ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ НАУК

И ТЕХНОЛОГИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Кафедра общей информатики

ГУБАРЕВ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СИНЕРГЕТИКИ

ЭКСТЕРНА 2 ГОДА ОБУЧЕНИЯ (4-Х ЛЕТНЕГО СРОКА ОБУЧЕНИЯ)

ГРУППА Б (информационная сфера)

Научный руководитель

преподаватель

Филатов В.К.

Москва2005г.

План

1. Введение
2. Объекты исследования синергетики
3. Синергетика и синергетики
4. Особенность синергетики как науки
5. Теория диссипативных структур
6. Теория автоволновых процессов
7. Синергетика и кибернетика
8. Структура и хаос
9. Фракталы
10. Поиски универсальной модели
11. Заключение
12. Литература

1. Введение

«Синергетика» происходит от греческого «синергетикос» - совместный, согласованно действующий. Это научное направление, изучающее связи между элементами структуры (подсистемами), которые образуются в открытых системах (биологических, физико-химических и других) благодаря интенсивному (потоковому) веществом и энергией с окружающей средой в неравновесных условиях.

На первом этапе развития под синергетикой понимали область научных исследований, целью которых было выявление общих закономерностей в процессах образования, устойчивости и разрушения упорядоченных временных и пространственных структур в сложных неравновесных системах различной природы: физических, химических, биологических, социальных и т. д. Здесь «совместное, согласованное действие» может быть как следствием самоорганизации (в результате развития собственных неустойчивостей в системе), так и следствием вынужденной организации за счет внешних воздействий. Пример последней — известная синхронизация мод в многомодовом лазере с помощью внешнего периодического воздействия. Однако в настоящее время можно констатировать, что в подавляющем большинстве случаев изучается именно самоорганизация; «Самоорганизация социальных, экономических и исторических процессов», «Явления самоорганизации в системах с многовариантным поведением» и т. д. Это логично, потому что в принципе вынужденную организацию можно описать в рамках самоорганизации, если включить внешние силы как часть новой, более полной системы.

Обоснованием целесообразности синергетических исследований является установленный факт, что кооперация многих подсистем какой–либо системы подчиняется одним и тем же принципам независимо от природы подсистем. Познание этих принципов позволяет по–новому подойти и к проблеме рационального управления развитием сложных систем. С точки зрения синергетики нельзя, например, при управлении развитием природной или социальной системы навязывать несвойственные ей формы организации. Изучив систему, необходимо не увеличивать силу управляющего воздействия, а увеличивать согласованность воздействия с собственными тенденциями системы.

2. Объекты исследований синергетики

Объединяющим началом в синергетике являются объекты исследований — открытые сложные нелинейные системы с обратными связями. Разумеется, такие системы изучались и ранее без использования термина «синергетика». Общая трудность подобных исследований — исключительная трудность точного математического описания, особенно если в системе работает множество обратных связей. Ввиду широкого использования в синергетике аналогий полезно проследить, как методически решаются подобные проблемы в наиболее успешных работах.

3. Синергетика и синергетики

Подобно тому, как кибернетике Винера предшествовала кибернетика Ампера, имевшая весьма косвенное отношение к «науке об управлении, получении, передаче и преобразовании информации в кибернетических системах», синергетика Хакена имела своих «предшественниц» по названию: синергетику Ч. Шеррингтона, синергию С. Улана и синергетический подход И. Забуского.

Ч. Шеррингтон называл синергетическим, или интегративным, согласованное воздействие нервной системы (спинного мозга) при управлении мышечными движениями.

С. Улам был непосредственным участником одного из первых численных экспериментов на ЭВМ первого поколения (ЭНИВАКе).- проверке гипотезы равнораспределения энергия по степеням свободы. Эксперимент, проведенный над числовым аналогом системы кубических осцилляторов, привел к неожиданному результату, породив знаменитую проблему Ферми-Пасты-Улама: проследив за эволюцией распределения энергии по степеням свободы на протяжении достаточно большого числа циклов, авторы не обнаружили ни малейшей тенденции к равнораспределению. С. Улам, много работавший с ЭВМ, понял всю важность и пользу «синергии, т. е. непрерывного сотрудничества между машиной и ее оператором», осуществляемого в современных машинах за счет вывода информации на дисплей.

Решение проблемы Ферми - Пасты - Улама было получено в начале 60-х годов М. Крускалом и Н.Забуским, доказавшим, что система Ферми – Пасты - Улама представляет собой разностный аналог уравнения Кортевега-де Вриза и что равнораспределению энергии препятствует солитон (термин, предложенный H. Забуским), переносящий энергию из одной группы мод в другую. Реалистически оценивая ограниченные возможности как аналитического, так и численного подхода к решению нелинейных задач, И. Забуский пришел к выводу о необходимости единого синтетического подхода. По его словам, «синергетический подход к нелинейным математическим и физическим задачам можно определить как совместное использование обычного анализа и численной машинной математики для получения решений разумно поставленных вопросов математического и физического содержания системы уравнений».

Если учесть сложность систем и состояний, изучаемых синергетикой Хакена, то станет ясно, что синергетический подход Забуского (и как составная часть его - синергия Улама) займет достойное место среди прочих средств и методов Х-науки. Иначе говоря, уповать только на аналитику было бы чрезмерным оптимизмом.

4. Особенность синергетики как науки

В отличие от большинства новых наук, возникавших, как правило, на стыке двух ранее существовавших и характеризуемых проникновением метода одной науки в предмете другой, Х-наука возникает, опираясь не на граничные, а на внутренние точки различных наук, с которыми она имеет ненулевые пересечения: в изучаемых Х-наукой системах, режимах и состояниях физик, биолог, химик и математик видят свой материал, и каждый из них, применяя методы своей науки, обогащает общий запас идей и методов Х-науки.

Эту особенность Х-науки (если X - синергетика) подробно охарактеризовал Хакен: «Данная конференция, как и все предыдущие, показала, что между поведением совершенно различных систем, изучаемых различными науками, существуют поистине удивительные аналоги. С этой точки зрения данная конференция служит еще одним примером существования новой области науки - Синергетики. Разумеется, Синергетика существует не сама по себе, а связана с другими науками, по крайней мере, двояко. Во-первых, изучаемые Синергетикой системы относятся к компетенции различных наук. Во-вторых, другие науки привносят в Синергетику свои идеи. Ученый, пытающийся проникнуть в новую область, естественно, рассматривает ее как продолжение своей собственной области науки. Математики, занимающиеся теорией бифуркаций, предпочли озаглавить доклад «Теория Бифуркаций и ее приложения». Физики, изучающие фазовые переходы, представили доклад под названием «Неравновесные фазовые переходы», а специалисты по статистической механике сочли более уместным назвать тот же подход «неравновесной нелинейной статистической механикой». Другие усматривали в новой области дальнейшее развитие «термодинамики необратимых процессов», третьи нашли рассматриваемый круг явлений особенно подходящим для применения теории катастроф (сохранив за не поддающимися пока решению проблемами название «обобщенных катастроф»). Некоторые математики склонны рассматривать весь круг проблем с точки зрения структурной устойчивости. Все перечисленные мной разделы науки весьма важны для понимания образования макроскопических структур образования в процессе самоорганизации, но каждый из них упускает из виду нечто одинаково существенное. Укажу лишь некоторые из пробелов. Мир - не лазер. В точках бифуркации решающее значение имеют флюктуации, т. е. стохастические процессы. Неравновесные фазовые переходы обладают некоторыми особенностями, отличными от обычных фазовых переходов, например чувствительны к конечным размерам образцов, форме границ и т. п. В равновесной статистической механике не существуют самоподдерживающиеся колебания. В равновесной термодинамике широко используются такие понятия, как энтропия, производство энтропии и т. д., неадекватные при рассмотрении неравновесных фазовых переходов. Теория катастроф основана на использовании некоторых потенциальных функций, не существующих для систем, находящихся в состояниях, далеких от теплового равновесия. В мои намерения, разумеется, не входит критика тех или иных областей науки. Я хочу лишь подчеркнуть то, что представляется особенно важным: в настоящее время назрела острая необходимость в создании особой науки, которая бы объединила все перечисленные мной аспекты. Для науки безразлично, будет ли она называться «Синергетикой». Важно, что она существует.

Итак, Х-наука делает первые шаги, и существует сразу не в одном, а в нескольких вариантах, отличающихся не только названиями, но и степенью общности и акцентами в интересах.

5. Теория диссипативных структур

Бельгийская школа. И. Пригожина развивает термодинамический подход к самоорганизации. Основное понятие синергетики Хакена (понятие структуры как состояния, возникающего в результате когерентного (согласованного) поведения большого числа частиц) бельгийская школа заменяет более специальным понятием диссипативной структуры. В открытых системах, обменивающихся с окружающей средой потоками вещества или энергии, однородное состояние равновесия может терять устойчивость и необратимо переходить в неоднородное стационарное состояние, устойчивое относительно малых возмущений. Такие стационарные состояния получили название диссипативных структур. Примером диссипативных структур могут служить колебания в модели Лефевра-Николиса-Пригожина (так называемом брюсселяторе).

6. Теория автоволновых процессов

Распространение понятий равновесной термодинамики на состояния, далекие от равновесия, и, в частности, принцип эволюции Гленсдорфа-Пригожина вызвали критику со стороны «синергетиков». Так, Ландауэр построил контрпример, показывающий, что никакая функция состояния, в том числе и энтропия, не может быть положена в основу критерия устойчивости состояния, как это сделано в принципе эволюции Гленсдорфа-Пригожина. Отечественная школа нелинейных колебаний и волн, основоположником которой по праву считается Л. И. Мандельштам, рассматривает общую теорию структур в неравновесных средах как естественное развитие и обобщение на распределенные системы идей и подхода классической теории нелинейных колебаний. Еще в ЗО-х годах Л. И. Мандельштам сформулировал программу выработки «нелинейной культуры, включающей надежный математический аппарат и физические представления, адекватные новым задачам, выработать нелинейную интуицию, годную там, где оказывается непригодной интуиция, выработанная на линейных задачах».

Разработанная почти полвека назад, эта программа становится особенно актуальной в наши дни существенной «делинеаризации» всей науки. Без наглядных и емких физических образов, адекватных используемому аппарату, немыслимо построение общей теории структур, теории существенно нелинейной. Вооружая физика концентрированным опытом предшественников, эти образы позволяют ему преодолевать трудности, перед которыми заведомо мог бы спасовать исследователь, полагающийся только на свои силы. В этом отношении физические образы Л. И. Мандельштама представляют собой глубокую аналогию со структурным подходом Э. Нётер, научившей математиков за конкретными деталями задачи различать контуры общей схемы - математической структуры, задаваемой аксиоматически. Суть структурного подхода, сформулированного Н. Бурбаки, звучит как парафраза манделынтамовской программы создания нелинейной культуры: «Структуры» являются орудиями математика; каждый раз, когда он замечает, что между элементами, изучаемыми им, имеют место отношения, удовлетворяющие аксиомам структуры определенного типа, он сразу может воспользоваться всем арсеналом общих теорем, относящихся к структурам этого типа, тогда как раньше он должен был бы мучительно выковывать сам средства, необходимые для того, чтобы штурмовать рассматриваемую проблему, причем их мощность зависела бы от его личного таланта, и они были бы отягчены часто излишне стеснительными предположениями, обусловленными особенностями изучаемой проблемы».

Следуя Р. В. Хохлову, возникновение волн и структур, вызванное потерей устойчивости однородного равновесного состояния, иногда называют автоволновыми процессами (по аналогии с автоколебаниями). На первый план здесь выступает волновой характер образования структур: независимость их характерных пространственных и временных размеров от начальных условий (выход на промежуточную асимптотику, а в некоторых случаях - от краевых условий и геометрических размеров системы.

7. Синергетика и кибернетика

Задачу выяснить с общих позиций закономерности процессов самоорганизации и образования структур ставит перед собой не только Х-наука. Важную роль в понимании многих существенных особенностей этих процессов сыграл, например, кибернетический подход, противопоставляемый иногда как абстрагирующийся «от конкретных материальных форм» и поэтому противопоставляемый синергетическому подходу, учитывающего физические основы спонтанного формирования структур. В этой связи небезынтересно отметить, что создатели кибернетики и современной теории автоматов могут по праву считаться творцами или предтечами Х-науки. Так, Винер и Розенблют рассмотрели задачу о радиально-несимметричном распределении концентрации в сфере. А. Тьюринг в известной работе предложил одну из основных базовых моделей структурообразования и морфогенеза, породившую огромную литературу: систему двух уравнений диффузии, дополненных членами, которые описывают реакции между «морфогенами». Тьюринг показал, что в такой реакционно-диффузионной системе может существовать неоднородное (периодическое в пространстве и стационарное во времени) распределение концентраций.

В русле тех же идей - изучения реакционно-диффузионных систем - мыслил найти решение проблемы самоорганизации и Дж. фон Нейман. По свидетельству А. Беркса, восстановившего по сохранившимся в архиве фон Неймана отрывочным записям структуру самовоспроизводящегося автомата, фон Нейман «предполагал построить непрерывную модель самовоспроизведения, основанную на нелинейных дифференциальных уравнениях в частных производных, описывающих диффузионные процессы в жидкости. В этой связи интересно отметить, что фон Нейман получил не только математическое образование, но и подготовку инженера-химика.

8. Структура и хаос

Где лежит граница между регулярной, но сложно организованной структурой и хаосом? Критерием может служить устойчивость возникающих в процессе течения образований по отношению к малым возмущениям. Если такая устойчивость отсутствует, детерминированное описание теряет смысл, и необходимо использовать статистические методы. Впервые на связь между статистическим подходом и неустойчивостью указывал еще Анри Пуанкаре.

Из сказанного ясно, что теоретический анализ процессов хаотизации (зарождения турбулентности) в различных средах также должен быть включен в круг проблем, изучаемых синергетикой. Естественно отнести к ним и исследование общих свойств хаотических режимов, возникающих вслед за разрушением регулярных структур.

Как же возникает хаотическое движение? Казалось бы, путей его возникновения должно быть очень много. Однако выяснилось, что число сценариев процесса хаотизации совсем невелико. Более того, некоторые из них подчиняются универсальным закономерностям, и не зависят (!) от природы системы. Одни и те же пути развития хаоса присуши самым разнообразным физическим, химическим, биологическим и др. объектам. Универсальное поведение напоминает обычные фазовые переходы второго рода, а введение ренормгрупповых и скейлинговых методов, известных в статистической механике, открывает новые перспективы в изучении хаотической динамики.

В течение долгого времени представление о хаотических колебаниях ассоциировалось с допущением, что в системе необходимо возбуждение по крайней мере чрезвычайно большого числа степеней свободы. Эта концепция, по–видимому, сформировалась под действием понятий, сложившихся в статистической механике: в газе движение каждой отдельной частицы в принципе предсказуемо, но поведение системы из очень большого числа частиц чрезвычайно сложно, и поэтому детализированное динамическое описание теряет всякий смысл. Отсюда — потребность в статистическом описании. Однако, как показали многочисленные исследования, статистические законы, а вместе с ними и статистическое описание не ограничены только очень сложными системами с большим числом степеней свободы. Дело здесь не в сложности исследуемой системы и не внешних шумах, а в появлении при некоторых значениях параметров экспоненциальной неустойчивости движения.

Какие же законы управляют хаосом? Возможно ли создать математический аппарат, позволяющий непротиворечиво описывать хаотическую динамику и предсказывать появление хаоса в тех или иных системах? Наконец, можно ли найти методы предсказания поведения хаотических систем? Ответами на эти и ряд других вопросов занимается так называемая «теория динамического (или детерминированного) хаоса», являющаяся одним из разделов нелинейной динамики. К настоящему времени разработаны методы классификации различных типов хаоса, найдены закономерности его развития, созданы методы, позволяющие отличить, например в эксперименте, хаос от белого шума, и т. п. Более того, было обнаружено и строго обосновано, что сложное пространственно–временное поведение распределенных сред с громадным числом степеней свободы может быть адекватно описано нелинейными системами небольшой размерности.

Физически осмысленное понятие детерминированного описания заключается в том, что начальное состояние процесса задается в силу неизбежных флюктуаций некоторым вероятностным распределением. Задача состоит в том, чтобы на основании известного начального распределения предсказать его эволюцию. Если малые возмущения начального условия с течением времени не нарастают (т. е. имеет место устойчивость), то поведение такой системы является предсказуемым. В противном случае процесс может быть описан только вероятностным образом. По существу именно эти соображения легли в основу современного представления о динамическом хаосе.

Как известно, математическим образом установившихся периодических колебаний является предельный цикл, а квазипериодических — инвариантный тор. И устойчивые циклы, и инвариантные торы являются аттракторами (буквально — «притягателями»), поскольку в прямом смысле они притягивает все близкие траектории. Физически это означает, что при отклонении от таких колебаний (вследствие каких–либо воздействий) система спустя некоторое время вновь возвращается к ним, т. е. такое движение как бы притягивает. Простым примером здесь может служить обычный часовой маятник.

Если диссипативная система проявляет хаотические свойства, то математически это соответствует наличию в ее фазовом пространстве странного (иногда говорят хаотического) аттрактора. Данное понятие впервые было введено в известной работе Д. Рюэля и Ф. Такенса «О природе турбулентности» в 1971 г. и означало притягивающее множество, отличное от конечного объединения гладких подмногообразий. Появление такого подмножества в системах дифференциальных уравнений тогда казалось экзотикой, отсюда и название — странные аттракторы.

Понятие структуры, основное для всех наук, занимающихся теми или иными аспектами процессов самоорганизации, при любой степени общности предполагает некую «жесткость» объекта - способность сохранять тождество самому себе при различных внешних и внутренних изменениях. Интуитивно понятие структуры противопоставляется понятию хаоса как состоянию, полностью лишенному всякой структуры. Однако, как показал более тщательный анализ, такое представление о хаосе столь же неверно, как представление о физическом вакууме в теории поля как о пустоте: хаос может быть различным, обладать разной степенью упорядоченности, разной структурой.

Одним из сенсационных открытии было обнаружение Лоренцом сложного поведения сравнительно простой динамической системы из трех обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с квадратичными нелинейностями. При определенных значениях параметров траектория системы вела себя столь запутанным образом, что внешний наблюдатель мог бы принять ее характеристики за случайные.

Природа странного аттрактора Лоренца была изучена совместными усилиями физиков и математиков. Как и в случае многих других моделей Х-теории, выяснилось, что система Лоренца описывает самые различные физические ситуации - от тепловой конвекции в атмосфере до взаимодействия бегущей электромагнитной волны с инверсно-заселенной двухуровневой средой (рабочим телом лазера), когда частота волны совпадает с частотой перехода. Из экзотического объекта странный аттрактор Лоренца оказался довольно быстро низведенным до положения заурядных «нестранных» аттракторов - притягивающих особых точек и предельных циклов. От него стали уставать: легко ли обнаруживать странные аттракторы буквально на каждом шагу!

Но в запасе у странного аттрактора оказалась еще одна довольно необычная характеристика, оказавшаяся полезной при описании фигур и линий, обойденных некогда вниманием Евклида, - так называемая фрактальная размерность.

9. Фракталы

Мандельброт обратил внимание на то, что довольно широко распространенное мнение о том, будто размерность является внутренней характеристикой тела, поверхности, тела или кривой неверно (в действительности, размерность объекта зависит от наблюдателя, точнее от связи объекта с внешним миром).

Суть дела нетрудно уяснить из следующего наглядного примера. Представим себе, что мы рассматриваем клубок ниток. Если расстояние, отделяющее нас от клубка, достаточно велико, то клубок мы видим как точку, лишенную какой бы то ни было внутренней структуры, т. е. геометрический объект с евклидовой (интуитивно воспринимаемой) размерностью 0. Приблизив клубок на некоторое расстояние, мы будем видеть его как плоский диск, т. е. как геометрический объект размерности 2. Приблизившись к клубку еще на несколько шагов, мы увидим его в виде шарика, но не сможем различить отдельные нити - клубок станет геометрическим объектом размерности 3. При дальнейшем приближении к клубку мы увидим, что он состоит из нитей, т. е. евклидова размерность клубка станет равной 1. Наконец, если бы разрешающая способность наших глаз позволяла нам различать отдельные атомы, то, проникнув внутрь нити, мы увидели бы отдельные точки - клубок рассыпался бы на атомы, стал геометрическим объектом размерности.

Но если размерность зависит от конкретных условий, то ее можно выбирать по-разному. Математики накопили довольно большой запас различных определений размерности. Наиболее рациональный выбор определения размерности зависит от того, для чего мы хотим использовать это определение. (Ситуация с выбором размерности вполне аналогична ситуации с вопросом: «Сколько пальцев у меня на руках: 3 + 7 или 2 + 8?» До тех пор, пока мы не вздумали надеть перчатки, любой ответ можно считать одинаково правильным. Но стоит лишь натянуть перчатки, как ответ на вопрос становится однозначным: «5 + 5».)

Мандельброт предложил использовать в качестве меры «нерегулярности» (изрезанности, извилистости и т. п.) определение размерности, предложенное Безиковичем и Хаусдорфом. Фракталь (неологизм Мандельброта) - это геометрический объект с дробной размерностью Безиковича-Хаусдорфа. Странный аттрактор Лоренца - один из таких фракталей.

Размерность Безиковича-Хаусдорфа всегда не меньше евклидовой и совпадает с последней для регулярных геометрических объектов (для кривых, поверхностей и тел, изучаемых в современном учебнике евклидовой геометрии). Разность между размерностью Безиковича-Хаусдорфа и евклидовой - «избыток размерности» - может служить мерой отличия геометрических образов от регулярных. Например, плоская траектория броуновской частицы имеет размерность по Безиковичу-Хаусдорфу 1. больше 1, но меньше 2: эта траектория уже не обычная гладкая кривая, но еще не плоская фигура. Размерность Безиковича-Хаусдорфа странного аттрактора Лоренца больше 2, но меньше 3: аттрактор Лоренца уже не гладкая поверхность, но еще не объемное тело.

О степени упорядоченности или неупорядоченности («хаотичности») движения можно судить и по тому, насколько равномерно размазан спектр, нет ли в нем заметно выраженных максимумов и минимумов. Эта характеристика лежит в основе так называемой топологической энтропии, служащей, как и ее статистический прототип, мерой хаотичности движений.

Существуют и другие характеристики, позволяющие судить об упорядоченности хаоса.

Как ни парадоксально, новое направление, столь успешно справляющееся с задачей наведения порядка в мире хаоса, существенно меньше преуспело в наведении порядка среди структур.

В частности, при поиске и классификации структур почти не используется понятие симметрии, играющее важную роль во многих разделах точного и описательного естествознания.

Так же как и размерность, симметрия существенно зависит от того, какие операции разрешается производить над объектом. Например, строение тела человека и животных обладает билатеральной симметрией, но операция перестановки правого и левого физически не осуществима. Следовательно, если ограничиться только физически выполнимыми операциями, то билатеральной симметрии не будет. Симметрия - свойство негрубое: небольшая вариация объекта, как правило, уничтожает весь запас присущей ему симметрии.

Если определение симметрии выбрано, то оно позволяет установить между изучаемыми объектами отношение эквивалентности. Все объекты подразделяются на непересекающиеся классы. Все объекты, принадлежащие одному и тому же классу, могут быть переведены друг в друга надлежаще выбранной операцией симметрии, в то время как объекты, принадлежащие различным классам, ни одной операцией симметрии друг в друга переведены быть не могут.

Симметрию следует искать не только в физическом пространстве, где разыгрывается процесс структурообразования, но и в любых пространствах, содержащих "портрет" системы.

В работе предпринята попытка сформулировать требования симметрии, которым должна удовлетворять биологическая система. По мысли автора, «существо дела здесь состоит в эволюционном приспособлении биологических систем организмов к физическим и геометрическим характеристикам внешнего мира, в котором они себя «проявляют». Биомеханика движений скелета, «константности» психологии восприятия, биохимические универсалии жизненных процессов, движения и потоки, связанные с морфогенезом, - все это реакции отдельных видов организмов на соответствующие инвариантности, свойственные геометрико-физико-химическим характеристикам внешней среды, которые организмы «сумели» идентифицировать и включить в свою филогению в процессе эволюции. Чем больше инвариантных, регулярных свойств своего внешнего мира смог распознать и «учесть» организм, тем больше хаоса удается ему устранить из внешней среды, что в койне концов обеспечивает его преимущества с точки зрения принятия решений, уменьшения фрустрации, доминирования и, по существу, выживания».

Классифицировать структуры можно и по степени их сложности. Однако и в этом направлении предприняты лишь первые шаги.

Сложность поведения даже простых моделей (термин «элементарных» применительно к этим моделям так же, как и в случае элементарных частиц, отражает скорее уровень наших знаний о них, чем их истинную сложность) навела исследователей на мысль обратиться к аксиоматическому методу с тем, чтобы, следуя Гильберту, отделить существенные особенности модели от несущественных, случайных и тем самым облегчить построение моделей, воспроизводящих нужный режим поведения.

С. Улам и другие авторы рассмотрели отображения плоскости на себя, производимые по определенным правилам (аксиомам). Наиболее эффектным оказалось отображение, предложенное Копуэем, - его знаменитая игра «Жизнь».

Играют на плоскости, разбитой на квадратные клетки одного и того же размера. Каждая клетка может находиться в одном из двух состояний: либо быть занятой (например, фишкой), либо пустой. Начальное состояние (начальная расстановка фишек) может быть выбрана произвольно. Последующие состояния клеток зависят от занятости соседних клеток на предыдущем ходу. Соседними считаются восемь клеток, непосредственно примыкающих к данной (имеющих с ней либо общую сторону - примыкание справа, слева, сверху и снизу, либо общую вершину - примыкание по диагонали). Игра состоит из дискретной последовательности ходов. На каждом ходу ко всем клеткам доски применяются следующие три правила (аксиомы).

I. Выживание. Клетка остается занятой на следующем ходу, если на предыдущем были заняты две, или три соседние с ней клетки.

2. Гибель. Клетка становится свободной на следующем ходу, если на предыдущем было занято более трех или менее двух соседних клеток (в первом случае клетка «погибает» из-за перенаселения, во втором - из- за чрезмерной изоляции).

3. Рождение. Свободная клетка становится занятой на следующем ходу, если на предыдущем были заняты три и только три соседние клетки.

Кажущаяся простота правил Конуэя обманчива: как и простые динамические системы, доска с расставленными на ней фишками может перейти в весьма сложные режимы, имитирующие процессы гибели (полное уничтожение всех расставленных в начальной позиции фишек), неограниченный рост, устойчивое стационарное состояние (система с определенной периодичностью в пространстве), периодические по времени осцилляции.

10. Поиски универсальной модели

Сложность поведения простых моделей и неисчерпаемое разнообразие моделируемых объектов наводят на мысль о поиске некоего универсального класса моделей, которые могли бы воспроизводить требуемый тип поведения любой системы.

Рассмотрим, например, систему уравнений химической кинетики, описывающую редкую ситуацию: досконально известный механизм m-стадийной реакции (m - число элементарных актов), в которой принимает участие п веществ. Алгоритм выписывания динамической системы по схеме реакции однозначно определен. В таких системах «химического типа» удалось установить существование довольно сложных режимов (например, каталитический триггер или каталитический осциллятор). В то же время известно, что далеко не всякую динамическую систему с полиномиальной правой частью можно интерпретировать как описывающую некую гипотетическую химическую реакцию: некоторые концентрации в случае произвольно заданной системы могут становиться отрицательными. Возникает вопрос: всякую ли динамическую систему с полиномиальной правой частью можно промоделировать системой типа химической кинетики? Ответ (положительный) был получен М. Д. Корзухиным, доказавшим теорему об асимптотической воспроизводимости любого режима, осуществимого в системах с полиномиальной правой частью, системами типа химической кинетики (быть может, с большим числом «резервуарных» переменных, концентрации которых в ходе реакции считаются неизменными).

синергетика наука структура хаос

11. Заключение

Синергетика интересна не только своими математическими результатами, открытием удивительного мира эволюционирующих и самоорганизующихся структур, но и своими разветвленными приложениями. Можно надеяться, что синергетика способна нам помочь и в понимании перехода от неживого к живому, биологической эволюции, психики человека, социальных организаций, течения человеческой истории. Синергетика устанавливает мостики между «мертвой» и живой природой, между целеподобностью поведения природных систем и разумностью человека, между процессом рождения нового в природе, творчеством природы и креативностью человека. В определенных классах неорганических систем ведется поиск живого, элементов самодостраивания, регенерации, морфогенеза, в живом — поиск свойств неживого, того, что обще ему с царством неорганической природы, что уже переформировано в неживом, предано в законах эволюции Вселенной.

Речь идет не просто о внешнем сходстве или метафорическом сравнении структурообразований мертвой и живой природы, яркие формы выражения которого доступны перу писателя. Речь даже не об аналогии, а об изоморфизме живого и неживого, об общности образцов эволюции и эволюционных структурообразований, о выявлении неких универсальных закономерностей эволюции и самоорганизации мира. С помощью синергетики осуществляется выход на наиболее абстрактный и глубокий уровень сравнения, вырабатываются некие общие модели, устанавливаются закономерности трансдисциплинарного типа.

По сути дела, строится своеобразный параллельный мир, мир математических моделей. При изучении этого мира обнаруживаются парадоксальные свойства нелинейных процессов, а именно: локализация процессов в открытых диссипативиых средах (образование самоподдерживающихся структур в сплошных средах), спектры структур–аттракторов, как наиболее устойчивые образования, к которым эволюционируют процессы в такого рода средах, способы резонансного возбуждения структур–аттракторов, различные типы сверхбыстрого развития процессов, так называемые режимы с обострением. Далее осуществляется попытка как бы «примерить» этот, в определенной мере искусственный, мир математических моделей к реальному миру, «опрокинуть» его на реальный мир, идентифицировать открываемые свойства нелинейных процессов с известными, но порой труднообъяснимыми свойствами окружающего нас природного мира. И в ряде случаев наблюдаются совпадения, открываются возможности для перетолкования тех явлений организации и эволюции, которые стали нам привычными.

Предлагаемые модельные представления, разумеется, не претендуют на то, чтобы заменить существующие физические и химические модели, в том числе сложившиеся квантово–механические представления. Но сама возможность по–другому взглянуть на реальность, на как будто бы уже на века утвердившиеся представления об атомах, Вселенной, физических, химических и биологических структурах, не может быть оставлена без внимания. На относительно простых математических моделях делаются попытки понять принципы эволюции и самоорганизации сложного.

В отличие от констатации принципиальных различий между живой и неживой природой синергетика позволяет увидеть те общие принципы, которые соединяют то и другое.

12. ЛИТЕРАТУРА

1. Ахромеева Т.С., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Самарский А.А. Нестационарные структуры и диффузионный хаос. М.: Наука, 1992.
2. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.: Наука. 1997.
3. Лоскутов А.Ю.,Михайлов А.С.. Введение в синергетику. — М. Наука. 1990.
4. Малинецкий Г.Г. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. М.: Наука, 1997.
5. Мун Ф. Хаотические колебания. — М.: Мир. 1990.
6. Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур. М.: Наука, 1996.
7. Федер Е. Фракталы. — М., Мир, 1991.
8. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980.