

## Системно-синергетический подход к анализу кластерных образований

© 2010 Е.М. Терешин

© 2010 В.М. Володин

доктор экономических наук, профессор  
Пензенский государственный университет  
E-mail: tereshin.e.m@rambler.ru, ieu@pnzgu.ru

В статье рассмотрен вклад русских ученых в развитие системного подхода. Анализируются системный и синергетический подходы к анализу экономических систем, включая кластеры. Определены требования синергетики к изучаемым системам. Описаны обобщенные механизмы самоорганизации сложных систем.

*Ключевые слова:* системный подход, синергетический подход, кластерные образования, самоорганизация.

Усилия по разработке и формированию общих системно-структурных принципов организаций и систем предпринимались многими русскими учеными. “Для многих классиков русской и советской науки было характерно стремление увидеть общее в различных дисциплинах и на этой основе получить оригинальные результаты в каждой из них”<sup>1</sup>.

А.А. Богданов пытался сформулировать общие структурные принципы организации<sup>2</sup>, близкие к современной проблематике системных исследований и проблем, поставленных в общей теории систем Л. фон Берталанфи.

Врач и физиолог Н.А. Белов в 1911 г. сформулировал принцип отрицательной обратной связи и своим представлением об организме как динамической самоуправляемой системе предвосхитил идеи Л. фон Берталанфи. А.А. Малиновский развил идеи<sup>3</sup> А.А. Богданова и первым указал на глубокое родство открытия Н.А. Белова с идеями кибернетики.

Русский кристаллограф Е.С. Федоров впервые пытался сформулировать универсальные принципы структур и организаций. Введенные Е.С. Федоровым понятия стройности, организованной коллективности, подвижности имеют аналогии в современных теориях систем.

Например, расширенной аналогией понятия организованной коллективности является современное понятие “система”, занимающее центральное место в современных исследованиях. Большой математический вклад в эту проблематику внес математик Г.А. Грузинцев, разрабатывая теорию функций и теорию множеств. Г.А. Грузинцев в 1928 г. дает понятие системы как “элементов, связанных между собой определенными отношениями, которые образуют ле-

жащий в основе системы синтез” и определяет принципы “релятивизма” и “экзактности”. “Релятивизм” состоит в концентрации изучения отношений, а не свойств. “Экзактность” состоит в обнаружении наименьшей системы, изучение которой необходимо для познания объекта.

Весомый вклад в развитие системного подхода внесли советские ученые И.В. Блауберг, В.Н. Садовский и Э.Г. Юдин.

Способам установления общесистемных закономерностей теоретических (с использованием алгебры и логики) и эмпирических уделяется основное внимание в параметрической системной концепции А.И. Умова.

В.Н. Садовский приводит более 40 определений понятия “система”<sup>4</sup>, делая вывод о невозможности установления всеобъемлющего понятия на формальном уровне, “в силу чего правильнее говорить об определенном семействе понятий “система”, относящихся к разным классам системных объектов”<sup>5</sup>.

Исходя из сказанного, можно отметить широкое многообразие классификации системных объектов. В таблице, представлен вариант классификации систем.

Отличительным признаком любой системы являются: связь, целостность и обусловленная ими устойчивая структура. Массив системных понятий разбивается на несколько групп. Первую группу образуют понятия, относящиеся к описанию внутреннего строения системных объектов. Сюда входят понятия “связь”, “отношения”, “элемент”, “среда”, “целостность”, “структура”, “организация”, наполняющие конкретным смыслом решение системных задач, связанных с изучением сложных объектов.

## Вариант классификации систем

№ п/п	Основания классификации	Вид систем
1	Характер связи между частями и целым	Неорганичные и органичные
2	Формы движения материи	Механические, физические, химические, биологические, социальные
3	По отношению к движению	Статичные и динамичные
4	По видам изменений	Функциональные и развивающиеся
5	По характеру обмена со средой	Открытые и закрытые
6	По степени организации	Простые и сложные
7	По характеру внутренней детерминации	Детерминированные и вероятностные
8	По характеру происхождения	Естественные, искусственные, смешанные
9	По уровню развития	Низкие и высокие
10	По направлению развития	Прогрессивные и регрессивные

Вторая группа системных понятий, связанная с функционированием системных объектов, включает в себя понятия “функция”, “управление”, “регулирование”, “обратная связь”, “устойчивость”, “равновесие”, “самоорганизация”. Отдельные группы составляют понятия развития (эволюции, становления и др.) и проектирования (анализ систем, синтез систем) системных объектов.

“Системный подход представляет собой методологическую ориентацию исследования, основанную на рассмотрении объектов изучения в виде систем, то есть совокупностей элементов, связанных взаимодействием и в силу этого выступающих как единое целое”<sup>6</sup>. Основные принципы системного исследования характеризуются “подходом к исследуемой системе как к целому и вытекающими отсюда представлениями о среде системы и ее элементах”<sup>7</sup>. Понятие системы конкретизируется через понятие связи; среди различных типов связей особое место занимают системообразующие связи<sup>8</sup>.

“Устойчивые связи образуют структуру системы, то есть обеспечивают ее упорядоченность, направленность этой упорядоченности характеризует организацию системы”<sup>9</sup>. “Структура, в свою очередь, может характеризоваться как по горизонтали (связи между однотипными компонентами системы), так и по вертикали; вертикальная структура предполагает выделение различных уровней системы и наличие иерархии этих уровней”<sup>10</sup>. “Связь между различными уровнями реализуется с помощью управления”<sup>11</sup>.

“К числу основных задач системного подхода относятся: 1) разработка концептуальных (содержательных и формальных) средств представления исследуемых объектов как систем; 2) построение обобщенных моделей систем разных классов и свойств систем, включая модели динамики систем, их целенаправленного поведения, их развития, иерархического строения, процессов управления в системах”<sup>12</sup>.

“Принципы системного подхода по степени их общности совпадают с философскими общеметодологическими принципами материалистической диалектики”<sup>13</sup>, дополняя их как связывающее звено с нижележащими уровнями научного познания.

Системный подход предполагает взгляд на кластеры как на единое, целостное, системное образование, состоящее из множества взаимодействующих элементов (подсистем).

Одним из важных вопросов системного подхода является анализ механизмов организации, “которые обуславливают возникновение в целостной системе новых, интегративных свойств”<sup>14</sup>.

Попытку решения данной проблемы предпринял А.А. Богданов<sup>15</sup>. “По его утверждению, при объединении в организованную систему каких-либо составляющих происходит сложение их “активностей” (т.е. положительных проявлений); хотя это сложение ... (не является полным), оно все же дает значительный эффект, поскольку “сопротивления” (т.е. противостоящие “активностям” отрицательные воздействия) при этом не складываются”<sup>16</sup>. Таким образом, объединение элементов в систему повышает эффективность их действия за счет простого (и даже неполного) сложения их активностей при полном отсутствии сложения сопротивлений”<sup>17</sup>. Но “здесь речь идет лишь о возрастании уже имеющихся функций, а не о появлении новых”<sup>18</sup>.

В основе возникновения новых качеств в системе лежат более сложные взаимодействия. Во-первых, кроме сложения активностей, возможны иные формы взаимодействия элементов, образующих систему. Во-вторых, процесс организации может заключаться не только в первичном изменении соотношений внешних и внутренних по отношению к системе факторов, но и в изменении соотношений сначала в самой системе, которое лишь позднее скажется на отношении системы к среде. В третьих, возможны не только элементарные взаимодействия, которые происходят не на одном этапе и не на одном

уровне, а последовательно, в несколько этапов и на разных уровнях. Могут возникать, строиться и существовать двух- и более степенные системы (многоуровневые). “Все это приводит в конечном счете к коренному отличию целостной системы от суммы составляющих ее частей”<sup>19</sup>.

Синергетический подход акцентирует внимание на открытых системах, нелинейных отношениях, неравновесности, неустойчивости, неупорядочности. Синергетика как понятие означает совместное, согласованное, кооперативное действие, сотрудничество, взаимодействие различных элементов систем. Синергетика показывает, как в открытых и динамично неравновесных системах происходят процессы самоорганизации и управления. Это наука о самоорганизации, о превращении хаоса в порядок.

Объект изучения синергетики независимо от его природы обязан удовлетворять следующим требованиям:

1. *Открытость - обмен информацией, энергией и веществом с окружающей средой.*

2. *Движение системы в нелинейной области ее пространства.*

3. *Неравновесность - при определенных значениях параметров, характеризующих систему, она переходит в критическое состояние, сопровождающееся потерей устойчивости.*

4. *В системе присутствуют несколько путей эволюции на любых этапах ее движения.*

5. *Возможность когерентности протекающих в системе процессов.*

Современные кластерные образования - сложнейшие открытые системы, связанные между собой процессами интенсивного динамического взаимодействия и обмена энергией, веществом и информацией. Указанные суперсистемы являются нелинейными, многомерными и многосвязанными, в которых протекают сложные процессы и возникают критические и хаотические режимы.

Управление такого рода динамическими системами методами централизованного внешнего воздействия недоступно и невозможно для существующей теории управления. Разработка и использование путей целевого воздействия на процессы самоорганизации в сложных динамических системах, каковыми являются кластеры, через посредство возбуждения и координирование внутренних сил взаимодействия являются важнейшей задачей прикладной экономики. Чем сложнее кластерная система, тем более высокий уровень имеют в ней процессы самоорганизации и управления.

Самоорганизация может начаться лишь в системах, обладающих достаточным количеством взаимодействующих между собой элементов, име-

ющих некоторые критические размеры. В противном случае эффекты от синергетического взаимодействия будут недостаточны для появления кооперативно-когерентного поведения элементов системы и возникновения самоорганизации.

Для управления равновесными динамическими системами используется принцип отрицательной обратной связи. Самоорганизация нелинейных динамических систем опирается на принцип положительной обратной связи, согласно которому изменения, происходящие в системе, не устраняются, а, наоборот, накапливаются и усиливаются.

Постепенные количественные изменения в рамках систем приводят к их коренным, качественным изменениям и в итоге к образованию систем с новыми структурами и целостными, системными свойствами. Основная идея синергетики заключается в том, что сложные системы качественно меняют свое макроскопическое состояние в результате изменений, происходящих на микроуровне. Последние изменения являются количественными, описываемыми управляющими параметрами системы (параметрами порядка).

Изменяя управляющие параметры, можно достичь критического значения, когда система резко и спонтанно переходит в качественно новое состояние.

Принцип подчинения параметрам порядка играет важнейшую роль в понимании процессов самоорганизации. В каждом процессе параметров порядка немного, даже при большом числе элементов, которые могут создавать огромное количество взаимосвязей.

Основным методом синергетики является учет взаимосвязи и взаимодействия между состояниями элементов сложноорганизованных систем на микроуровне и их параметрами порядка на макроуровне. Это открывает широкие возможности для исследования и социально-экономических систем.

Синергетика как теория самоорганизации заставляет по-новому взглянуть на соотношение случайного и закономерного в развитии систем. Она выделяет в этом процессе две фазы: плавную эволюцию, ход которой закономерен, и скачки, протекающие случайным образом.

Выход из критического состояния, часто под воздействием малых флуктуаций (случайное отклонение величины от ее среднего значения), осуществляется через скачок, т.е. резко, и система переходит в качественно новое состояние с более высоким уровнем упорядочности. Скачок - это крайне нелинейный процесс, при котором малые изменения параметров системы (управляющих параметров) вызывают очень сильное из-

менение состояния системы, ее переход в новое качество. Такие критические точки, вблизи которых система осуществляет смену режима функционирования или развития, называют точками бифуркации.

Находясь между точками бифуркации, система развивается закономерно, тогда как вблизи точек бифуркации существенную роль играют флуктуации, которые и определяют, какой из путей развития выберет система.

Если неравновесная, нелинейная система достаточно удалена от точки равновесия, то возникающие в ней флуктуации в результате взаимодействия со средой будут усиливаться и приведут к разрушению прежнего порядка или структуры и к возникновению новой системы. По И.Р. Пригожину, структуры и системы, возникающие в результате таких процессов, называются диссипативными. Диссипативные структуры и системы образуются за счет рассеивания энергии, использованной системой и полученной из окружающей среды новой энергии.

Кластерные образования сквозь призму синергетики являются саморазвивающимися, нелинейными, открытыми сложноорганизованными диссипативными системами.

В такой системе развитие идет по нелинейным законам, приводящим к многовариантности путей выбора. Неравновесные, открытые нелинейные системы постоянно создают и поддерживают неоднородность в среде. Между средой и системой создаются отношения положительной обратной связи, которые еще более усиливают отклонения системы от равновесия.

Диссипативные динамические микроструктуры (связи) являются прообразами будущих состояний системы, так называемых фракталов. Большинство фракталов разрушается, полностью так и не сформировавшись. В точке бифуркации (точке ветвления) идет отбор фрактальных образований. Выживает образование, наиболее приспособленное к условиям окружающей среды.

В результате формируются параметры порядка, т.е. устойчивого динамического состояния. В этом состоянии система может находиться до тех пор, пока в силу каких-либо причин, а также случайных флуктуаций она вновь не придет в неустойчивое состояние. Эти причины связаны с дисгармонией, несоответствием внутреннего состояния открытой системы внешним условиям окружающей ее среды. Система теряет устойчивость, возвращаясь к хаотичному состо-

янию, и у нее вновь появляется множество новых путей развития.

При благоприятных условиях новая структура (фрактал) разрастается и преобразуется в новую макроструктуру - аттрактор (цель). При этом система переходит в новое качественное более высокое организационное состояние и продолжает в новом состоянии движение до следующей точки бифуркации, т.е. до следующего неравновесного фазового перехода.

В точках бифуркации даже маленькое случайное изменение может привести к серьезному возмущению системы. Поэтому самоорганизующимся системам нельзя грубо навязывать определенные пути развития.

Основными задачами исследования кластерных образований, равно как и других социально-экономических систем, с точки зрения синергетики и теории систем, выступают определение и обоснование количественных и качественных показателей этих социально-экономических систем понятийным аппаратом вышеуказанных теорий. Установление таких связей позволяет использовать математический аппарат данных теорий, открывает перспективы в экономике, и особенно в области прогнозирования развития социально-экономических систем.

<sup>1</sup> Садовский В.Н. Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ. М., 1974. С. 9.

<sup>2</sup> Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука. М., 2003.

<sup>3</sup> Малиновский А.А. Тектология. Теория систем. Теоретическая биология. М., 2000.

<sup>4</sup> См.: Садовский В.Н. Указ. соч. С. 77-1069; Юдин Э.Г. Методология науки. Системность. Деятельность. М., 1997.

<sup>5</sup> Блауберг И.В. Проблема целостности и системный подход. М., 1997. С. 240.

<sup>6</sup> Там же. С. 319.

<sup>7</sup> Там же.

<sup>8</sup> Там же.

<sup>9</sup> Там же. С. 320.

<sup>10</sup> Там же.

<sup>11</sup> Там же.

<sup>12</sup> Там же. С. 312.

<sup>13</sup> Там же. С. 321.

<sup>14</sup> Малиновский А.А. Указ. соч. С. 138.

<sup>15</sup> Богданов А.А. Указ. соч.

<sup>16</sup> Малиновский А.А. Указ. соч. С. 139.

<sup>17</sup> Там же.

<sup>18</sup> Там же.

<sup>19</sup> Там же. С. 150.