

## ИННОВАЦИОННАЯ СЛОЖНОСТЬ

*Е.С. Куркина, Е.Н. Князева*

### Методология сетевого анализа социальных структур\*

*Куркина Елена Сергеевна* – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Российская Федерация, 119234, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 52; e-mail: e.kurkuna@rambler.ru

*Князева Елена Николаевна* – доктор философских наук, профессор. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Российская Федерация, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; e-mail: helena\_knyazeva@mail.ru

Сетевое мышление готово вторгнуться во все сферы человеческой деятельности и в большинство областей исследования человека.

*А.-Л. Барабаши*

В статье рассматриваются некоторые нетривиальные свойства сетевых структур в социальных средах, которые выявляются благодаря методологии сетевого анализа. Показывается, в частности, что ныне акцент смещается с изучения социальной сложности на изучение социальных сетевых структур. Эволюционным трендом является переход от иерархий к сетям, а процесс формирования сетевых структур исследуется как феномен сетизации. Процессы быстрого роста сетевых структур и риски их разрушения являются существенно нелинейными. Значительный интерес представляет также феномен малого мира и силы слабых связей в сетевых структурах.

**Ключевые слова:** иерархические структуры, кооперация, нелинейность, сетевое мышление, сетевые структуры, сетизация, сложность, сила слабых связей, феномен малого мира, эволюция

### 1. Сетевой анализ – новый способ междисциплинарного исследования сложности

В настоящее время мы можем наблюдать появление новых направлений в исследовании сложных самоорганизующихся систем. Одно из них – это исследование сетевых структур, сетей в разных областях природной и социальной реальности. Наука о сетях (Network Science), демонстрирующая бум

\* Исследование выполнено в рамках проекта Отделения гуманитарных и общественных наук РФФИ № 15-03-00860 «Методология управления сетевыми структурами в контексте парадигмы сложности».

исследований, по сути, продолжает те междисциплинарные изыскания, которые были связаны с кибернетикой, системным анализом (теорией систем), синергетикой, теорией сложности и нелинейной динамикой. Недаром один из ведущих специалистов в науке о сетях (или теории сетей) А.-Л. Барабаши удачно подметил, что «сети – это скелет сложности» [Barabasi 2014, p. 225]. О буме в развитии науки о сетях говорит огромное количество статей и книг, появляющихся и представляющих результаты исследований сетей в самых разных областях научного знания [Treur 2016; Complex Networks 2016; Knowledge and Networks 2017]. То, что сближает современную науку о сетях с теорией сложности (theory of complexity), обычно называемой в отечественной литературе синергетикой, – это междисциплинарность этого научного направления. О междисциплинарности синергетики и вкладе в ее развитие С.П. Курдюмова, нашего Учителя, мы писали в статье 2009 г. [Князева, Куркина 2009]. Как и сложные самоорганизующиеся системы, сети повсюду. Сетевые структуры можно изучать в сообществах животных (в муравейниках, стаях птиц или рыб, сообществах приматов), в биосфере и экосистемах, в мозге, теле, иммунной системе человека, в кластерах клеток и эмбрионе, а также в социальных системах, таких, как транспортные пути и потоки информации, экономические рынки, биржи, политические движения и партии, общественные организации и ассоциации, научные и культурные сообщества, научные школы и т. д. В то же время надо признать, что в данном случае акцент смещается на системы живой природы, человека и общество, т. е. на те аспекты понимания сложности, которые ранее были связаны со сложными адаптивными системами.

Междисциплинарность предполагает, что строится некая методология исследования сетей (сетевых структур) независимо от конкретной природы сетей. Методология позволяет выявлять и объяснять некоторые необычные, удивительные, нетривиальные свойства сетевых структур и предсказывать пути их эволюции (возникновения, трансформации, распада или инновационного возрождения). Эволюционное мышление, строившееся на основе глобального (или универсального) эволюционизма, перерастало в синергетическое мышление, базировавшееся на понимании возникновения и эволюции сложных самоорганизующихся систем. Сегодня же оно обретает облик сетевого мышления. Сетевое мышление становится эффективным инструментом в самых разных областях человеческой когнитивной, коммуникативной, предпринимательской и управленческой деятельности, поскольку, по выражению Барабаши, «сети по самой своей природе являются фабриками самых сложных систем, а понимание узлов и связей глубоко вселяется во все наши стратегии управления взаимосвязанной вселенной» [Barabasi 2014, p. 222].

Поскольку сети являются в высшей степени сложными системами, концептуальный аппарат, разработанный в теории сложности, неплохо используется при анализе сетевых структур. Сети способны расти очень быстро, что напоминает режим с обострением, внутренним механизмом которого является нелинейная положительная обратная связь. Сетевые структуры являются одной из форм адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды. В сетевых структурах имеет место самоорганизация, проявляющаяся вполне человеческим образом как добровольная кооперация и даже порой синергия. А там, где есть самоорганизация, из хаоса возникает порядок и структуры обретают

эмерджентные свойства. В процессе развития сетевые структуры могут попадать в моменты неустойчивости, так называемые критические точки – точки перелома, или опрокидывания (*tipping points*), когда элементы начинают вести себя необычным образом, но в унисон, что может привести к разрушению или радикальной перестройке сетевой структуры.

## 2. Современный тренд: от иерархии к сетям

Каждая историческая эпоха характеризуется не только уровнем экономического развития, состоянием науки и образования, набором социокультурных ценностей и образцов поведения, но и организационной структурой социальных отношений между различными субъектами в обществе. В истории можно выделить три типа организационных структур: иерархические, рыночные и сетевые.

Иерархические отношения основываются на жесткой вертикали власти, при которой высшие слои общества командуют низшими. В предельном случае низшие слои беспрекословно подчиняются высшим. Это командно-административный способ управления, направленный явно или неявно на обеспечение интересов, в первую очередь, высших слоев и на сохранение их власти.

Противоположными иерархическим являются сетевые структуры, которые образуют субъекты, находящиеся примерно на одном уровне для выполнения общих задач и достижения общей цели. Они ассоциируются с горизонтальными связями и с кооперацией, основанной на добровольном сотрудничестве. В случае чисто рыночных отношений субъекты связаны через среду, через обмен товаров, который происходит на основе свободной конкуренции и заставляет производителей подстраиваться друг под друга, находя свою собственную нишу в рыночной среде. Сетевые структуры отличаются от рыночных тем, что в то время как рыночные структуры строятся на противостоянии акторов, сетевые – на их кооперации и взаимной помощи.

Все три типа организационных структур, принимавшие различные формы, существовали в обществе на протяжении его истории, но их вес и значение с течением исторического времени изменялись. Социобиология позволяет нам установить эволюционные предпосылки возникновения и развития разного типа организационных структур в человеческом обществе, показывая, что аналогичные типы взаимоотношений имели и имеют место в биологических сообществах [Олескин 2012].

С самого начала развитие человеческого общества было связано с созданием новых технологий и, как следствие, с расширением объема своей экологической ниши и увеличением ресурсной базы. Это привело к необычному для биологических популяций гиперболическому закону роста общего числа людей и глобальных экономических показателей, таких, как мировой валовой продукт [Капица 2008; Коротчаев, Малков, Халтурина 2005]. Гиперболический закон роста – это режим с обострением. Он имеет начало, конец и состоит из нескольких стадий. Каждой стадии развития соответствует определенная архитектура социальных и экономических отношений [Куркина, Князева, Куретова 2013]. Использование понятия «режим с обострением» в данном случае является не просто концептуальной добавкой. За этим понятием стоит методология исследования режимов

с обострением, разработанная в ходе осмысления результатов математического моделирования процессов возникновения и эволюции сложных систем в мире. Она позволяет нам определять моменты сингулярности (неустойчивости) в эволюции сложных социальных структур в мировой истории, а также циклические изменения и различные этапы эволюции.

С позиции развития структурных отношений всю историю человечества можно разделить на четыре больших этапа. Эти этапы полностью соответствуют развитию общества в режиме с обострением.

**Сетевые структуры первобытного общества.** Общество древних людей, ответившись в процессе эволюции от обезьяньего сообщества, унаследовало и развило сетевые отношения с частичным лидерством [Олескин 2016]. Общество первобытных людей вышло из сетевой структуры обезьяньего стада высших приматов и сложилось в трудных природных условиях. В условиях высокой смертности выживание рода главным образом зависело от его численности и от совместных усилий на охоте за крупными животными и в защите от различных врагов. Сообща было легче сохранить, вырастить и воспитать общих детей в условиях группового (позднее парного) брака, сообща было легче вести домашнее хозяйство в условиях скудных ресурсов; поэтому каждый член первобытного общества был важен. Это была первая квазистационарная стадия развития режима с обострением до неолита, которую некоторые называют эпохой дикости и варварства. Первобытнообщинный строй был основан на равенстве всех членов, совместном ведении общего хозяйства и совместном принятии решений; вожди обладали лишь ограниченными полномочиями. Женщины и мужчины были равны. Женщина играла огромную роль в ведении общего хозяйства и воспитании детей в условиях сначала группового, а затем парного брака. Это была эпоха матриархата. Но этот строй был обречен.

**Иерархические структуры классовых обществ.** В неолите происходит первая крупная технологическая революция (с математической точки зрения – бифуркация), которая качественно изменяет жизнь человеческого сообщества [Капица 2006]. Человек сначала приручает диких животных, а потом начинает разводить их. Несколько позже он переходит от собирательства к земледелию. Новые технологии впервые в истории человеческого общества приводят к тому, что производители получают намного больше продукции, чем им нужно для собственного потребления. Начинается присвоение излишков отдельными членами общины, возникает частная собственность и, как результат, – имущественное неравенство. Возникают классы. Появляется и новая форма семьи – моногамная семья, в которой наследство передается детям от своего отца. Матриархат уходит в прошлое, а женщина начинает играть подчиненную роль. И венцом этого эволюционного процесса становится образование государств во главе с центральными правителями, защищавшими интересы высших классов. Социально-экономическое устройство общества, начиная с семьи, выстраивается по иерархическому принципу.

В результате неолитической революции начинается эпоха ускоренного роста. Развитие начинает происходить заметно быстрее, углубляется разделение труда, увеличивается его производительность, возникает обмен продукцией, появляются деньги, формируется и развивается купечество. Неравенство в обществе усиливается.

По иерархическому принципу, в основе которого лежало неравенство и угнетение членов, стоящих на низших уровнях иерархии, выстроились все общественные организации: семья, государство, управленческие администрации разного уровня, армия. Иерархическое устройство государства, подкрепленное соответствующей идеологией, было очень устойчивым и на определенном историческом этапе обеспечило дальнейшее развитие общества. В частности, только жесткая иерархия могла организовать большие общественные работы (ирригационные, строительные, земледельческие), в которых участвовали десятки и сотни тысяч человек, и умела эффективно защищаться от врагов. В начале этого этапа формируются рабовладельческие государства, а в конце – феодальные. Но элементы первобытнообщинного строя полностью не исчезают, хотя их роль становится незначительной. Сетевые организации наподобие первобытнообщинных долго сохранялись в обществе, встречаются они и в наши дни в виде патриархальной семьи у староверов в США и России, в деревенских общинах туземцев и папуасов.

Резкое увеличение плотности населения в неолите привело племена к стремлению закрепить за собой удобные пастбища для скота и плодородные земли, т. е. к оседлому образу жизни. Усилилась конкуренция между племенами за благоприятные области проживания, и главной угрозой существования стала не природа, а человек – сосед по территории. Со временем новые технологии стали источником хороших урожаев и излишков продуктов, и, как следствие, привели к разделению труда и классам. Стало возможным содержать профессиональных воинов для охраны территории. Воины стали использоваться правителями для поддержания своей власти. Общество раскололось на классы. Важнейший переход от охоты и собирательства к земледелию и скотоводству начался в предгорьях, а затем на равнинах в долинах рек. Освоение местности вдоль равнинных рек началось на рубеже 4–3 тысячелетий до н.э. в жарком тропическом климате. Опустынивание заставило людей собираться в союзы, которые, усиливаясь, смогли организовать первые государства с правителями во главе. Государственная иерархия возникла в связи с потребностью организовать большие общественные работы (как правило, водоустроительные), в которых должно было участвовать огромное количество людей (Шумер, Египет, Индия, Китай, террасное земледелие в центральной Америке). Так, в Древнем Египте источником жизни являлся Нил (Египет – дар Нила), и коллективное ирригационное земледелие создало условия для последовательной централизации власти. Возведение дворцов и строительство пирамид также можно было организовать только при жестком вертикальном управлении. Таким образом, первоначально иерархия имела хозяйственное назначение и лишь позднее приобрела другие функции. В Древнем Египте государственная организация имела типичную форму пирамиды и состояла из шести основных этажей: жрецы во главе с фараоном, высшие вельможи, чиновники, стражи, земледельцы (общинники), рабы.

Тесная связь ранга в иерархии с богатством стимулировала стяжательство и узаконивала аморальные принципы обогащения. Добро, созданное общими усилиями, концентрировалось в руках немногих богатейших людей. Страсть к наживе и необходимость обслуживания огромных богатств (земель и многочисленных стад животных) требовали все больше и больше рабского тру-

да. Войны стали вестись за захват чужих территорий, присвоение чужих богатств и взятие в плен людей, которые становились рабами. Огромные массы производителей (рабов, а позднее крестьян) влачили жалкое существование. К расслоению общества по классам добавилось его расслоение по территориальному признаку. Усиление территориальных диспропорций, отставание периферии от центра (колоний от метрополий) порождало бунты и восстания. Границы государств перекраивались: то увеличивались, то сокращались. Жесткое центральное управление то ослаблялось, то снова усиливалось, в противофазе с провинцией, которая то догоняла центр, осваивая технологические и социальные новшества, то снова отставала в соответствии с циклическим характером экономического развития.

Существенную роль в иерархической государственной структуре играла идеология, которая, с одной стороны, восхваляла и обожествляла верховную власть, а с другой – культивировала идеи смирения и повиновения, заставляя низшие слои трудиться во благо высших. Поэтому носители идеологии (жрецы, духовенство) всегда относились к высшим слоям общества.

Необходимость защиты своей территории с ограниченным ресурсом от врагов и боязнь быть убитым или попасть в рабство также способствовали укреплению государственной власти. Внешние угрозы, как правило, ведут к сплочению нации. Иерархические государства были довольно устойчивыми в определенных условиях. Так, Древний Египет просуществовал три тысячелетия!

Итак, иерархическая организация – это структура с вертикальной формой управления, представляющая собой пирамиду в классическом варианте. Социальная иерархическая структура основана на централизованном управлении и жестких вертикальных связях, приказы в которой спускаются сверху вниз поэтапно от «верховного» руководителя к руководителям следующих этажей иерархической лестницы. Иерархическая структура может включать в себя два, три и более уровней. Самыми большими по размеру иерархическими организациями являются государственные структуры, осуществляющие контроль над сообществами на нижележащих уровнях. Системы управления крупными предприятиями и организациями часто образованы по иерархическому принципу, который позволяет выполнять параллельно различные операции, работать с отдельными информационными массивами.

Иерархии – это наше биологическое наследие, которое не ушло в прошлое. По иерархическому принципу построены многие биологические сообщества, например, стаи, во главе которых стоит  $\alpha$ -самец, и биологические организмы (центральная нервная система с главным управляющим органом – мозгом). Чем выше находится вид на эволюционной лестнице, тем сложнее его иерархическая организованность. Иерархические структуры широко распространены не только в биологических и социальных системах, они характерны и для технических систем: например, систем связи, систем обработки данных, файловых систем и др.

**Рыночные структуры: их возникновение и развитие.** Обмен товарами возник еще в каменном веке: менялись кремневые орудия, наконечники стрел, скребки и др. Но полноценный рынок возник и пронизал все общество (производителей и покупателей) в эпоху раннего капитализма.

В индустриальную эпоху с ростом динамизма, неопределенности и конкуренции иерархические структуры оказались неэффективными. В условиях избытка ресурсов и товаров на первый план вышли рыночные структуры, которые являются противоположностью иерархичным в плане организации. Рыночные структуры не имеют единого центра управления и не могут каким-то существенным образом повлиять на функционирование всей системы.

Продавая товары на рынке, производители стараются сделать их лучше по качеству и ниже по цене. Еще А. Смит подробно описал, как в условиях свободного рынка конкуренция приводит к общественному прогрессу. Она способствует углублению разделения труда, специализации и распространению товаров. А. Смит утверждал, что капиталистическая экономика не нуждается в управлении, рынком руководит «невидимая рука». Что, где, когда и сколько производить или купить – никто лучше не ведает и не знает, кроме самих производителей и покупателей. Преследуя при этом свои собственные цели и выгоду, они двигают все общество по направлению к прогрессу и всеобщему изобилию. Б. МанDEVиль в «Басне о пчелах» усмотрел парадокс в соотношении личных корыстных стремлений и общественных выгод. «Личные пороки есть общественные добродетели» [МанDEVиль 1974] – так он сформулировал суть своего видения. Рассмотрев человеческое общество по образной аналогии с пчелиным ульем, он убедительно показал, что общественный прогресс стимулируется, питается своеволием и эгоизмом индивидов, корыстностью их интересов. Если же все члены такой общности вдруг станут совершенно добродетельными, то общественная организация, согласно Б. МанDEVиллю, придет к запустению, упадку, а прогресс остановится.

Хотя классический капитализм А. Смита и привел к ускоренному развитию цивилизации, он явился причиной сильнейшего расслоения общества, породил перепроизводство и экономические кризисы. В рыночном обществе идет перераспределение денег в пользу богатых и успешных, и концентрация капитала возрастает. Причем процессы усиления концентрации капитала идут на всех уровнях социальной жизни: на уровне отдельных производителей, на уровне отдельных фирм и предприятий, на уровне отраслей и т. д., на уровне городов, районов и стран. Стало ясно, что, несмотря на попытки государственного регулирования рыночной экономики, бескризисное развитие невозможно.

Хотя рыночные механизмы известны давно, по мере развития человечества их набор менялся. Сами механизмы усложнялись и постепенно переплетались с мерами государственного регулирования. Мировой опыт показывает, что рыночные отношения в их чистом виде способны порождать и углублять материальные и территориальные диспропорции. Со второй половины XX в. на Западе методы государственного регулирования успешно применяются для обеспечения стабильной и развитой рыночной среды.

Рыночные принципы и рычаги подразумевают наличие и равноправие всех форм собственности, включая частную, государственную, муниципальную и наличие материальных стимулов – соблюдение принципа свободы выбора и критерия «выгодно – не выгодно». Помимо этого, рыночные отношения прямо увязываются с понятием прибыли и ее ведущих составляющих: цен, объемов производства и затрат. Если эти прописные истины очевидны в отношении фирм и отдельных граждан, то при переходе к более общим системам, како-

выми являются муниципальные образования, субъекты федерации, федеративные округа и страна в целом, применение рыночных механизмов становится неоднозначным.

Рыночные механизмы гораздо лучше снимают проблемы оперативного свойства, несколько хуже проявляют себя при урегулировании проблем, имеющих среднесрочный характер, и редко бывают эффективными при решении вопросов долгосрочного, стратегического характера. Большая часть проблем региональной политики и пространственного развития носит долгосрочный характер, требует последовательных, целенаправленных и скоординированных усилий в течение 15–20 и более лет. Это еще один аргумент в пользу государственного присутствия в данной сфере [Климов 2006, с. 288].

В истории существовали две крайних точки зрения на механизмы развития общества. Первая: прямое и жесткое государственное управление способно действенно и с пользой для общества и страны регулировать процессы развития. Вторая: свободный рынок способен естественно и эффективно разрешить любую ситуацию и обеспечить наилучшее решение любой экономической проблемы, как на уровне всей страны, так и в отношении региона. Необходимо осознавать, что резкий рост экономической эффективности может быть сопряжен с ростом расслоения общества, территориальных диспропорций, политических издержек. В то же время более эффективное решение социальных и политических проблем часто приводит к снижению прямой экономической эффективности предпринимаемых мер и реализуемых проектов.

Концепция свободного рынка была подвергнута серьезной критике в период великой депрессии 1929–1933 гг., что привело к появлению кейнсианской экономической теории. Однако спустя почти 50 лет, с приходом к власти Р. Рейгана и М. Тэтчер, эта концепция снова стала господствующей в мировой экономике. Изменения обменных курсов, процентных ставок и курсов акций в различных странах стали тесным образом взаимосвязанными, а движение капитала свободным [Сорос 1999]. Такая глобальная система рынка способствует перекачке денег из развивающихся стран в страны с развитой экономикой, особенно в США, обеспечивающих весь мир своей валютой. Набрав кредитов и связав себя обязательствами по либерализации экономики, слабые страны попадают в экономическую и, как следствие, в политическую зависимость к странам, составляющим ядро МВФ и других международных финансовых организаций, из которой им, скорее всего, никогда не выбраться. Экономическое развитие требует накопления капитала, что легче осуществить при низких зарплатах и высоком уровне сбережений. Этому способствует авторитарный (а не либеральный) управленческий режим, обладающий рычагами управления волей граждан. Складывающаяся таким образом общественная система с неизбежностью ведет к кризисам и дальнейшему расслоению общества.

**Эра сетевых структур.** Современное общественное устройство представляет собой сложную организацию, состоящую из множества социальных, культурных и экономических структур, организованных по сетевому, рыночному и иерархическому принципам. Причем каждый человек как субъект социальной деятельности может одновременно являться членом нескольких структурных образований. Процессы самоорганизации, которые идут внутри социальных сред, ведут к развитию сетевых структур, основанных на сотруд-



ничестве элементов. Рыночные отношения выкованы самим историческим временем, поскольку конкуренция – это стимул к развитию и способ адаптации к изменяющимся условиям рынка. Иерархии – о чем свидетельствует и исторический опыт, на который мы указывали выше, – были необходимы для эффективного административного управления, для обеспечения слаженной работы больших коллективов. Самые успешные компании, такие, например, как Apple, изначально были построены на крайне жестком командном управлении, в них не было никакой демократии.

Во второй половине XX в. начался качественно новый этап развития мирового общественного производства – переход от индустриальной экономики к постиндустриальной – информационной фазе развития, основанной на широком и повсеместном внедрении информационных технологий во все сферы жизни человека, когда большая часть мирового ВВП создается в области услуг (более 70 %), деньги становятся ценностью сами по себе и, свободно преодолевая границы, перетекают из страны в страну. Именно на этом историческом этапе начинает происходить демографический переход в развивающихся странах, а в развитых странах численность населения уже стабилизируется, и ценность человеческой жизни многократно возрастает. Эти феномены являются плодами научно-технической революции и тесно связаны с процессами глобализации, плотно завязывающими в единый узел противоречивую систему человечества. Эти процессы идут на фоне бешеных темпов развития мирового сообщества, когда сознание человека не успевает адаптироваться и воспринимать новшества. В сфере производства происходит бифуркация, с неизбежностью сопровождаемая структурными и управленческими преобразованиями, суть которых состоит в сетизации, когда различные организации начинают строиться по сетевому принципу.

Под сетью понимается комплекс узлов, связанных информационными, транспортными, финансовыми, товарными и другими потоками. Узлом может быть человек или какой-либо социальный субъект, принимающий, накапливающий, перерабатывающий и создающий новую информацию. Узлом сети может быть группа, ячейка, лаборатория, фирма, предприятие, организация, государство и др. Сетевые структуры объединяют равных субъектов с целью кооперации для достижения общей цели. Если и есть лидерство в сетевых структурах, то только частичное.

Сети опираются на новые коммуникационные и компьютерные технологии, позволяющие с огромной скоростью распространять и перерабатывать информацию, коренным образом изменяя традиционные институты, организации и практики современного общества. Технологическая инфраструктура сетей создала качественно новое пространство для дальнейшего развития человеческого общества, еще более значимое, чем в свое время железные дороги. Современное общество строится вокруг потоков информации, финансового капитала, организационного взаимодействия; сети определяют морфологию и структуру взаимодействий в обществе.

Многие ученые, изучающие феномен широкого распространения сетей, пронизывающих современное информационное общество и создающих его структуру, назвали произошедшие изменения сетевой революцией. Последняя происходит повсеместно, затрагивая все сферы жизни человеческого обще-

ства: экономическую, социальную, политическую, военную, культурную и др. М. Кастельс ввел термин «сетевое общество» (*network society*) и доказал, что его возникновение связано с технологической революцией и информационной (постиндустриальной) фазой развития. Он писал: «В условиях информационной эры историческая тенденция приводит к тому, что доминирующие функции и процессы все больше оказываются организованными по принципу сетей. Именно сети составляют новую социальную морфологию наших обществ, а распространение “сетевой” логики в значительной мере сказывается на ходе и результатах процессов, связанных с производством, повседневной жизнью, культурой и властью» [Кастельс 1999].

Существенным свойством сетевой организации является то, что каждый узел может быть уникальным и реализовывать свое индивидуальное начало. В этом кроется ее коренное отличие от иерархической структуры, в которой выполнение строго определенных функций исключает индивидуальный подход и определяет характер предприятия в целом. В предприятии, организованном по сетевому принципу, трудовые процессы обретают все более индивидуализированный характер, что позволяет говорить о новом разделении труда, основанном на раскрытии способностей каждого работника. Ярким примером такого разделения труда может служить сетевая организация по типу ХИРАМА (HIRAMA, сокращение от High Intensity Research and Management Association) [Олескин 2016], нацеленная на решение междисциплинарных задач, где каждый участник важен и уникален: он, являясь специалистом и экспертом в своей области, интегрируется с другими специалистами в других областях. В результате возникает синергетический эффект решения сложной многосторонней проблемы совместными усилиями. Сетевые предприятия разного уровня – от фирм, состоящих из нескольких человек, до корпораций и глобальных альянсов – во главу ставят цель проекта и на временной договорной основе связывают деятельность самых разнообразных субъектов по горизонтали.

### 3. Нетривиальные свойства сетевых структур

Наука преподносит нам сюрпризы. Еще Аристотель говорил, что люди от природы стремятся к знаниям. Лучше знать, чем не знать, а еще лучше понять необычное, нетривиальное, удивительное. Именно такие удивительные, совершенно неочевидные свойства сетевых структур открывает нам современная наука о сетях.

**Степенной закон: нелинейность правит миром.** Наиболее значительные результаты в изучении сетевых структур недавно были получены в теоретической физике. В частности, в 1999 г. появилась теория безмасштабных сетей (*scale-free networks*), сформулированная А.-Л. Барабаши. Безмасштабные сети – это граф, где распределение числа связей вершин описывается степенным, а не экспоненциальным (как в пуассоновских сетях) законом, кроме того, объекты, распределенные по степенному закону, нередко устроены иерархически, а основные свойства сети не зависят от размера сети. Название не было придумано специально для этого типа сетей, а было взято из теории критических явлений, где флуктуации в критических состояниях также подчиняются

степенному закону, а саму теорию безмасштабных сетей стали рассматривать как один из сценариев выхода сложных систем в критическое состояние. Исследования показали, что большинство сетей в живой и неживой природе (информационные, экологические, генные, функциональные связи в мозге человека, метаболические, социальные, технологические, словарные, документы Интернета и др.) хорошо моделируются безмасштабными графами.

Открытие того, что сложные сети строятся по степенному закону, приводит к пониманию, что нелинейность – очень важная характеристика мира сложных структур. Нелинейность фактически правит миром. Мир сложных структур – это не мир «среднячков», которые распределяются по колоколообразной кривой Максвелла. Это мир немногочисленных хабов, далеко вырвавшихся вперед, имеющих огромное число связей и поэтому другие элементы сети предпочитают соединяться с ними, и мир массы других узлов, которые имеют весьма незначительное количество связей. Социальный мир описывается не законом Дж. Максвелла, а законом В. Парето, первоначально итальянского инженера-железнодорожника, затем ученого-экономиста, открывшего закон 80/20. 20 % населения страны владеют 80 % ее богатств. Или иначе 80 % прибыли производят 20 % рабочих.

Рост сетевых структур имеет нелинейный характер, нелинеен и ход процесса обрастания связями крупных узлов сети – хабов. Барабаша показывает это на примере Голливуда. Первый бум произошел в 1908–1914 гг., когда каждый год число известных, узнаваемых, продаваемых актеров увеличивалось с 50 до 2000. Второй период бума – это 1980-е гг. Он дает возможность понять всю историю Голливуда, которая начиналась с едва заметного кластера молчащих актеров и разрослась до гигантской сети с полумиллионом узлов [Barabasi 2014, p. 82]. И здесь важно не только количество, но и качество. Узлы расслаиваются по своему весу (значимости) в социальных средах. Изменение качества узлов сетевой структуры, возникновение хабов и увеличение их значимости – это глубоко нелинейный процесс: крупные хабы очень быстро становятся еще крупнее, и установление связи с ними становится все более желанно, предпочтительно, но вместе с тем и трудно, богатые делают еще богаче, слава уже прославившихся возрастает немислимо быстрыми темпами, вырвавшиеся далеко вперед деятели науки и культуры все более возвышаются над внимающей им публикой.

Жестокое соревнование между узлами за установление большего количества связей в сетях, остающихся безмасштабными, приводит к тому, что приспособившиеся, нашедшие свою когнитивную, рыночную, социальную нишу, становятся богатыми (**fit-get-rich behavior**), и в результате самые приспособившиеся узлы неизбежно быстро растут, становясь самыми большими хабами. Если же такой рост переходит определенный порог, и самые приспособившийся узел захватывает все связи, то сеть перестает быть безмасштабной [Barabasi 2014, p. 103].

**Агентно-центрированный анализ.** Агентное моделирование (agent-based model) – метод имитационного моделирования, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как такое поведение определяет поведение всей системы в целом. В отличие от системной динамики, аналитик определяет поведение агентов на индивидуальном уровне, а глобальное поведение возни-

кает как результат деятельности множества агентов (моделирование «снизу вверх») (**bottom-up**). **Изучение поведения элементов сети на микроуровне, между ближайшими соседями может помочь понять макрокартину и макротренды на уровне целостной сложной разветвленной сети.**

Агентное моделирование включает в себя клеточные автоматы, элементы теории игр, сложных систем, мультиагентных систем и эволюционного программирования, методы Монте-Карло, и использует случайные числа.

Основная идея, лежащая в основе агентно-ориентированных моделей (АОМ), заключается в построении «вычислительного инструмента» (представляющего собой набор агентов с определенным набором свойств), позволяющего проводить симуляции реальных явлений. Конечная цель процесса по созданию АОМ – отследить влияние флуктуаций агентов, действующих на микроуровне, на показатели макроуровня.

Использование АОМ для социальных систем взяло свое начало в работе программиста К. Рейнолдса, когда он предпринял попытку моделирования деятельности живых биологических агентов (модель «Искусственная жизнь»).

Хороший пример использования агентного моделирования – потребительский рынок. В очень динамичной, конкурентной и сложной среде рынка выбор покупателя часто зависит от его индивидуальных особенностей, врожденной активности, сети контактов, а также внешних влияний, которые лучше всего описываются с помощью агентного моделирования.

Другой стандартный пример – это эпидемиология. Здесь агенты – это люди, которые могут приобрести иммунитет, но быть носителями инфекции, переболевшими или не восприимчивыми к болезни. Агентное моделирование позволяет спроецировать в мир моделей социальные сети, разнородные контакты между людьми и в итоге получить объективные прогнозы распространения инфекции.

Однако не следует думать, что агентное моделирование применимо только для решения задач коммуникативного характера. Задачи, связанные с логистикой, производством, цепями поставок или бизнес-процессами, также решаются с помощью агентного моделирования. Например, поведение сложной машины может быть эффективно смоделировано отдельным объектом (агентом) с картами состояний, описывающими систему ее таймеров, внутренних состояний, разного рода реакций в различных ситуациях и т. д. Подобная модель может быть необходима для воссоздания технологических процессов на производстве. Участники цепочки поставок (компании-производители, оптовые торговцы, розничные продавцы) могут быть представлены как агенты с индивидуальными целями и правилами. Агенты могут также быть проектами или продуктами в пределах одной компании, при этом обладать собственной динамикой и внутренними состояниями, конкурировать за ресурсы компании.

**Сила слабых связей.** В 1970-х гг. американский социолог М. Грановеттер [Грановеттер 2009] обнаружил, что внутри социальных сетей слабые связи (например, наши соседи, знакомые, знакомые знакомых, формальные контакты на работе) имеют большее значение, чем сильные (к примеру, наши родственники и друзья). Объясняется это тем, что информация быстрее и шире распространяется именно посредством слабых связей. По его мнению, слабые связи совершенно необходимы для расширения возможностей взаимодействия

пользователей и для их взаимодействия с сообществом, тогда как в результате сильных связей образуется локальная связь. Именно слабые связи могут принести новое, а сильные локальные связи в основном рутинны. На примере трудоустройства он показал, что с точки зрения поиска работы и прочих нужд в жизни связи с людьми, которых мы не очень хорошо знаем, более полезны. Это связано с тем, что через сильные связи люди делятся ограниченным объемом информационных данных или ресурсов, т. е. сильные связи информационно избыточны, а следовательно, они гораздо менее действенны для решения жизненно важных проблем. Немногие отдаленные и плохо поддерживаемые связи узкой группы людей обеспечивают связь этой достаточно замкнутой группы с остальным миром, а значит, открывают новые возможности.

**Критические точки и пороговость при разрушении.** Если прежде в теории сложности наибольшее внимание привлекали сложные адаптивные системы, то сейчас в перспективе сетевого анализа и его методологии наиболее интересны для изучения адаптивные сети. В широком смысле адаптивная сеть – это связанная сеть с *гибкой* инфраструктурой, которая способствует повышению безопасности и производительности, уменьшая при этом сложность инфраструктуры. Помимо этого, адаптивная сеть должна быть в виде открытой инфраструктуры, в которую при необходимости легко вносить изменения, а также интегрировать с новыми элементами системы, без необходимости переобучения специалистов. Методологии управления нацелены на то, чтобы повысить устойчивость (*robustness*) сети.

Несмотря на стремление к повышению организационной устойчивости, в сетях происходят также *фазовые переходы*. Переход через некий *порог* означает кризис всей системы (прохождение *момента опрокидывания*). Тогда все узлы сетевой структуры претерпевают фазовый переход и начинают функционировать как единое целое, все узлы начинают двигаться в унисон. Простейшим примером может служить закипание воды: кипение начинается с образования отдельных пузырьков, прохождение порога (момента опрокидывания) означает переход к интенсивному испарению жидкости снаружи и изнутри. Это и есть бурное кипение. Сам факт существования пороговых значений и изменение характера функционирования при переходе через них представляет собой еще одно проявление *нелинейности* функционирования, свойственной сетям как сложным адаптивным структурам.

**Феномен малого мира.** Известны эксперименты С. Милгрэма, в которых был продемонстрирован эффект малого мира (**small world phenomenon**), соответствующего обыденному пониманию того, что мир тесен. Каждый из нас имеет гораздо больше друзей, чем необходимо для того, чтобы чувствовать себя связанным с миром. Критическим и уже достаточным числом является шесть связей – тогда наш малый мир уже полностью встроен в густо пересеченную социальную сеть. Эксперименты С. Милгрэма показали, что достаточно порядка шести достаточно коротких шагов, чтобы информация распространялась. Феномен малого мира имеет очевидные применения для управления динамикой процессов, протекающих в социальных сетях.

Таким образом, одна из основных тенденций в сфере коммуникации, экономики и менеджмента XXI в. – это развитие сетевых форм организации. Усиление горизонтальных связей, основанных на добровольном сотрудничестве и кооперации, расширяет спектр отношений в обществе и усиливает действие внеэкономических факторов конкурентоспособности организаций. В теории сложных систем современное сетевое общество и особенно широкие социальные сети демонстрируют новую системную общность. Узлы сети могут исчезать или долго не проявляться в информационном поле. Современные сети – это открытые структуры: они могут легко достраиваться и разрастаться в случайных направлениях, охватывая большие пространства, или наоборот сжиматься. Мы только начинаем строить некоторые модели для понимания структуры сетей реального мира, и многие наши знания о сетях пока фрагментарны. Вместе с тем уже сейчас очевидно, что сетевой анализ является междисциплинарным по своей природе и способен снабдить нас методологическими инструментами, чтобы строить социальный мир не посредством противостояния и конфликтов, а силой групповых отношений и кооперации.

### Список литературы

- Грановеттер 2009 – *Грановеттер М.* Сила слабых связей // Эконом. социология. 2009. Т. 10. № 4. С. 31–50.
- Капица 2006 – *Капица С.П.* Демографическая революция, глобальная безопасность и будущее человечества // Будущее России в зеркале синергетики. М.: КомКнига, 2006. С. 238–254.
- Капица 2008 – *Капица С.П.* Очерки теории роста человечества. Демографическая революция и информационное общество. М.: ЗАО ММВБ, 2008. 71 с.
- Кастельс 1999 – *Кастельс М.* Становление общества сетевых структур // Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / Под ред. В.Л. Иноземцева. М.: Academia, 1999. С. 494–505.
- Князева, Куркина 2009 – *Князева Е.Н., Куркина Е.С.* Мыслитель эпохи междисциплинарности // Вопр. философии. 2009. № 9. С. 116–131.
- Климов 2006 – *Климов А.А.* Пространственное развитие и проблемные траектории: Социально-экономические аспекты. М.: КомКнига, 2006. 284 с.
- Коротаев, Малков, Халтурина 2005 – *Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А.* Законы истории. Математическое моделирование исторических макропроцессов. Демография, экономика, войны. М.: КомКнига, 2005. 344 с.
- Куркина, Князева, Куретова 2013 – *Куркина Е.С., Князева Е.Н., Куретова Е.Д.* Циклическая динамика развития Мир-Системы // Сложные системы. 2013. № 3(8). С. 4–50.
- Мандевиль 1974 – *Мандевиль Б.* Басня о пчелах. М.: Мысль, 1974. С. 52–63.
- Олескин 2012 – *Олескин А.В.* Сетевые структуры в биосистемах и человеческом социуме. Научная монография и учебное пособие для лицеев, колледжей и университетов. М.: URSS, 2012. 301 с.
- Олескин 2016 – *Олескин А.В.* Сетевое общество: Необходимость и возможные стратегии построения. Сетевая (ретикулярная) социально-экономическая формация: квазисоциалистические принципы и меритократия. М.: ЛЕНАНД, 2016. 194 с.

Сорос 1999 – *Сорос Дж.* Кризис мирового капитализма. Открытое общество в опасности. М.: ИНФРА-М, 1999. 262 с.

Barabasi 2012 – *Barabasi A.-L.* The Network Takeover // *Nature Physics*. 2012. Vol. 8. P. 14–16.

Barabasi 2014 – *Barabasi A.-L.* *Linked. How Everything Is Connected to everything else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life.* New York: Basic Books, 2014. 304 p.

Complex Networks 2016 – *Complex Networks and Dynamics. Social and Economic Interactions.* Switzerland: Springer, 2016. 359 p.

Knowledge and Networks 2017 – *Knowledge and Networks / Ed. by J. Glückler, E. Lazega, I. Hammer.* Cham: Springer, 2017. 386 p.

Treur J. 2016 – *Treur J.* *Network-Oriented Modeling Addressing Complexity of Cognitive, Affective and Social Interactions.* Cham: Springer, 2016. 499 p.

## The methodology of the network analysis of social structures

*Elena Kurkina*

DSc in Physics and Mathematics, Leading Research Fellow. Lomonosov Moscow State University. 1 Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russian Federation; e-mail: e.kurkuna@rambler.ru

*Helena Knyazeva*

DSc in Philosophy, Professor. National Research University “Higher School of Economics”. 20 Myasnitskaya Str., Moscow, 101000, Russian Federation; e-mail: helena\_knyazeva@mail.ru

Some non-trivial properties of network structures in social media, which are revealed on the basis of the methodology of network analysis, are considered in the article. It is shown, in particular, that nowadays the emphasis shifts from the study of social complexity to the study of social network structures. The evolutionary trend is the transition from hierarchies to networks, and the process of forming network structures is explored as a phenomenon of networkization. The processes of rapid growth of network structures and the risks of their destruction are essentially non-linear. Of great interest are also the small-world phenomenon and the strength of weak links in network structures.

**Keywords:** hierarchical structures, cooperation, nonlinearity, network thinking, network structures, networks formation, complexity, strength of weak links, phenomenon of small world

## References

Barabasi, A.-L. *Linked. How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life.* New York: Basic Books, 2014. 304 pp.

Barabasi, A.-L. “The Network Takeover”, *Nature Physics*, 2012, vol. 8, pp. 14–16.

Castells, M. “Stanovlenie obschestva setevyih struktur” [Society formation of network structures], *Novaya postindustrialnaya volna na Zapade.* Antologiya [The new postindustrial wave in the West. Anthology], ed. by V.L. Inozemtseva. Moscow: Academia Publ., 1999, pp. 494–505. (In Russian)

*Complex Networks and Dynamics. Social and Economic Interactions.* Switzerland: Springer, 2016. 359 pp.

Granovetter, M. “Sila slabyih svyazey” [Strength of weak links], *Ekonomicheskaya sotsiologiya*, 2009, vol. 10, no. 4, pp. 31–50. (In Russian)

Kapitza, S. P. “Demograficheskaya revolyutsiya, globalnaya bezopasnost i budushee chelovechestva” [Demographic revolution, global security and the future of mankind], *Budushee Rossii v zerkale sinergetiki* [The future of Russia in the mirror of synergetics]. Moscow: KomKniga Publ., 2006, pp. 238–254. (In Russian)

Kapitza, S. P. *Ocherki teorii rosta chelovechestva. Demograficheskaya revolyutsiya i informatsionnoe obschestvo* [Essays on the theory of the growth of mankind. Demographic revolution and information society]. Moscow: ZAO MMVB Publ., 2008. 71 pp. (In Russian)

Klimov, A. A. *Prostranstvennoe razvitie i problemnyie traektorii: Sotsialno-ekonomicheskie aspekty* [Spatial development and problem trajectories: the Socio-economic aspects]. Moscow: KomKniga Publ., 2006. 206 pp. (In Russian)

Glückler, J., Lazega, E., Hammer, I. (eds). *Knowledge and Networks*. Cham: Springer, 2017. 386 pp.

Knyazeva, H. N., Kurkina, E. S. “Myislitel epohi mezhdistsiplinarnosti” [The thinkers in the age of interdisciplinarity], *Voprosyi filosofii*, 2009, no. 9, pp. 116–131. (In Russian)

Korotaev, A. V., Malkov, A. S., Khalturina, D. A. *Zakonyi istorii. Matematicheskoe modelirovanie istoricheskikh makroprotsessov. Demografiya, ekonomika, voynyi* [The laws of history. Mathematical modeling of historical macro-processes. Demography, economy, war]. Moscow: KomKniga Publ., 2005. 344 pp. (In Russian)

Kurkina, Y. S., Knyazeva, E. N., Kuretova, E. D. “Tsiklicheskaya dinamika razvitiya Mir-Sistemyi” [Cyclical dynamics of the development of the World-System], *Slozhnyie sistemyi*, 2013, no. 3(8), pp. 4–50. (In Russian)

Mandeville, B. *Basnya o pchelah* [The fable of the bees]. Moscow: Myisl Publ., 1974, pp. 52–63. (In Russian)

Oleskin, A. V. *Setevyie strukturyi v biosistemah i chelovecheskom sotsiume. Nauchnaya monografiya i uchebnoe posobie dlya litseev, kolledzhey i universitetov* [Network structures in biological systems and human society. Scientific monograph and a textbook for high schools, colleges and universities]. Moscow: URSS Publ., 2012. 301 pp. (In Russian)

Oleskin, A. V. *Setevoe obschestvo: Neobhodimost i vozmozhnyie strategii postroeniya. Setevaya (retikulyarnaya) sotsialno-ekonomicheskaya formatsiya: kvazisotsialisticheskie printsipy i meritokratiya* [The network society: the Need and possible strategies of building. Network (reticular) socio-economic system: quasisolutions principles and meritocracy]. Moscow: LENAND Publ., 2016. 194 pp. (In Russian)

Soros, G. *Krizis mirovogo kapitalizma. Otkryitoe obschestvo v opasnosti* [The Crisis of Global Capitalism: Open Society Endangered]. Moscow: INFRA-M Publ., 1999. 262 pp. (In Russian)

Treur, J. *Network-Oriented Modeling Addressing Complexity of Cognitive, Affective and Social Interactions*. Cham: Springer, 2016. 499 pp.