

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА И АНАЛИЗА СЛОЖНОСТИ МОДЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Андрей Борзых

Курский институт социального образования Российского государственного социального университета,
ул. К. Маркса, 55, Курск, 305000, Россия, тел.: +7-(4712) 58-4663, E-mail: inclub@kursknet.ru

Аннотация

Рассматривается вопрос о применимости принципов рациональности к теоретическому анализу социальных действий. С позиций потребностей и интересов современной науки здесь выделены: 1) исследование развивающихся систем - изучение очертаний новой социальной структуры, происходящих с невиданной ранее быстротой, а также 2) логика моделирования, в связи с усложнением классификаций как приемов описания знаний. Модели объяснения, используемые в гуманитарной сфере, оперируют такими понятиями как структура и действие, система и т.д. Но, в развивающихся сферах новой гуманитарной информатики с ее строгими информационными и математическими методами, они требуют более жесткой формализации, и проверки модельной картины на полноту, непротиворечивость и т.п. Для перехода от дискурса к логике необходима оценка соотношения постоянно развивающихся эмпирического и теоретического знания, особенностей измерения и интерпретации переменных и пространства признаков, а также оценки сложности и разрешимости выдвигаемых когнитивных моделей.

В работе демонстрируется методология анализа сложности сетей для оценки возможности или невозможности построения параметрических моделей с нужными свойствами. Единый классификатор представим как граф, матрица или карта признаков. Доказаны ограничивающие теоремы о возможности построения простых карт и графов признаков.

Суть проблем характеризуется четырьмя разноплановыми вводными примерами: классификации наук, набору стратегий и моделям личности. Как важный прикладной пример изучены свойства стадийных моделей социально-экономической динамики, основанных на синергетических представлениях. В результате предложен наглядный вариант систематизированного изучения путей развития и стратегий в теоретическом менеджменте и в оценке управленческого решения в организационных проектах, в том числе в прогнозе развития сетевых сред. Дан также когнитивный анализ возможного пространства параметров современной классификации экономических систем, как области моделирования. Подробно рассмотрены также два примера психологической и социологической типологии: в одном - в итоге дан вариант создания поля признаков модели, а во втором - оценена сложность концептуальной модели.

Участникам развития той комплексной среды, которую мы коротко называем «Интернет» давно понятно, что человечество соприкоснулось с новым миром, который уже развивается сам по себе, активно вместе с тем воздействуя на традиционные сферы человеческого социума: от гибкой и мощной в своих ресурсах экономики, до культуры и даже личных и интимных сфер человеческого взаимодействия с миром, со своим сознанием и подсознанием.

Развитие этой среды происходит столь стремительно, и столь непредсказуемо для большинства, что, естественно, возникает «шок будущего» по меткому выражению А.Тоффлера [1]. При этом также возникают потребности и попытки угадать или предсказать развитие.

Однако, законы мира, в котором Интернет, есть комплексный указатель на новые социальные, информационные, политические и экономические явления, наверное, становятся другими. Наука никогда, впрочем, не имела единых взглядов на наличие и суть законов в этих сферах человеческой жизни, а увидеть какие-то строгие закономерности в быстропротекающем процессе изменения социальной-гуманитарно-экономически-технологической инфраструктуры общества, кажется почти нереальным. Можно, конечно, акцентировать внимание на тех или иных проявлениях нового, каждый раз находя в гуманитарных дискурсивных упражнениях новые штрихи к портрету нового общества, который никогда не будет создан, потому что устареет до создания. Но можно ли хоть как-то прогнозировать развитие явлений и структур общества и Интернета, так чтобы этот прогноз был обоснован, проверяем и оценен в следствиях? Кажется, что такая задача непосильна и не нужна современной науке: нет законов, нет базовых данных, коротко время стабильности процессов, все явления в обществе взаимосвязаны, и не удастся отделить традиционные предметные области, в которых можно ограничиться какой-то одной стороной и методикой рассмотрения.

В настоящее время основные усилия исследователей в вопросах моделирования социально-экономических явлений направлены на разработку формализованных методов и вычислительных процедур и создание концептуальных моделей, в которых можно аналитически исследовать те или иные гипотезы о механизмах процессов [2,3]. При этом остаются в тени содержательные вопросы конкретных научных дисциплин и обсуждение адекватности выделения факторов математически корректной модели.

Вместе с тем, в каждой предметной области при постановке задач моделирования нужно представлять уже на предварительном этапе – насколько сложна структура выбираемых факторов модели и допустима ли эта сложность для описания конкретных явлений. Алгоритмические модели дают

такие представления только в операционной форме, то есть после, в уже построенной модели, а нужны они до окончательного выбора параметрического пространства, причем оно должно быть минимальной размерности [4,5]. Сложность моделирования процессов в социальной среде с резко различающимися характерными скоростями обусловлена трудностью определения единых метрик и разрешимости последовательности выдвигаемых когнитивных моделей [6]. Поэтому неизбежны классификации по наборам атрибутирующих признаков (дискретные или иконические модели с нечеткими параметрами), причем исследователь заинтересован в открытой уточняемой системе.

Статья имеет три цели:

- методическую, с обсуждением вопроса соотношении эвристики и концептуального моделирования и формализации некоторых их шагов;
- математическую, с представлением новых результатов в анализе сложности графов;
- и содержательную, дающую исследователю сводку данных о сложности некоторых моделей в доступном для практических оценок видах и примеры анализа ряда проблем из разных областей.

Рамки статьи позволяют лишь охарактеризовать основные понятия сложности когнитивных сетей (описание отдельных проработок содержится в [6-10]). Проблемы сложности моделей с качественными показателями намечены в докладе [11], конфликты приоритетов характеризовались в [12,13].

Эвристика и схема в создании моделей

Сложность перехода от многообразия уже имеющихся понятий и категорий гуманитарных дисциплин к функциональным или дискретным математическим моделям общеизвестна [14]. В каждом исследовании мы должны предварительно вникнуть в многообразие смысла отдельных предложений, понять их взаимосвязи. Затем когнитолог должен выбрать возможный формальный язык символов, определить основные переменные и построить систему знаковых отношений. При этом количественные меры для переменных отсутствуют или только осмысливаются в некоторых научных концепциях. Классическое изучение модели: «прогон», оценки роли различных факторов, выявление закономерностей, - без количественных мер и формальных методов анализа кажется затруднительным, и математик-когнитолог начинает строить цепочки гипотез к модели, достоверность которых уже не проверяема [15].

Однако, исследователь может ограничиться классификацией (иконической моделью), систематизируя и передавая информацию в ее рамках [3]. На первый взгляд кажется, что здесь не будет принципиальных ограничений по выбору разных описывающих элементов и актуализированных связей, а классификации с небольшим числом элементов будут всегда простыми.

Модель личности. Чтобы подойти к вопросу о сложности модели, мы напомним классические результаты Э.Берна, который плодотворно использовал диаграммы отношений для изучения возможных типов поведения [16]. Его базовая модель личности состояла всего из трех типов поведения – эго (как Родители, как Взрослый, как Ребенок). Но, оказывается, что система взаимоотношений даже двух личностей «становится очень сложной». И эту сложность когнитолог может выразить в числах: если одновременно взаимодействуют лишь по одному эго-состоянию в каждой личности, то обнаружится девять простых отношений. Если же изучать более сложные взаимодействия, например, положительный и отрицательный ответы на стимул, то обнаружатся 72 вида отношений, а для случая трех вариантов отклика на стимул – 432 вида. Далее каждый дополнительный признак увеличивает число видов лавинообразно. Вопрос о том, на каком уровне сложности, даже описательных моделей, исследователю необходимо остановиться, чтобы не столкнуться с лавиной вариантов, как мы видим на этом примере – актуален. Комбинаторные характеристики дают ориентиры сложности идеальных систем, но вопрос о сложности системы связей, построенных (актуализированных) исследователем почти не исследован.

Как показывает пример, для исследователя задача структурирования факторного (понятийного и т.д.) поля в самом общем виде состоит в том, чтобы выявить структуру исследуемого множества. Обычно выделяется набор основных факторов, по которым различаются элементы множества, и описывается каждый элемент в терминах этих факторов. Процедура построения структуры опирается на анализ объективной или субъективной информации о близостях (связях, предпочтениях и т.п.) между элементами. В случае анализа субъективных данных решаются одновременно задачи выявления их объективной структуры и определяются факторы, влияющие на процесс принятия субъективного решения. Мы не обсуждаем здесь задачи нахождения достоверных корреляций между элементами и множества частных метрик, которые используются при этом: будем полагать, что для принятых метрик выявлены достоверные корреляции. Но после того как построена рабочая структура сети связей, может оказаться, что, либо сеть чрезмерно сложна, либо не удовлетворяет условиям развития. Появляющиеся средства компьютерной поддержки (визуализации и проверки, например, Stateflow и Simulink) для проектирования сложных систем пока ограничены в теоретической базе, работают с бинарными классификациями и, соответственно, - с диаграммами для переходов, точек ветвления и принятия решений в виде деревьев.

Для построения моделей с обозримыми решениями или для удовлетворения дополнительных условий необходимо, естественно, упростить сеть (схему) связей путем минимальных изменений факторов и их связей, но с максимальными последствиями в упрощении сложности. Однако, напомним, что все связи уже приняты как достоверные. Тогда упрощения нужно достигать полной заменой факторов и метрик, или переоценкой актуальности связей без замены факторов. В этом случае переоценка актуальности существующих связей может осуществляться уже не из соображений (часто - субъективных) исследователя, а из свойств самой сети-модели с задачей максимально уменьшить сложность). Значит, сложность нужно оценивать, чтобы выбирать оптимальный уровень упрощения сети. Где же здесь конкретное дисциплинарное предметное поле? - оно передало информацию к абстрактному объекту-структуре и, пока, не нужно. Для характеристики сложности же можно использовать алгебраические приемы. Только после того как мы сумеем достичь достаточного нам уровня сложности, мы можем вернуться к анализу предметных полей.

Фактически мы говорим о визуальном анализе сетей связанных элементов, то есть самом наглядном способе изучения связей, но даже он в случае уже 5-6 элементов (а это совсем немного) становится нетривиальным, и требует навыков различных комбинаторных оценок. Так не логичнее ли дать результаты решения типичных задач анализа сетей (комбинаторные) в такой форме, чтобы они были доступны исследователю любой подготовки. Именно такая сводка результатов здесь дана и ее возможности в важном и в малоисследованном вопросе построения и анализа моделей жизни фирмы продемонстрированы. В том числе показано, что для экономической задачи можно методами анализа сложности сетей получить дополнительные обоснования для выбора стадийных моделей и получить значимые и наглядные схемы, легко переносимые как методический и пропедевтический инструмент в учебные курсы и аналитические программные комплексы.

Исследователь использует максимально простые модели, предлагаемые ему математикой (линейные и т.п.), или доступные углубленные модели, или некоторый оптимизированный подбор. Но задачи близкие по смыслу к концепции описания сложности ставились и решались в различных научных дисциплинах частными методами давно и многократно.

Мы рассмотрим вопрос о сложности моделей с помощью методов теории графов [17]. Любое упорядочивание совокупности объектов (множество) вводит некоторую совокупность связей и/или отношений между ними - структуру. Такой способ представления информации о системах называется структурным, или способом блок-схем, или сетями.

Абстрагируясь от конкретного содержания, вкладываемого исследователем в понятие объекта и связи, можно рассмотреть общие геометрические и алгебраические свойства сетей, для такого базового понятия, как совокупности точек (так принято обозначать объекты – элементы в теории графов) соединенных криволинейными непрерывными дугами (ребрами – в теории графов), длины которых несущественны (топологический подход).

Сеть связей между объектами информационной среды, которыми являются элементы графа, при определенных условиях оказывается эквивалентна способу разделения поверхностей на области, граничащих между собой по некоторой протяженной границе – линии.

Нужно заметить, что в простейшем рассмотрении дуги (связи) вводятся только как парные связи. Реальные связи между элементами структуры не так просты, как хотелось бы для построения модели. Всегда имеется сложная совокупность неравноправных отношений: следования, причинности, согласования, соподчинения и др. Мы их, лишь упрощенно, характеризуем общим словом связь. Естественно, возможны сложные случаи связей и их значимость (ориентированная или двойная связь между точками или несколько разных связей между одними и теми же точками, примеры которых - дороги с односторонним, встречным движением, или несколько разных дорог между двумя пунктами).

Структуры, связывающие элементы, могут быть достаточно простыми (линейная цепочка) или сложными пространственными сетями. Даже для неориентированных систем представлять себе уровень сложности такой сети бывает непросто, если система содержит уже 5-6 (и больше) элементов и большая часть (или - все) из них между собой связаны. Если граф может быть изображен на плоскости (поверхности) системой непересекающихся ребер, он называется планарным.

В случае если все n элементов системы попарно связаны, то число всех пар является комбинаторным показателем C_n^2 – числом сочетаний из n элементов по 2. Но оценка сложности по C_n^2 слишком грубая, поскольку не учитывает множества естественных требований к модели. Необходимо использовать и другие общие показатели важные для понимания сложности сети [7,9].

Алгебраические методы анализа сложности оценивают конструкцию графа при любых системах элементов. Здесь – и достоинства и недостатки анализа сложности: принципиальные ошибки в выборе метрик и базовой сети уже не исправляются, но формальные преобразования визуализированной схемы и их следствия оцениваются на правдоподобие специалистом не после построения модельных решений, а как только образ создан. То есть неудачи выбора метрики и корреляций сразу же выявляются экспертно.

Теория графов применима также при анализе статистических группировок совокупностей различной природы, имеющих нечеткие описания, создаваемых формализованными методами кластеризации (стратификации) данных [18]. Выделения кластера производится по комплексному условию: элементы в объединяемой группе должны быть близки между собой по некоторым параметрам, но по этому же параметру должны быть далеки от всех остальных элементов. Но вводимые численные меры близости-отдаленности часто – субъективны. Кластеризация - это компромисс между реальным бесконечным разнообразием явлений и желанием упростить многообразие N наблюдений до конечного числа групп. Важны любые теоретические результаты о возможности классификаций, поскольку они резко сужают поиск числа кластеров в промежутке от 2 до N, или же дают обоснованный вывод о неадекватности модели.

Часто принимается, что предметные модели могут конструироваться произвольно для выполнения одной или нескольких нужных функций (описательной, объяснительной или критериальной). Конечно, оговаривается, что необходимо учитывать внутреннюю логику и исследовать модели для получения новой информации и переструктурированных знаний. Визуализация схем связей в моделях и анализ их сложности позволяют анализировать исследовательские задачи с раннего этапа поиска – плохоформализуемой эвристики, давно привлекающей внимание методологии [19].

Обоснуем развиваемый нами подход двумя примерами анализа гуманитарных классификаций.

Классификация и связи научных дисциплин. Конспективно можно представить принцип анализа сети на примере связей для совокупности научных терминов, используемых в различных дисциплинах, например, при создании схемы междисциплинарного словаря. На рис.1 показана актуализированная под некоторую концепцию сеть связей, но отмечена возможность введения других элементов и отношений.

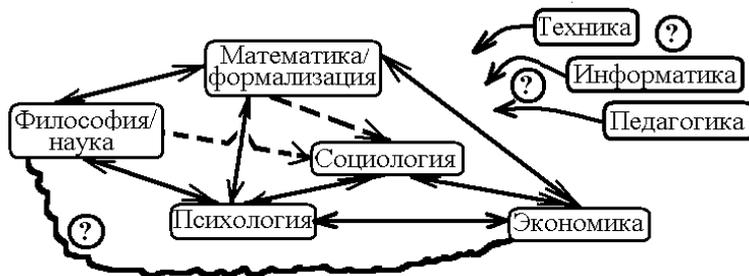


Рис.1. Схема разработки связей и элементов словаря

Взаимосвязь сетевых схем и карт признаков для иконических моделей, даже в простейших случаях, оказывается удобным способом анализа перспектив модели, позволяя в дополняющем рассмотрении увеличить эвристический потенциал количественных методов в экономической науке.

Модель концепций управления. Как пример неожиданных результатов анализа мы здесь дадим для простейших схем изложения идей стратегического управления. Приведем некоторую наглядную интерпретацию анализа сигналов в контуре передачи воздействий, отражающую суть исследований и результатов А.Д.Чандлера и его последователей в единой схемной интерпретации (ими использованы как бы ее кусочки: несколько картин - диаграмм переходов) [20].

Подход Чандлера, выделял связи и два основных противоречия (указаны знаком «!») в цепочке: «возможности-(!)- стратегии-(!)- среда». Чандлер понимал противоречия как временной разрыв, но уже в последующих работах «противоречие» понималось шире: как общее несоответствие управления вызовам среды и возможностям фирмы.

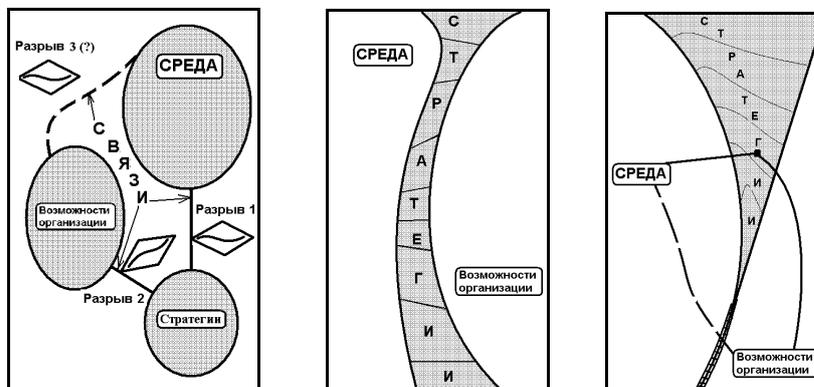


Рис 2. Представления системы чандлеровских объектов (А – графом, Б – параметрической плоскостью для цепочки, В –плоскостью для полного графа).

Схематический взгляд на систему обнаруживает, что пропущен еще один разрыв: «возможности-(!)-среда». Логика поиска управления на этом разрыве приводит к допустимости изменения организацией среды. Методический взгляд выявляет принципиальную неполноту давно проанализированных проблем эволюции управления. Детализируя возможности вмешательства в связи рис.2А, мы увидим для двух разрывов ровно четыре варианта управления: «адаптации» (на разрыве 1), «стратегического планирования» (на разрыве 2) и две комбинированные схемы: «стратегическое управление» (воздействие на разрыв 1, затем на - 2) и «управление реального времени» (на разрыв 2, затем на - 1). Четыре исторически зафиксированных чандлеровских явления описаны из практических соображений, однако связь такой классификации с самой схемой «возможности - стратегии - среда» в литературе не анализировалась. Допуская третий разрыв, мы должны ввести еще один базовый вариант управления: позиционирование через организацию собственных пространств. Пока создание новых социально-экономических сред редко осознается практиками и теоретиками, но идея создания рынков уже признана одной из основ стратегического управления [21-23].

Продолжая методическое исследование, мы должны понимать, что возможны детализации этого варианта (сочетания воздействий на разрывы 3 и 1, на 3 и 2), а также более сложные комбинации (всего их будет 15 для 3 элементов с тремя связями с учетом перестановок). Исследование их современной реализации (актуализация вариантов) еще впереди, хотя появление таких тенденций управления уже наблюдается. Причем, как бы мы не относились к вопросу о представительности схемы взаимоотношений фирма-среда через абстрактные совокупности возможностей и стратегий, она объективно существует, и может быть поэтому доказательно проанализирована в разных уровнях глубины.

Настоящий анализ и его практическое применение для разработки промышленной стратегии подробнее описан в [6]. Причем, схема промышленной стратегии содержала только те элементы и связи, что есть на рис.2А. Современное концептуальное проектирование систем управления и разработки прототипов реальных процессов уже реализовано в мощных компьютерных приложениях и базовые схемы и соответствующие им карты признаков могут быть усложнены с применением технических средств.

Планарные графы

Дадим введение в теорию анализа сложности абстрактной описательной (иконической) модели. Рассмотрим только принципиальные математические вопросы и новые результаты, опуская сами доказательства. Структуры, связывающие элементы, могут быть простыми (линейная цепочка, дерево) или сложными пространственными сетями. Даже для неориентированных систем представлять себе уровень сложности такой сети бывает непросто. Если граф изобразим на поверхности системой непересекающихся ребер, он называется планарным. Для наглядности моделей роль планарных схем очевидна. Они-то и будут инструментом исследования.

Наш подход основан на идее нахождения максимального числа связей при заданных ограничениях, а не перечисления любых связей между элементами. Естественно, такие ограничения должны вводиться исследователем, но можно пойти и по формальному пути – введению определенных классов ограничений и нахождению результатов для них.

Для получения результатов о числе допустимых связей использован специальный прием – конструктивное построение сети. Он проиллюстрирован на рис. 3 и заключается в следующем. Выстроим вдоль одной прямой все известные элементы и свяжем их попарно отрезками. Затем, свяжем дугами, расположенными ниже и выше прямой, элементы через один (ясно, что таких связей еще не было ранее). Далее, свяжем элементы (начиная с крайних, не пересекая с предыдущими связями, размещая связи ниже или выше начальной прямой) «через два», если возможно - «через три», «через четыре» и т.д. Закрывающей будет связь крайних элементов (первого и последнего). Отметим, что на схеме показаны не все возможные связи, например, отсутствует связь между 1 и 5 (и т.д.), пересекающая предыдущие.

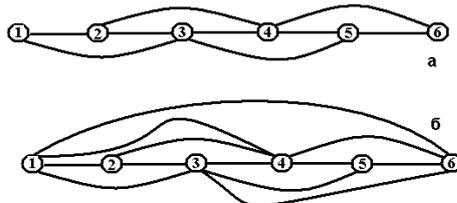


Рис. 3. Метод конструктивного построения:
а) начало построения графа; б) полный планарный граф

Методом «от противного» доказывается, что при конструктивном построении будет получено

максимально возможное число непересекающихся связей.

С помощью конструктивного построения методом математической индукции доказывается следующая базовая теорема.

Максимальное число непересекающихся на плоскости парных связей в сети из n элементов равно

$$P_g = 3(n - 2), \text{ где } n \geq 3. \quad (1)$$

Отметим, что важные для моделирования задачи о поле переменных как задачи о разделении поверхности на разные области, имеющие конечное число границ с другими областями на этой поверхности (задачи о раскраске [17]), могут быть однозначно интерпретированы как задачи о графе. Иллюстрация эквивалентности двух подходов дана на рис.4.

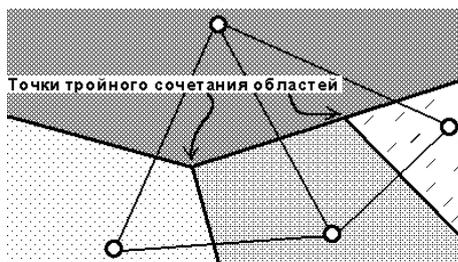


Рис. 4. Граф связей неограниченных областей, разбивающих плоскость на 4 части

Однако, граф, соответствующий задаче разбиения поверхности на n частей имеет меньше связей, чем число непересекающихся связей между n элементами на плоскости. Можно аналогично формуле (1) доказать следующую теорему.

Если плоскость в евклидовом пространстве разбита на n односвязных областей, которые все являются неограниченными, и в таком разбиении имеют место только простые случаи сочетания границ областей (точки плоскости могут касаться не более 3 областей), то максимально возможное число границ равно

$$D_p = P_g(E_2, \infty) = 2n - 3, \text{ где } n > 1. \quad (2)$$

Аналогичные теоремы нами доказаны для ряда важных случаев дополнительных (разрешающих и запрещающих) условий конструирования сетей (для поверхности цилиндра, сферы, при касаниях более трех областей в точке, при наличии конечных или специальных областей на криволинейных поверхностях, при наличии приоритетных связей и т.д.).

В теории графов известно графическое условие представимости графа как непересекающейся сети на плоскости, при отсутствии любого из двух специфических типов сочетаний элементов [24]. Но, практическое использование графических условий затруднено, ибо вначале нужно построить достаточно сложный граф и все его топологические преобразования, а для криволинейных поверхностей формы запрещающих сочетаний элементов изменятся.

Еще один специальный вопрос, часто возникающий в гуманитарных моделях, – возможность составления подсистем из неопределенного числа элементов (от 1 до k) – оказывается легко анализируемым через предельные теоремы. Число связей в таких моделях равно сумме

$$I(k) = C_k^1 + C_k^2 + \dots + C_k^{k-1} + C_k^k = 2^k - 1, \quad (3)$$

где $I(k)$ – число вспомогательных элементов, составленных из наборов основных элементов.

Планарные графы в различных пространствах

Для исследователя, оценивающего возможности и ограничения еще только формулируемой им модели, важно уже на предварительном этапе иметь в сравнении представление о количестве связей (сложности) разных вариантов и о том, какой размерности понадобится поле признаков, которое по его гипотезам затем будет изучать на математической или компьютерной схеме когнитолога. Дадим сводку важнейших теоретических результатов (таблица 1).

Интересно, что при $n=3$ все показатели в таблице для чисел связей совпадают, то есть вводимые дополнительные условия оказываются для этого числа элементов слабыми. Однако, уже при $n=4$ и более, те же условия приводят к невозможности части общих связей.

Наиболее распространенные в социально-экономических исследованиях классификации (от общего к частному) могут быть рассмотрены как графы специального вида – деревья. Число деревьев, которые можно построить на n данных вершинах есть [17].

$$T_n = n^{n-2}, \quad (4)$$

где: $T_3 = 3$ при $n=3$, $T_4 = 16$ и $T_5 = 125$.

Табл. 1. Основные количественные результаты по сравнительной оценке числа связей в моделях и их расчетные формулы (основные результаты ранее представлены в [10,25]).

Число элементов системы n	Число всех возможных парных связей C_n^2	Максимальное число парных связей в планарном графе $P_g = 3(n-2)$	Максимальное число границ при разбиении плоскости неограниченными областями $D_p = 2n-3$	Максимальное число границ (связей) неограниченных областей на цилиндре $D_c = 2(n-1)$	Число первичных элементов k , дающих в сочетаниях n (см. кол. №1) комбинаций $n = I(k) = 2^k - 1$
3	3	3	3	3 (формула неприменима!)	k=2
4	6	6	5	6	
5	10	9	7	8	
6	15	12	9	10	
7	21	15	11	12	k=3
8	28	18	13	14	
9	36	21	15	16	
10	45	24	17	18	
11	55	27	19	20	
12	66	30	21	22	
13	78	33	23	24	
14	91	36	25	26	
15	105	39	27	28	k=4
16	120	42	29	30	
...					
31	465	87	59	60	k=5
...					
63	1953	183	123	124	k=6
и т.д.					

Синергетическая модель корпоративных циклов

Крайне редко, как отмечалось в обзорных и обобщающих работах [5,6], в теории изучались преобразования сети через естественные структурно- топологические характеристики, то есть динамика в классифицирующих (иконических) моделях.

Мы дадим пример, в котором графо-алгебраический анализ применяется к принципиально новым моделям, развивавшимся автором в последние годы – динамике жизненных циклов организующих структур, рассматриваемых в рамках синергетических концепций. В нескольких работах [13,23,26-28] была обоснована типология этапов жизни организации и разработана социально-синергетическая диаграмма (ССД), в которой выделен цикл из пяти этапов развития, как последовательная серия стадий, характеризуемых описательными атрибутами и мягкой количественной метрикой – относительным количеством внешних связей организующей группы социального объединения. Была также обоснована возможность создания пространства параметрических моделей, в том числе в динамике переходов от цикла к циклу. Оказывается, что синергетическая модель этапов циклов организации может быть подвергнута не только экспертной, но и логико-методологической проверке, как структурная схема [6, 28].

Далее нам понадобится интерпретировать запреты на переходы между стадиями как экономические, наиболее интересные для изучения жизни корпораций, поэтому поясним обозначения:

- i-области (от initiation, область начальной проблемы),
- p-области (peak, внедрение или резонанс),
- f-области (fragmentation, обособление).
- s-области (stabilization, стабилизация управления),
- j-области (jump, ломка или болезнь).

Подобные переходные процессы обычны как для экономики, так и для жизненного цикла множества биологических и социальных групп; в социальных исследованиях хорошо известна , например, теория циклов пассионарности [29].

Схематично жизнь любой организованной структуры представлялась как переходы через стадии i - p - f - s - j с полным или частичным повторением стадий на последующих этапах [6,28]. Представлять такой цикл графом, кажется, не имеет смысла – он прост, и как многие подобные не требует для описаний диаграмм на плоскости (двух параметров). Но в корпоративных, в политических и в т.п. циклах не могут быть назначены какие-то единые временные границы, как в суточном физиологическом цикле. В качестве строгого примера, показывающего, что временные границы в линейных циклических процессах могут не иметь даже приближенных значений, можно обратиться к хорошо известным решениям в задачах «сосуществования хищников и жертв» [30]: в одной популяции с разными начальными условиями возможны как циклический и затухающий процесс, так и другие.

Для изучения динамики рассмотрим переходы с первого цикла во второй, причем, не обязательно по продолжающейся цепочке. То есть, мы имеем набор элементов первого и второго цикла и возможности перехода из стадий первого цикла в стадии второго цикла.

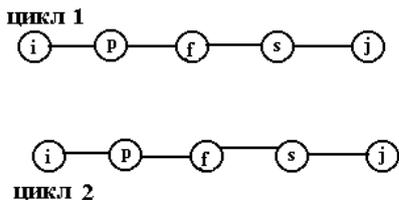


Рис. 5. Графы внутренних переходов корпоративного жизненного цикла

Два цикла с переходами между ними будем называть корпоративным парациклом. Рассмотрим эту более сложную систему подробнее.

Для пяти стадий первого и второго циклов существует всего $L_{12}^0(5,5) = 5 \cdot 5 = 25$ путей перехода с цикла на цикл (например, p_1-s_2 , j_1-f_2 и т.д.).

Формализация стадий развития, как элементов графа, должна дополняться экономической логикой; мы оговорим, какие пути перехода между первым и вторым циклом 25 возможных мы будем считать разрешенными. Вначале выделим не имеющие смысла пути перехода: 5 переходов $i_1 - b_2$ (где $b = i, p, f, s, j$), 4 перехода $p_1 - b_2$ (где $b = p, f, s, j$), 3 перехода $f_1 - b_2$ (где $b = f, s, j$), два перехода $s_1 - b_2$ (где $b = s, j$) и один переход $j_1 - j_2$. Логика ограничений такова: излишне рассматривать переходы ко второму циклу, если в первом цикле еще не началась такая же или более ранняя стадия. Естественно, что в анализе других моделей с парациклами возможны иные ограничения.

Посчитав общее количество запрещенных связей и, как результат, общее число связей в парацикле, то мы получим алгебраический показатель связей (ему можно придать общий характер, не ограничиваясь случаем 5 конкретных стадий, выделенных априори по соображениям экспертов и аналитиков). Вместе с тем, выше даны формулы для допустимого числа связей в произвольном планарном графе.

Сопоставление двух этих алгебраических показателей приводит к нескольким (разные типы пространств признаков) вариантам неравенств, ограничивающих число стадий в первичном цикле, связанном с аналогичным вторичным циклом. Полученные результаты, в принципе, очень мало зависят от вариантов пространств и дополнительных допусков или ограничений, и заключаются в следующем:

число стадий в первичном цикле не может быть более 5 (в планарном графе на плоскости), или не более 6 в графах на замкнутых поверхностях (цилиндр, сфера).

Как видно, интуитивные и экспертные представления о числе главных этапов в корпоративном цикле равному пяти очень удачны - они вписываются в это неравенство. При большем пяти числе этапов корпоративного цикла (их выделение является субъективным или договорным актом) требуется более сложная модель, которая уже не может быть двумерной (а соответствующий граф не будет планарным). При других ограничениях даже в циклах с 6-ю и более этапами возможны двумерные модели, но вопрос о запрете еще каких-то переходов находится вне рамок общей теории.

В корпоративном синергетическом парацикле обнаруживается при его анализе еще один важный результат. Выясним, возможно ли такое двумерное пространство параметров, в котором состояние системы относится к одному и только к одному из выбранных нами элементов парацикла. Такие пространства позволяют строить открытые, или допускающие последующее усложнение, модели. Например, в графах с висячими элементами, максимальное число связей на плоскости может и не реализоваться. Также изменяются условия, если допустимы точки границ, принадлежащие более чем трем областям.

Именно такой случай обнаруживается в схеме объединения двух пятиэтапных циклов. Построим для дальнейшего анализа в соответствии с экономическими условиями возможные графы (см. рис.6, отмечены два способа связи между j и f_2).

Граф для достаточно сложных случаев связанности элементов позволяет легче решить нетривиальную задачу разбиения плоскости на граничащие области, соответствующие этапам циклов. При построении необходимо обратить внимание на самые сложные участки – места соединения более чем трех областей, которым соответствуют замкнутые контуры в сети, по которым, не пересекая связей, можно обойти несколько узлов. На рисунке 6 – сложный контур, соединяющий элементы $j-f_2-p_2-i_2$ (если связь между j и f_2 размещена по-другому, то возможно включение в контур элемента s_2).

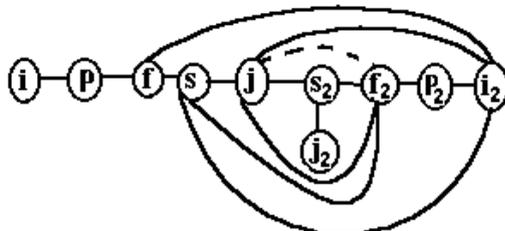


Рис. 6. Граф переходов между стадиями в корпоративном парацикле

Разбиение плоскости, удовлетворяющее сети рис.6, может быть построено (поиск конкретного разбиения нетривиален), но оказывается, что необходимо использовать несколько конечных областей в разбиении (рис.7).

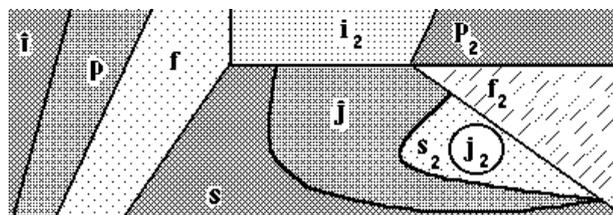


Рис. 7. Возможный вариант фазового пространства десяти областей для перехода к параметрическим моделям корпоративного парацикла

Такое разбиение плоскости в силу явной непредсказуемости особенно интересно. Отметим главные особенности:

- а) области j, s_2 и j_2 , в двумерной модели могут быть только конечными.*
- б) область j_2 , завершающая второй цикл, оказалась замкнутой внутри конечной области s_2 .*

Оказывается, что возможность создания одной двухпараметрической модели для корпоративного парацикла существует, но сопровождается существенными ограничениями: модель не является открытой из-за наличия ограниченных областей и полностью замкнутой области, завершающей второй цикл. Можно ли будет трактовать конечность области j в каких-то моделях в экономических показателях – неизвестно без конкретной проблематики. Однако можно понимать полученное разбиение плоскости таким образом: двухпараметрическая модель исчерпывает свои возможности в конце второго цикла (далее она не может развиваться), признаком этого является «схлопывание» областей s_2 и j_2 . Причем, в операционных процедурах для двух циклов эти особенности не видны – матрица связей существует.

Таким образом, исследование цикличности корпоративных процессов в рамках 5-ти этапной ССД диаграммы потребует моделей не менее чем с тремя параметрами. Эффектное представление схемы рис.7 в виде «диаграммы возможностей развития» [6,28] уже используется в дидактических целях.

Развивающиеся исследования по синергетике только нащупывают универсальный язык и методы, позволяющие объяснять развитие систем и появление «нового» [31], на пересечении трех основных подходов: естественнонаучного, системного и организационного. Но многие ученые в социально-гуманитарной сфере с настороженностью относятся к синергетическим построениям, подозревая за ними необоснованную редукцию и переупрощение. Наш метод строго обосновывает возможность и неизбежность для определенных моделей (условий) основного синергетического эффекта – бифуркации динамических траекторий не только как особых типов решений в дифференциальных уравнениях, но и алгебраически.

В абстракциях, изучаемых выше, желание изучать возможности разбиения поверхностей топологически эквивалентных шару или цилиндру, казалось, имеет сугубо теоретическое значение. Экономическая проблематика дает важный практический пример математической задачи разбиения, даже поверхности конуса на области. Напомним, что для поверхности цилиндра положение точки на поверхности можно определять в цилиндрических координатах (или их аналогах) – переменных r, φ, z , где φ – полярный угол. Но параметр φ может пониматься также как относительная переменная периодического характера, что вполне естественно для корпоративных циклов.

Анализ классификации экономических систем. Рассмотрим, например, подход к классификации (ОБЪЕКТЫ – ПРОЕКТЫ - ПРОЦЕССЫ – СРЕДЫ) и построению единой картины экономических систем, активно развиваемый в последние годы Г.Б.Клейнером [32].

Автор не детализировал свои мысли, отмечаемые в работах и докладах, о каком-то более конкретном представлении возможного параметрического поля координат пространство – время (или, мы расширим эти не слишком обязывающие прикидки до фразы, «совокупности некоторых координат параметров, связанных с пространственными и временными параметрами»). Его главные результаты, представлены, в основном, в виде следующей таблицы или эйлеровской диаграммы с двумя бинарными признаками (ограниченность/ неограниченность в пространстве и во времени).

Время ограничено, пространство ограничено.	Время ограничено, пространство не ограничено.
ПРОЕКТЫ	ПРОЦЕССЫ
Время не ограничено, пространство ограничено.	Время не ограничено, пространство не ограничено.
ОБЪЕКТЫ	СРЕДЫ

Однако, попытка перейти для этих двух параметров (временного T и пространственного L) к некоторой параметрической плоскости, заменяющей классифицирующую таблицу приводит к явным признакам противоречий: на плоскости необходимо ввести одну или несколько особых точек, малое изменение параметров в которых переводит систему в любое состояние.

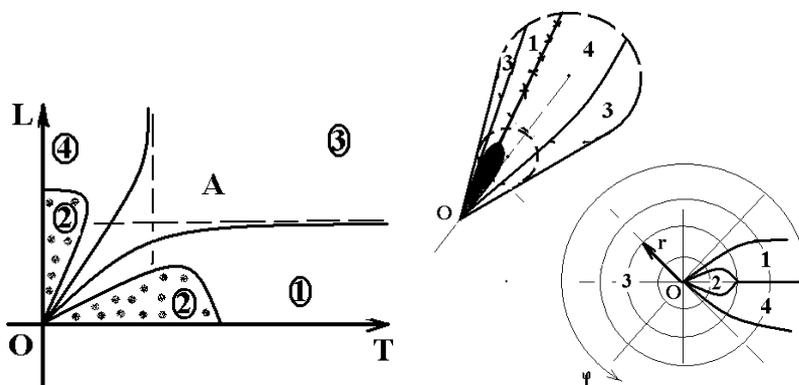


Рис. 8. Возможные варианты параметрической классификации экономических систем (а- на плоскости, б- на конической поверхности в двух видах)

Только разделение зоны параметров «проекты» (зона 2 на рис.8, прочие зоны: 1- объекты (предприятия), 3- процессы и 4- среды) или использование параметрической поверхности в виде конуса, позволяет создать непротиворечивую карту признаков. И тогда в этой экономической классификации автоматически, но неожиданно, появляются некоторые классы функций, которые могут быть использованы для описания связи параметров (симметричные относительно циклической замены параметров или периодические во времени). Интересные практические приложения анализа сетей связей могут, например, ожидать исследователя проблем риска, где также используются синергетические модели для природных, так и для социальных рисков. Оказывается, имеется проблема воссоздания «плоскости рисков», неявно используемой рядом экспертов и даже проблема «геометрии субъективных пространств» (сколько переменных и как сравнивает человек, чтобы установить, насколько одно событие опаснее другого) [33].

Сложность типологий и классификаций

Выше мы рассмотрели новую область исследования - экономические корпоративные циклы. Принципиально важно проанализировать по предложенной методологии известные и широко используемые классификации или иконические модели. Остановимся на двух примерах.

В психологии классический пример классификации, которая активно используется и развивается более 2000 лет, - идея типологии представлена классическим учением о типах темперамента.

Система бинарных или иерархических признаков позволяет предсказать основные черты будущей классификации, но при более сложных системах связей, в том числе - частично пересекающихся, открытая классификация сама становится объектом исследования, поскольку логика связей в ней должна быть проверена при появлении новых объектов. В существующих классификациях совокупности черт психики личности рассматривались статично и вне связи с социальными (социально-психологическими) условиями. Привлечение динамики и внешних факторов многократно усложняет модель.

Модель типологий индивидуальности. Как пример схемного анализа рассмотрим моделирование связей между физическим типом и характером человека для классификации, использованной в первой четверти XX в. психиатром Э.Кречмером [34].

По результатам анализа данных своих пациентов им была отмечена значимость связей между типами телесного сложения (Ас – астенический, Ат – атлетический и Пк – пикнический) и вида поведения (Ш – шизоидный и Ц – циклоидный, в формах от нормы через склонность до патологии, будем далее использовать символы Н, С, П для этих черт). Отнесение человека к тому или иному типу было классифицирующим по качественному описанию набора признаков.

Проанализируем классификацию как схему. Должны быть связаны между собой три типа (3 связями, ибо возможны промежуточные типы между любой парой) и 6 разных подвидов поведения (ШН, ШС, ШП и ЦН, ЦС, ЦП). Внутри каждого вида поведения также следует предполагать связи (понимаемые как возможности изменения от ШН к ШС и т.д.). Были установлены связи между типом и подвидами так: П может вести себя в основном по Ц, а Ас и Ат по Ш. Тогда мы должны в схеме указать возможность связей между П и всеми ЦН, ЦС, ЦП, а для каждого из Ас и Ат указать по три связи с ШН, ШС, ШП. Итого $3+2+2+3*3=16$ связей между 9 элементами. Это немного: всего парных связей между 9 элементами может быть 36, непересекающихся на плоскости – уже не более 21, а для плоскости с неограниченными областями – только 15 границ (Табл.1). То есть классификация Кречмера находится сразу за гранью логически допустимой схемы для этого числа элементов (напомним, что внутренние связи еще не учитывались).

Мы видим, что граф актуализированных пока связей планарный, но с тремя висячими элементами ЦН, ЦС, ЦП (штриховые связи - дополнительные и пояснены ниже). Единственный же способ отобразить границу области (висячего элемента) на поверхности – полный охват его другой областью.

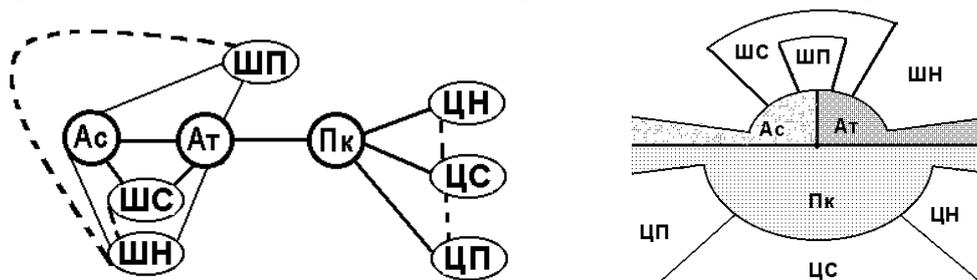


Рис. 9. Граф связей и элементов, отражающий атрибутивные признаки использованных в классификациях психических типов Э.Кречмера и возможное разбиение параметрической плоскости к классификации психических типов

Проверка показывает (это и дала алгебраическая оценка), что плоскость не может быть разбита только на перечисленные 9 неограниченных односвязных областей. Если хотя бы две из областей ЦН, ЦС, ЦП, ШН, ШС или ШП ограничены, то разбиения плоскости возможны.

Поэтому вернемся к вопросу о внутренних связях между ЦН, ЦС, ЦП, ШН, ШС и ШП, который естественно возникает у психолога и у когнитолога. Они подразумеваются самой терминологией (норма может сменяться склонностью к патологии, а склонность может развиться в нее). Мы можем уменьшить сложность модели и сделать ее более реальной для предметной области. Выясним, например, что станет с сетью и ее планарным образом, если мы введем естественные внутренние связи ЦН-ЦС и ЦС-ЦП, а также ШН-ШС и ШС-ШП. Алгебраически мы обнаружим, что в части сети, а именно в связях элементов Ат, Ас и ШН, ШС и ШП число связей станет точно соответствовать планарному графу, но будет на две больше, чем нужно для разбиения плоскости на неограниченные области. Это означает, что для моделирования физических типов и видов поведения могут быть использованы только следующие области параметров:

- хотя бы две из которых ограничены на плоскости;
- хотя бы одна из которых ограничена на цилиндре;
- какие-то из областей в группе высокой сложности должны разбиваться на две разные области (например, ШН, ШС или ШП, на ШНАс и ШНАт и т.п.).

Каков будет выбор специалиста в этом случае должны решать дополнительные соображения. Мы же для завершения когнитивного анализа, то есть для возможности перехода от графов и алгебраических характеристик к параметрическим моделям физико-психических типов дадим возможное фазовое пространство модели на плоскости.

Поясним, что в нашем примере отнесение человека к одному из физических типов предполагается по безразмерному параметру (аналогном углу в полярных координатах), а отнесение к типам и подтипам поведения производится по диапазону углов и по второй переменной (например, длине радиус-вектора в полярных координатах) одновременно. Выбор таких переменных мы не рассматриваем.

Наш анализ связей в схеме Э.Кречмера позволяет переходить к рассмотрению моделей, в которых личность характеризуется не одним типом или видом, а набором нескольких слоев. Как видно из последнего столбца табл.1, в этом случае сети становятся очень громоздкими уже на уровне 3-4 подтипов поведения. И если не принимать во внимание схему созданную для ненаслаивающихся признаков, то наглядная классификация возможных наслоений непредставима. Конечно, у исследователя останется операционный тип классификации, но весьма сложной задачей будет обоснование его полноты и непротиворечивости.

О метатеории психики личности. В конце 1990-х в работах психолога и педагога А. В. Петровского предложена многоуровневая категориальная система, характеризующая психику человека (протопсихологический, базисный, метапсихологический и экстрапсихологический уровни), в которой показаны межуровневые и внутриуровневые связи [35]. Обобщенная картина представлений о психике в определенной системе категорий была дана в форме замкнутой сложносвязанной системы, которую легко представить в виде сети.

С позиций когнитолога отметим, что автор выбрал, исходя из профессионального опыта, максимально возможную степень сложности плоскостной схемы для моделирования психики (4 уровня с возможностью наложения признаков всех уровней). Если выбрать пятифакторную модель, то возможное число комбинаций вырастет до 31 (15 в четырехфакторной, см. табл.1), а число связей - до 465 (с 105), что схематически труднообозримо. Интересно, что в ранних работах А. Петровского по теоретическим основам психологии использовались более простые трехэлементные системы (трехфазная концепция развития деятельности личности, трехфакторная модель межличностных отношений), которые, видимо, не могли полно описать всех возможных вариантов психических явлений и их изменений [35].

Подобный конструктивный анализ связей традиционно выделяющихся или складывающихся областей (классифицирующихся описательно, или нормативно), проводился нами также применительно к некоторым вопросам социальной философии, педагогических, политологических и экономических проблем, с разной степенью проработанности [7,8,12, 36-39].

В настоящей работе мы рассматриваем этап формального и интуитивного идеального моделирования (по терминологии [4]) теорий социально-гуманитарных явлений, а не социальных дисциплин в целом, поскольку именно теория выполняет прогностические функции познания.

Субъективность и нечеткость описаний признаков и связей, особенно в задачах социально-экономической динамики, затрудняют переход к общему моделированию, поэтому применение методов высокой степени абстракции на этапе выбора модели позволяет подходить к исследованию как со стороны специалиста в предметной области, так и специалиста-когнитолога. Настоящие подходы позволяют выбирать на наглядном уровне с использованием общих алгебраических результатов варианты признаков и указать главные связи между ними, важные для математического моделирования.

Литература:

- [1] Тоффлер Э. Шок будущего. М.: АСТ, 2002.
- [2] Математическое моделирование социальных процессов. М., Наука, 2000.
- [3] Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов. М., Логос, 2001.
- [4] Краснощек П.С. Петров А.А. Принципы построения моделей. М.:Наука, 1983.
- [5] Арнольд В.И. "Жесткие" и "мягкие" математические модели // «Математическое моделирование социальных процессов». М.: МГУ, 1998. С.29-51.
- [6] Борзых А.А. Модели и методический инструмент описания социально-экономической трансформации, гл.27// «Методология экономической науки и методика преподавания, т.2». М.: МГУ, ТЕИС, 2007.
- [7] Borzykh A., How to forecast the social phenomena in informational community. //Proc. 4-th Intern. Conf. 'Internet-Education-Science', Вінниця: УНИВЕРСУМ, 2004. P.315-320.
- [8] Borzykh A., Karmolina I., On the methodology of propilevtic systems for interactive forms of education. Там же. P.337-339.
- [9] Borzykh A., Principle of modeling by methodology of possible graphs //Proceeding of the 2nd Inter. Conf. 'Mathematical modelling of social and economical dynamics'. Moscow: RUFN, 2007. – С. 25-29.
- [10] Борзых А.А. Модельные концепции и систематика стратегических воздействий как предмет логического анализа. //Стратегическое планирование и развитие предприятий: Материалы восьмого всеросс. симпозиума, секц. 1. – М: Центр. экономико-матем. институт РАН, 2007.–С.36-38.
- [11] Borzykh A., The semi-invariant non-solved problems of modeling of economic systems// 'New Economic and Math Problems-93, Vol.2'. New Delhi, 1993. P. 523.
- [12] Борзых А.А., Горбунов А.С. Структурирование проблем поиска и принятия решений: от личности к социуму.//В сб. науч. трудов международной конференции «IDEA 2000», Riga, Experiment, 2001. С.18-21.
- [13] Борзых А.А. К прогнозированию социально-экономических явлений в корпоративных жизненных циклах. //«Современные проблемы экономической теории, часть 1». М.:Парад, 2004. С. 21-23.
- [14] Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.:Наука, 1997.

- [15] Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Мир, 1986.
- [16] Берн Э. Секс в человеческой любви. М.: Логос, 2000.
- [17] Оре О. Теория графов. М.: Наука, 1980.
- [18] Терехина А. Ю. Многомерное шкалирование в психологии. // Психолог. журнал. 1983. Т. 4, №1. С.76-88.
- [19] Богданов А. А. Тектология. Всеобщая организационная наука. М., 1989.
- [20] Ансофф И. Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989. – 519 стр. Гл.3.
- [21] Сорос Дж. Алхимия финансов. М.: ИНФРА-М, 1998.
- [22] Минцберг Г., Альстренд Б., Лэмрел Дж. Школы стратегий. СПб: Питер, 2000.–243 стр.
- [23] Борзых А.А. К концептуальной теории управления социально – экономическими системами. - //«Системный подход в науках о природе, человеке и технике, часть 2». Таганрог, 2003. С. 6-9.
- [24] Мазный Г.Л., Прогулова Т.Б. Дискретная математика. Дубна, 2004.
- [25] Борзых А.А. Математические методы и модели в исследованиях систем. Курск: Учитель, 2008.
- [26] Борзых А.А. Принципы стратегического и структурного моделирования явлений и управляющих процессов. Курск: КИСО РГСУ, 2002.
- [27] Борзых А.А. Концепция синергетического описания организующих социальных процессов. // Перспективы синергетики в XXI веке, том 2». Белгород: Белаудит, 2003. С.66-70.
- [28] Борзых А.А. Схема парацикла в общей теории развития и управления организаций. //«Менеджмент XXI века: управление развитием». СПб.: РГПУ, Книжный мир, 2005.
- [29] Гумилев Л.Н. Ритмы Евразии. М.: Экопрос, 1993.
- [30] Свиричев Ю.М. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука, 1978.
- [31] Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. М., 1997.
- [32] Клейнер Г.Б. Стратегия предприятия. М.: Дело, 2008.
- [33] Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г. и др. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. М., 2000.
- [34] Психология индивидуальных различий. Тексты. М. Педагогика, 1982.
- [35] Петровский А.В. Психология в России. XX век. М.: Университет РАО, 2000.
- [36] Акимкин Е.М., Белинская Е.П., Борзых А.А. и др. Информатика сообществ и формирование сетей. Перспективы. Подходы. Инструменты. М.: Эдиториал УРСС, ИСИ РАН, 2004.
- [37] Борзых А.А. Проблемы модельных и эвристических задач в обучении. //«Компьютерное моделирование-2003». СПб., 2003. С. 401-402.
- [38] A.Borzykh, Index of complexity for the modeling of processes with socially diverse stages, in 'Mathematical Modeling of Social and Economical Dynamics', Moscow, RSSU, 2004.
- [39] Борзых А.А. Опыт инсайдерской оценки корпоративного управления и ее анализа. //Корпоративное управление и устойчивое развитие бизнеса. М.: Европа, ГУ-ВШЭ, 2008.