
СИНЕРГЕТИКА КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУКОЙ СОВРЕМЕННОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

ДАВЫДОВ Денис, студент, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

С 70-х годов XX века неклассическая наука, сложившаяся на рубеже XIX-XX веков, сменяется постнеклассической наукой. Рождается новый тип знания, принципиально отличный от того, который принято называть классической наукой, или наукой Нового времени. Он характеризуется повышением субъективности, гуманистичности, самокритичности, пересмотром таких его классических характеристик, как объективность и истинность.

В классическом типе научности критерии научного познания таковы, что внимание исследователя сосредотачивается на характеристике объекта при элиминации всего того, что связано с субъектом. Неклассическая рациональность учитывает соотношенность характеристик объекта и средств познания, используемых субъектом. Постнеклассический тип соотносит знания об объекте не только со средствами, но и с целевыми установками познающего субъекта.

Постнеклассическая наука исследует не только сложные, сложно организованные системы, но и сверхсложные системы, открытые и способные к самоорганизации. Объектом науки становятся и "человекообразные" комплексы, неотъемлемым компонентом которых является человек (глобально-экологические, биотехнологические, медико-биологические и т.п.) Внимание науки переключается с явлений повторяемых и регулярных на "отклонения" всех видов, на явления побочные и неупорядоченные, изучение которых приводит к исключительно важным выводам. На смену таким постулатам классической науки, как простота, устойчивость, детерминированность, выдвигаются постулаты сложности, вероятности, неустойчивости. В результате изучения различных сложно организованных систем, способных к самоорганизации (от физики и биологии до экономики и социологии), складывается новое – нелинейное – мышление, новая "картина мира". Ее основные характеристики – неравновесность, неустойчивость, необратимость. Вместе с понятиями флуктуации, бифуркации и когерентности они образуют, по сути, новую базовую модель мира и познания, дают науке новый язык.

Утверждение всего комплекса идей нелинейности, вероятности, хаоса и т.п. происходит в 70-е-80-е годы XX века одновременно в самых различных областях как естественнонаучного, так и социогуманитарного знания. Это связано с развитием междисциплинарных исследований образования упорядоченных структур, теории самоорганизации (синергетика Германа Хакена (Германия), теория диссипативных структур Ильи Пригожина (Бельгия) и теория катастроф Тома Рене (Франция). Предмет теории самоорганизации (синергетики) – сложные системы в условиях неустойчивого равновесия и их самоорганизация вблизи точек бифуркации, где малое воздействие оказывается значительным и непредсказуемым по своим последствиям для поведения системы в целом.

Характеризуя синергетику как науку и метод, необходимо кратко изложить основные концепции, которые отображали бы ее сущность. Некоторые ее положения не являются новаторскими (были открыты и применялись ранее), но в новой "синергетической" интерпретации они принимают совершенно иной, качественно отличный от их прошлых формулировок смысл и значение.

Синергетика - современная теория самоорганизации в неживых и живых системах, главная особенность которых - *нелинейность и открытость*. Синергетика - это мостик между пониманием живой и неживой природы. Главная идея синергетики - это идея о принципиальной возможности спонтанного возникновения порядка и организации из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации. В природе все развивается и не находится в состоянии покоя. Везде мы видим способность к самопроизвольному зарождению структур и их быстрому самовоспроизведению. Такая способность - есть результат борьбы и сотрудничества двух противоположных начал: механизма возникновения структур (фактор *локализации* процессов) и самопроизвольного распада, диффузии, рассеивания (*размывающий* фактор).

Синергетика (синергия - гр. *synergeia* - сотрудничество, содружество) - междисциплинарное направление научных исследований, в рамках которого изучаются процессы самоорганизации и самодезорганизации, процессы перехода от хаоса к порядку и обратно в открытых нелинейных средах самой различной природы. Если дать краткую характеристику синергетики, как новой научной парадигме, то это три ключевые идеи: *самоорганизация, открытые системы, нелинейность*.

Синергетика "пытается" рассматривать изучаемые объекты с помощью системного взгляда на них (то есть используя системные закономерности и подход), а не как разрозненные части.

Система показывает, что сложное создается из простого, и демонстрирует связь частей с целым. Множество закономерно связанных друг с другом элементов представляет собой определенное целостное образование, единство. Систему можно рассматривать как порядок, обусловленный планомерным, правильным расположением частей в определенной связи. С другой стороны, система выступает как нечто целое относительно окружающей среды.

Для решения сложных комплексных проблем используется системный подход. Система представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов, которые объединены функциональной целостностью, единством цели и при этом свойство самой системы не сводится к сумме свойств элементов. Изменение любого элемента системы оказывает воздействие на другие ее элементы и ведет к изменению всей системы.

Система имеет "консервативную" часть - *структуру* и "динамичную" часть - *состояние*. Структура менее подвержена изменениям и основывается на категориях *пространства*. Состояние, наоборот, максимально подвержено изменениям и основывается на категориях *времени*.

Существует ряд системных принципов, важных для понимания концепции системы:

Доминирование роли целого над частным, *сложного* над простым.

Целое больше суммы своих частей. Система обладает структурой с определенным расположением и связью ее составных частей. Система обладает множеством состояний, соответствующих ее различным свойствам, которые описываются набором параметров.

Структура системы является наиболее консервативной характеристикой системы в отличие от состояния системы. Система имеет *иерархическую* структуру. Свойства системы как целого определяются не только свойствами ее отдельных элементов, но и свойствами структуры системы в целом. Система выделяется из среды своими качествами. Системы бывают *открытые* и закрытые. Каждая система имеет параметры, которые являются для нее основными, или жизненно важными. От них зависит существование системы.

Гомеостаз системы сохраняет жизненно важные параметры в процессе адаптации системы к внешним условиям и тем самым поддерживает существование самой системы.

Наибольший интерес, с точки зрения синергетики, представляют сложные открытые *нелинейные* системы.

Все явления, происходящие в природе, в той или иной степени взаимно связаны. Какова же эта связь? Все классическое естествознание прежде всего было основано на линейной основе - равным изменениям одной независимой величины должны обязательно

отвечать равные изменения в зависимой величине. Мы можем найти множество примеров линейности нашего мира. Но это лишь малая часть ее закономерностей.

Наиболее существенные свойства природы совершенно не укладываются в рамки такой стройной, но чересчур идеальной линейной схемы. Нелинейный мир - это мир с иными, отличающимися от привычных для классической науки закономерностями. Класс систем, способных к самоорганизации, - это открытые и нелинейные системы. Нелинейность - фундаментальная концепция новой синергетической парадигмы. За нелинейностью стоит представление о возможности сверхбыстрого развития процессов в системе на определенных стадиях ее эволюции.

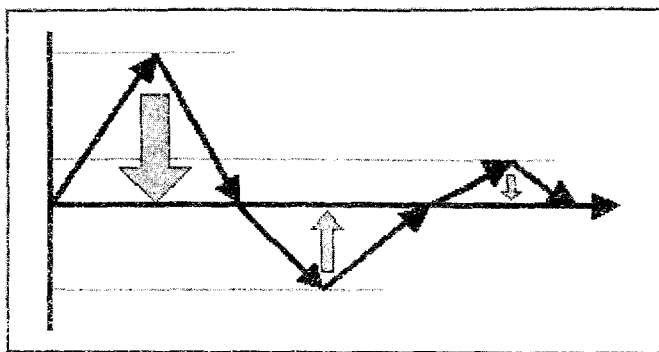
Понятие нелинейности пришло из математики. Рассматриваются математические уравнения, содержащие искомые величины в степенях больше 1 и коэффициенты, зависящие от свойств среды. Такие нелинейные уравнения имеют несколько качественно различных решений. Физический смысл нелинейности: множеству решений соответствует множество путей эволюции нелинейной системы, описываемой этими уравнениями. Когда и какой случайности удастся прорваться и определить вид общего течения событий, становящейся структуры, природного или социального образца следует из состояния неустойчивости открытой и нелинейной системы. Это означает, по сути, чувствительность нелинейной среды к малым флуктуациям, усиливаемыми посредством механизма нелинейной положительной обратной связи. В состоянии неустойчивости фактически всегда заключено нечто, указывающее на связь микро- и макро масштабов.

Во всех областях естествознания нелинейность явлений глубоко «функциональна». Нелинейность в физике - это различного рода обратные связи и тонкие эффекты, ускользающие в более грубой линейной теории. В химии нелинейность проявляется в обратных связях тонких механизмах реакций. В биологии нелинейность эквивалентна способности к выживанию и эволюции. Только сильная нелинейность позволяет биологическим системам охватить громадный диапазон жизненно значимых воздействий среды в процессе адаптации и борьбы за существование.

В мировоззренческом плане идея нелинейности может быть истолкована посредством идей: 1) многовариантность, *альтернативность* путей эволюции; 2) выбор из данных альтернатив; 3) *изменяющийся* темп эволюции; 4) необратимость эволюции; 5) "разрастание малого" или "усиление флуктуаций"; 6) свойство порога чувствительности (ниже порога все уменьшается, забывается, выше - наоборот, все многократно возрастает); 7) дискретность путей эволюции (возможен не любой путь эволюции, а лишь определенный спектр этих путей); 8) *неустойчивость* - неожиданность изменений направления течения процессов (это делает невозможность прогноза-экстраполяции от наличного); 9) возможность вынужденных или спонтанных изменений самой открытой нелинейной среды (а это приводит к качественному изменению картины процессов ее эволюции).

Информационный (как и синергетический) подходы можно рассматривать как развитие и дополнение системного подхода. Все эти подходы в комплексе дают новые возможности для исследования сложных объектов, процессов и явлений в природе и обществе.

Гомеостатический подход (разрабатывался еще в рамках кибернетики) к системам различной природы по своей сути представляет системный подход к гармонии и дисгармонии сложных систем. (но в отличии от кибернетики, где этот подход является основным, в синергетике он является только частным случаем). Гомеостатика изучает такие механизмы управления системами, которые обеспечивают поддержание в допустимых пределах жизненно важных для систем параметров. Исследования все больше подтверждают, что большинство сложных систем, включая природные, общественные и искусственные системы подчиняются *гомеостатическим* принципам и закономерностям. Для исследование этого подхода применяются принципы отрицательной и положительной обратной связи.



Идея отрицательной обратной связи - ключевое понятие теории систем.

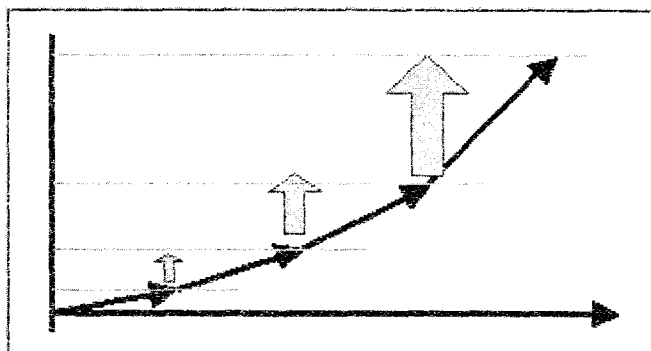
Отрицательная обратная связь призвана создавать устойчивость в системе. Процесс действия отрицательной обратной связи: когда некое изменение угрожает изменить заданный уровень, оно подавляется.

Отрицательная обратная связь работает всюду вокруг нас, заставляя все,

что нас окружает, сохранять состояние равновесия и устойчивости. Например, в биологических системах - сохранение постоянной температуры живыми организмами, или в политике - поиск "влиятельными кругами" возможностей успокоиться, когда расхождение во взглядах выходит за принятые рамки.

Положительная обратная связь призвана не подавлять изменение в системе, а увеличивать его, может реагировать на малое отклонение, или "ввести" изменения в систему.

Если существует множество процессов, когда нужно достигнуть стабилизации в системе при помощи отрицательной обратной связи, то наряду с этим имеются множество процессов в системах, которые увеличивают изменения. Здесь работает положительная обратная связь.



Можно взять пример термостата живого организма в роли защитного механизма от вирусов гриппа, которые подавляются высокой температурой. Скачек температуры больного организма - пример отклонения температуры от нормы за счет работы положительной обратной связи. Можно представить экономическую ситуацию: чем больше денег у субъекта, тем больше имущества он может купить, а это приводит к увеличению его ренты. И значит, к еще большему количеству у него денег, на которые можно купить новое имущество.

Положительная обратная связь объясняет многие процессы самовозбуждения. Объединение положительной обратной связи с отрицательной обратной связью показывает, как прекрасно взаимодействуют они в едином организме, объясняя поразительную экономичность работы человеческого головного мозга, так и в социальных системах.

Следующим важным понятием синергетики является точка бифуркации.

Бифуркации - это особенности функций, описывающих наиболее характерное поведение нелинейных систем. Бифуркации - это характерные события в жизни нелинейных систем.

Любая реальная сложная система описывается нелинейной системой уравнений, которая имеет целый спектр решений, представленных в фазовом пространстве множеством ответвлений. Разветвления решения в виде развилок траектории в фазовом пространстве проявляются при изменении значения некоторых параметров системы - управляющих параметров. Часто их называют параметрами порядка.

Изменения управляющих параметров способны вызвать катастрофические, т.е. большие скачки в состоянии системы, и эти скачки осуществляются практически мгновенно. При изменении параметров порядка в системе наблюдаются различные переходные явления, которые можно представлять с помощью диаграмм бифуркации. Сама точка ветвления носит название точки бифуркации (лат. - раздвоение, размножение) или "точкой катастрофы".

Смысл бифуркации таков: точка бифуркации - это точка ветвления путей эволюции открытой нелинейной системы. Бифуркации - это ветвления в поле путей развития открытой нелинейной системы в узловых точках аттракторов.

Существует два подхода к исследованию открытых нелинейных систем: изменение среды и изменение воздействий. *Изменение среды*: изменяя характеристики самой среды, в результате режимы становятся неустойчивыми и возникают бифуркации. *Изменение воздействий*: изменяя топологию воздействия на одну и ту же среду, получая различные неустойчивые режимы и вызывая бифуркации.

В первом случае бифуркации получаются при изменении самой среды, во втором случае - как результат внутреннего, имманентного развития процессов в заданной среде. Малая флуктуация управляющего параметра может иметь определяющее значение для системы. Система начинает развиваться альтернативно - либо по одной, либо по другой ветви. В биологической эволюции такие флуктуации проявляются в виде мутаций, изменчивости. С другой стороны, естественный отбор обеспечивает устойчивость системы.

Усложнение структуры и поведения системы тесно связано с появлением новых путей развития в результате бифуркаций. В сильно неравновесных условиях процессы самоорганизации соответствуют "тонкому взаимодействию" между случайностью и необходимостью, флуктуациями и детерминистскими законами. Вблизи бифуркаций, т.е. резких, "взрывных" изменений системы, основную роль играют флуктуации или случайные элементы, тогда как в интервалах между бифуркациями преобладает детерминизм.

Ситуацию, возникающую после воздействия флуктуации на систему и возникновения новой структуры, И. Пригожин назвал порядком через флуктуацию или "порядком из хаоса". Флуктуации могут усиливаться в процессе эволюции системы или затухать, что зависит от эффективности "канала связи" между системой и внешним миром.

Примером бифуркации является образ *эволюционного дерева*. Оно наглядно демонстрирует поле ветвящихся путей эволюции живой природы. Прохождение через точки ветвления - сделанный "выбор" - закрывает другие, альтернативные пути, и открывает новые перспективы, делая тем самым необратимым. Эволюционное дерево в биологии, по существу, аналогичный образ диаграммы бифуркаций в синергетике.

Следующим центральным понятием синергетики является понятие "иерархии". *Системная иерархия* (гр. *hierarchia* < *hieros* священный + *arche* власть) - расположение частей целого в порядке по системным уровням от высшего к низшему. Идея возможной иерархии сред - фундаментальный принцип в синергетике.

В системной иерархии четко просматриваются два направления: вертикальное и горизонтальное. Обычно в иерархическом порядке подчеркивают вертикальный порядок от высшего уровня к низшему и часто забывают про горизонтальный порядок, образующий элементы одного системного уровня. Ярким выраженным объектом с системной иерархией является наша планета Земля.

Переход по вертикали с одного системного уровня на другой носит характер скачка в виде структурного перехода (в том числе и логического барьера) и является объекто-образующим (разделяющим) фактором. С другой стороны, объекты внутри одного системного уровня связаны топологическими причинно-следственными "горизонтальными" связями, что является пространственно и время-образующим фактором. Если вертикаль формирует возможность существования объектов и дает переход в совсем другой темпомир с другим масштабом времени, то горизонталь формирует возможность организации среды в пространственно-временной континуум.

Наличие вертикали (переход барьера скачком) и горизонтали (топология пространства-времени) составляет сущность иерархического расслоения мира. Без горизонтали нет вертикали, без вертикали нет горизонтали - вне пространства-времени нет объектов, без объектов нет самого пространства-времени.

Каков путь эволюции от простого к более сложному? Для того чтобы создавать все более сложные структуры, нужно создавать иерархию сред (системных горизонтальных уровней) с различными нелинейностями, которым соответствуют разные типы структур. С точки зрения мировоззрения, связь макросистем с микросистемами является очень важным следствием иерархичности. Каждая структура очередного уровня связана со своей микроподложкой. Возможна постановка вопроса: имеется ли связь всех этих сред (уровней, слоев иерархий) с неким общим основанием - с прасредой? Возможна ли связь через несколько уровней организации? Следует отметить поразительное сходство этой идеи с фракталами и странными аттракторами. Из всего вышесказанного появляется вопрос об управлении в нелинейных средах. Можно ли воздействовать на среду для получения нужных нам результатов и каким должно быть это воздействие.

Избирательное "точечное" и "правильное" внешнее воздействие на открытые нелинейные системы дает необычную реакцию, когда это воздействие оказывает большее влияние на эволюцию системы, чем воздействие более сильное, но организованное без учета ее собственных тенденций. Теория эволюции и самоорганизации устанавливает некоторые принципы нелинейного управления сложными системами.

Будущее открыто и непредсказуемо, но оно не произвольно - существуют спектры возможных будущих состояний в виде дискретных наборов структур-аттракторов сложных эволюционных процессов.

- Начальные условия не определяют вектор управленческого воздействия на управляемую систему - начальные условия будут забыты когда система перейдет на одну из структур-аттракторов эволюции.

- Если управленческие действия не согласованы с внутренними тенденциями развития сложной системы, то они не приведут к успеху и обречены на провал. Управление будет неэффективно, если осуществлять попытки построить структуры, неадекватные внутренним тенденциям эволюционирующей системы.

- Действия в виде силовых методов и принуждения являются очень неэффективным средством управления.

"Мягкое" управление - это управление посредством "умных" и гармоничных воздействий на управляемую систему. Слабые, но соответствующие внутренним тенденциям управляемой системы, так называемые резонансные воздействия и влияния чрезвычайно эффективны. Они должны соответствовать внутренним тенденциям развития сложной системы. Искусство правильного резонансного управления может высвободить мощные внутренние силы и возможности общества.

Синергетика переоткрывает известный философский принцип "малые причины больших событий" (Лао-цзы. Дао-дэ-цзин: Учение о пути и благой силе).

Искусство "мягкого" управления состоит в способах самоуправления и самоконтроля. Главная проблема заключается в том, как управлять, прикладывая минимальные усилия, и как малым резонансным воздействием подтолкнуть систему на один из собственных и благоприятных для субъекта путей развития, как обеспечить самоуправляемое и самоподдерживаемое развитие.

Для осуществления "мягкого" управления необходимо формировать "правильный" вектор воздействия на управляемую систему. В первую очередь нужны не энергия и сила, а знания. Резонансное управленческое воздействие - это правильное влияние, распределенное в пространстве и времени. Нужно знать где воздействовать и когда. Иногда возможно так изменить собственные свойства сложных систем, что происходит трансформация спектров структур-аттракторов эволюции, то есть изменяется набор возможных путей в будущее. Чтобы эффективно действовать в сложном и нестабильном мире, необходимо принимать во внимание контекст управления, с одной стороны - ближайший, с другой стороны - достаточно широкий.

В качестве вывода нужно отметить, что синергетика это только один из возможных взглядов, который не претендует на всеобщее понимание и поддержку. Но при этом она дает

некоторые общие направления понимания и использования современных знаний в системе, в органическом единстве. Поэтому познание мира как целостного в постнеклассической науке становится одновременно интеллектуальной и жизненной необходимостью управления в современном мире.

Поступила в редколлегию 22.05.2006 г.

© Давыдов Д.С., 2006