость как системная триада синергетики // Мост. 1999. №29. Сс. 54-55.
4. Баранцев Р. Г. Имманентные проблемы синергетики // Вопросы философии. 2002. № 9. Сс.91-101.
5. Баранцев Р.Г. Синергетика в современном естествознании. М.: Едиториал УРСС. 2003. 144с.
6. Басина Г. И., Басин М. А. Синергетика. Эволюция и ритмы человечества. СПб.: Норма. 2003. 260с.
7. Басин М. А. Шилович И. И. Синергетика и Internet (Путь к Synergonet). СПб.: Наука. 1999. 72 с.
8. Басин М. А. Волны. Кванты. События. Волновая теория взаимодействия структур и систем. Часть 1. СПб.: Норма. 2000. 168с.
9. Басин М. А. Компьютеры. Вихри. Резонансы. Волновая теория взаимодействия структур и систем. Часть 2. СПб.: Норма 2002. 144с.
10. Басин М. А., Шилович И. И. Путь в Synergonet. СПб.: Норма 2004. 128 с.
11. Брюно А. Д. Степенная геометрия в алгебраических и дифференциальных уравнениях. М.: Наука. Физматгиз. 1998. 288с.
12. Брюно А. Д. Самоподобные решения и степенная геометрия// УМН 2000. Т. 55. № 1
13. Буданов В.Г. Когнитивная психология или когнитивная физика. О величии и тщетности языка событий.// Событие и смысл (Синергетический опыт языка) М.: РИНС. 1999. Сс.38-66.
14. Васильев В. А., Романовский Ю. М., Яхно В. Г. Автоволновые процессы. М.: Наука. 1987. 240с.
15. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структур, устойчивости и флуктуаций. М.: Мир. 1972
16. Данилов Ю. А., Кадомцев Б. Б. Что такое синергетика? // Нелинейные волны. Самоорганизация. М.: «Наука» 1983. С. 5-16.
17. Дульнев Г. Н. Введение в синергетику. СПб:.1998. 256с.
18. Евин И. А. Синергетика искусства М.: 1993.171с.
19. Евин И. А. Что такое искусство с точки зрения физики? М.: 2000.144с.
20. Ершова-Бабенко И. В. Философия, методология, синергетика и наука. Одесса: 1996. 122с.
21. Занг В. Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории. М.: 1999. 400с.
22. Иванова В. С., Баланкин А. С., Бунин И. Ж., Оксогоев А. А. Синергетика и фракталы в материаловедении. М., 1994. 384с.
23. Кадомцев Б. Б. Динамика и информация. М.: УФН. 1997. 400с.

24. Капица С. П. Общая теория роста человечества: сколько людей жило, живёт и будет жить на Земле. М.: Наука. 1999. 190с.
25. Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.: УРСС. 2003. 288с.
26. Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М.: Наука. 1994. 238с.
27. Климонтович Ю. Л. Статистическая теория открытых систем. 1том. М.: Янус. 1995. 624 с .
28. Корнфельд Л. П., Синай Я. Г., Фомин С. В. Эргодическая теория. М.: Наука. 1980. 384 с
29.Котельников Г.А. Теоретические основы синергетики. Белгород, 1998, 125с.
30. Крылов Ю.К., Кудрин Б.И. Целочисленное аппроксимирование ранговых распределений и идентификация техноценозов.. «Ценологические исследования». Вып.11. М.: Центр системных исследований. 1999. 80 с.
31. Ланда П. С. Нелинейные колебания и волны. М.: Наука. Физматлит. 1997. 625 с.
32. Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. Современные проблемы нелинейной динамики. М.: Эдиториал УРСС. 2000. 336с.
33. Милнор Дж. Голоморфная динамика. Вводные лекции. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2000. 320с.
34. Моисеев Н. Н. Современный рационализм. М.:1995. 376с.
35. Моисеев Н. Н. Судьба цивилизации. Путь разума. М.:1998. 228с.
36. Московский синергетический форум. Тезисы. М.: 1996. 118с.
37. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир. 1977. 512 с.
38. Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие. М.: Наука. 2002. 478с.
39. Пейтген Х.-О., Рихтер П.Х. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. М.: Мир. 1993. 176с.
40. Поддубный Н. В. Синергетика: диалектика самоорганизующихся систем. Белгород: Изд-во Белгородского ун-та.1999. 352с.
41.Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М.: 1994. 272 с.
42.Режимы с обострением. Эволюция идеи. Законы коэволюции сложных структур. М.: Наука. 1999. 256с.
43.Синергетика и методы науки. (Под редакцией М.А. Басина). СПб.: Наука 1998. 438с.
44. Синергетика и образование. М.: Гнозис. 1997. 360с.; Синергетика и социальное управление. М.: РАГС. 1998. 352с.; Синергетика и учебный процесс. М.: РАГС. 1999.300с.; Синергетика; человек, общество. М.: РАГС. 2000. 342с.; Синергетика, философия, культура. М.: РАГС. 2001. 363с.; Глобализация: синергетический подход. М.: РАГС. 2002. 472с
45. Синергетика и психология. Тексты. Вып.1. Методологические вопросы. Под редакцией И.Н. Трофимовой и В.Г. Буданова. М.: «Союз». 1997. 361с.; Вып.2.Социальные процессы.2000. 272с.

46. Синергетика и психология. Материалы круглого стола 10.03.1997. СПб.(Под редакцией М.А.Басина, С.В.Харитонова) СПб.: Изд. СПбУВК, 1997, 148 с.
47.Синергетика. Труды семинара. МГУ. Вып.1. 1998 256с.; Вып.2. 1999.232с.; Вып.3. 2000.368с. Вып. 4. 2001 360с.
48.Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов. М.: Прогресс-Традиция. 2000. 536с:
49. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. М.: Наука. 2000. 431с.
50. Хакен Г. Синергетика. М: Мир.1980. 414с.
51.Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М.: Мир 1985.
52.Хакен Г. Информация и самоорганизация М. «Мир» 1985 (4-й том в Шпрингеровской серии книг по синергетике http://link.springer.de/ol/total/sist.htm
53.Харитонов С.В. Проявление космического закона в психике человека. Синергетический подход к классификации психических потребностей. СПб.: Петербург –XXI
54. Чернавский Д. С. Синергетика и информация . Динамическая теория информации. М.: Наука. 2001.244с.
55. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized Criticality. Physical Revue A. Vol. 38. № 1. 1988. Pp. 364-374
56. Bak P. How Nature Works: the Science of Selforganized Criticality.- Springer-Verlag. New York , Inc. 1996. 205p.
57. Mandelbrot B. Fractals: Form,Chance and Dimension. San Francisco: Freeman Comp. 1977. 365p.
58. Mandelbrot B. Fractals. Paris: Hazard et Finance, Flammarion.. 1997
59.Penrose R. Shadows of the Mind . Vintage. 1995
60. Thom R. Arnold V. I., Smale S. Dynamical Systems and Differential Equations. In: Mathematical developments arising from Hilbert Problems. Providense . RI: Amer. Math.Soc., 1976, Pp.59-62 (Proc. Sympos.Pure.Math.,28).