

УДК 519.876.5

UDC 519.876.5

**АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ**

**ACTUAL PROBLEMS OF MODELING OF  
SOCIAL AND ECONOMIC PROCESSES**

Пшунетлев Адам Аскарбиевич

Pshunetlev Adam Askarbievich

к.э.н.

Cand.Econ.Sci.

*Академия маркетинга и социально –  
информационных технологий (ИМСИТ), Россия,  
350010, Краснодар, Зиповская 8*

*Academy of Marketing and Social - Information  
Technology (IMSIT), Russia, 350010, Krasnodar,  
Zipovskaya 8*

В статье представлены основные подходы к исследованию социально-экономических процессов, задачи математического обеспечения решений, обретающих возрастающую актуальность, проблем устойчивого, сбалансированного регионального развития

The article presents the main approaches to the study of socio-economic processes, the problem of modeling, taking on increasing urgency, issues of sustainable and balanced regional development

Ключевые слова: РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ, МОДЕЛЬ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАВНОВЕСИЕ, УСТОЙЧИВОСТЬ, СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ

Keywords: REGIONAL DEVELOPMENT, MODEL, MODELING, EQUILIBRIUM, STABILITY, BALANCE

*Введение*

Традиционные подходы к моделированию социально-экономических процессов ориентированы на достижение и поддержание равновесия, или обеспечения сбалансированного экономического роста, что, естественным образом, ограничивает сферу их применения в решении динамических, характеризующихся продолжительной несбалансированностью пропорций общественного воспроизводства, противоречивостью экономических, социальных, экологических критериев решения задач регионального развития.

Такое положение, со всей очевидностью, свидетельствует о недостаточной проработанности вопросов математического обеспечения решения актуальных проблем регионального развития, и, на фоне нестабильных экономических трендов мировой экономики, настойчиво сигнализирует о необходимости разработки концепций, алгоритмов перевода социально-экономических систем на траектории устойчивого развития, определяет актуальность темы и цель исследования, а именно, определение перспективных направлений совершенствования математического аппарата исследования социально-экономических

процессов. Достижение указанной цели требует решения следующих задач:

1. Изучить концепции, модели устойчивого регионального развития.
2. Сформулировать актуальные задачи моделирования социально-экономических процессов.
3. Сделать выводы.

#### *Обзор литературы*

Динамизм процессов протекающих в социально-экономических системах, определил их рассмотрение, преимущественно, с позиции системного подхода, с применением возможностей прикладного инструментария системного анализа, центральное место в котором занимает моделирование. Моделирование, есть построение и изучение моделей реально существующих предметов, явлений, живых и неживых систем, инженерных конструкций, разнообразных процессов – физических, биологических, химических, социальных, для определения, уточнения их характеристик, рационализации способов их построения [1]. Настоящее определение, содержит указание на субъектно-объектное отношение, по поводу целенаправленного изменения модели.

Модель (лат. Modelium - мера, образ, способ) – это система, исследование которой является средством получения информации о другой системе [2]. Академик Н. Моисеев формулирует ценность модели следующим образом: «Модель содержит в себе потенциальное знание, которое человек, исследуя ее, может приобрести, сделать наглядным и использовать в своих практических, жизненных нуждах» [3]. Необходимость сходства модели с объектом исследования, отражена в определении В. Могилевского, «моделью называется специально синтезированный для удобства исследователя объект, который обладает необходимой степенью подобия исходному» [4].

Исследовательская направленность модели логично предполагает предъявление к ней следующих требований:

- адекватность, или способность модели воспроизвести интересующую исследователя проблему;
- точность, близость к данным наблюдения за объектом исследования;
- универсальность, применимость модели к ряду однотипных объектов;
- экономичность, сопоставимость качества модели, которое интегрирует показатели адекватности, точности и универсальности, и затрат на построение и исследование модели. Удачной следует признать модель, в рамках которой достигается компромисс между результатами исследования и затратами на их проведение.

Именно об этом, говорит Нейлор Т., указывая на то, что, качество модели определяется тем, насколько успешно, в соответствии с целью исследования, в ней сочетаются два противоречивых начала – простота и реализм [5]. С одной стороны, модель должна быть реалистичной, отражать наиболее существенные качества исследуемого объекта, а с другой стороны, она должна быть достаточно простой, недорогой, удобной в применении, в том числе и в практической деятельности.

Исследовательский потенциал модели не ограничивается возможностью наблюдения за поведением проблемы. По мнению Рута и Хэннона, модели разрабатываются и используются для того, чтобы понять влияние решений, на интересующую исследователя часть реальности или проблемы [6].

Особенности моделирования обеспечили ему на протяжении нескольких веков заметное место в методологии общественных наук. Отмечая системность знаний, преимущество социологии к абстрактным наукам, О. Конт объединил общественные науки в рамках социальной физики [7]. Настолько естественной для точных наук является классификация Конта общественного знания на социальную статику и

социальную динамику! В дальнейшем, моделирование способствовало пониманию и решению парадокса Кондорсе, нашедшего обобщение в теореме Эрроу [8].

Первые работы, в которых моделирование применяется, как метод анализа экономических процессов, связаны с именами Ф. Кенэ и А. Курно. Если первый, в соответствующих таблицах, представил статичное описание макроэкономики, то второй рассмотрел динамику дуополии, значительно расширив границы применения моделирования [9,10]. В последующие годы происходит интенсивное освоение математикой пространства макро и микроэкономики. Вначале У. Джевонс, в рамках соответствующих моделей, формулирует теорию предельной полезности, а затем Л. Вальрас, А. Маршалл и Ф. Эджворт завершают оформление математического инструментария экономической классики.

Мировой экономический кризис, в начале прошлого века, привлек внимание науки к проблеме макроэкономического равновесия. В работах Дж. Кейнса, Р. Солоу, П. Самуэльсона, в значительной степени определивших уровень анализа в области экономической науки, акцент переносится в сторону вопросов, связанных с исследованием макроэкономики в точке равновесия или ее окрестности. Развитие в рамках равновесной концепции представляет последовательность равновесных состояний, чередующихся непродолжительными переходными процессами. Пожалуй, в наибольшей степени такому представлению о развитии динамических процессов соответствует известное изречение Лейбница о том, что «природа не делает скачков» [11].

Соответственно, в математическом аппарате исследования преобладают равновесные модели, основанные на предположении о линейности оператора эволюции системы, гладкости аппроксимирующих функций. Такой характер поведения переменных предоставляет возможность применения аппарата дифференциального, интегрального

исчисления, аналитического определения траекторий развития экономики [12].

Рост масштаба общественного производства на фоне возрастающей актуальности экологической проблематики, межнациональных, межконфессиональных противоречий, стали отправной точкой перехода к новому состоянию мира. Региональные проблемы перестают носить локальный характер и приобретают глобальное значение, а страны, регионы, люди становятся частью единой социально-экономической системы, в которой элементы, их поведение тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены.

Наряду с преимуществами глобализации, которые выражаются в возможности доступа к международным, межрегиональным рынкам товаров, факторов производства, совершенствования технологий, регионы сталкиваются с новыми проблемами, отток капитала, рабочей силы, обострение демографических, экологических проблем, которые в совокупности определяют существование множества дисбалансов региональной экономики, неравновесный характер ее развития, а также острое противоречие между содержанием научной проблематики и возможностями математического аппарата.

Осознание неравновесного характера динамики социально-экономических систем, их открытости, а, следовательно, и зависимости от состояния макросистем, стимулировали интерес к проблеме устойчивости траекторий регионального развития по отношению к возмущениям внешней среды, изменению режима управления. Более настойчиво, в теоретико-методологическом базисе исследования социально-экономических систем, наряду с равновесными моделями, занимают место и такие, относительно новые области знаний, как синергетика, теория бифуркаций, теория катастроф, системная динамика.

Синергетика – междисциплинарное направление науки, изучающее общие закономерности явлений и процессов в сложных неравновесных системах на основе присущих им принципов самоорганизации [13]. В научный оборот термин ввел физиолог Шеррингтон в ходе исследования мышечных систем и управления ими со стороны спинного мозга. Впоследствии, термин был использован Г. Хакеном, при изучении законов самоорганизации сложных систем [14]. Оказалось, что принципы самоорганизации сложных систем одни и те же, безотносительно природы систем, а, следовательно, могут быть представлены общим для них математическим аппаратом. К наиболее значительным качественным выводам исследований сложных систем можно отнести следующие положения [15,16,17,18,19]:

1. Неравновесность системы является необходимым признаками ее развития. С позиции синергетики, развитие системы представляет собой последовательность ее состояний вблизи некоторого равновесного уровня, с последующим переходом на новый уровень развития, характеризуемый обновленной структурой. Для перехода на качественно новый уровень, система должна потерять устойчивость.
2. Лишь достаточно сложные системы способны к эволюции. Количество, многообразие связей между элементами системы определяют ее способность к самоорганизации. Недостаточно сложные системы под воздействием внешних сил разрушаются.
3. Ключевой ингредиент механизма самоорганизации – случайные отклонения в поведении элементов системы (флуктуации). Оказывается, что случайные флуктуации элементов системы способны в совокупности определить системное поведение. Причем, чем дальше система от равновесного состояния, тем отчетливее корпоративный характер поведения ее элементов. Если в стабильных, адаптивных системах такие отклонения погашаются отрицательными обратными связями, то в

эволюционирующих системах, они накапливаются, и при достаточной энергии из вне, способны расшатать систему, и через краткосрочное хаотическое состояние привести к ее новому порядку.

4. Развивающаяся система должна быть открытой, что позволяет получать энергию из внешней среды, необходимую для самоорганизации и упорядоченности. Закрытая система, согласно второму началу термодинамики, приходит к состоянию с максимальной энтропией и прекращает эволюцию.

5. Установление стабильного режима функционирования системы сопряжено с прохождением точек бифуркаций, или состояний, характеризуемых высокой степенью неопределенности выбора пути развития.

Одной из насущных задач анализа динамики социально-экономических систем является оценка чувствительности к изменению значений параметров. Теоретическим базисом такого анализа являются положения теории бифуркаций. Основные идеи теории восходят к работам А. Пуанкаре, А.М. Ляпунова. Слово бифуркация означает «раздвоение» и употребляется как обозначение скачкообразного изменения, происходящего при плавном изменении значений параметра в системе [20]. Теория бифуркаций изучает изменение качественной картины разбиения фазового пространства системы при изменении значений ее параметров. Применительно к социально-экономическим системам изучение фазового пространства представляет значительный интерес, так как принятие решений необходимо учитывает различные сценарии развития условий внешней среды, вариацию режимов управления, а, следовательно, и реакцию системы на такие изменения. С позиции теории бифуркаций, хорошей системой следует признать ту, в которой удастся достичь компромисса между грубостью и чувствительностью,

реактивностью системы. Грубая система — это такая, качественный характер движений которой не меняется при достаточно малом изменении параметров [21]. Грубость позволяет сохранить характер развития при незначительном изменении условий внешней среды, в то время как чувствительность отличает систему, способную своевременно реагировать на управляющие команды.

Идея теории бифуркаций развиты в положениях теории катастроф. Катастрофой называется скачкообразное изменение, возникающее в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий [22]. Вот несколько качественных выводов этой теории, применительно к нелинейно системе, находящейся в установившемся устойчивом состоянии, признанном плохим, поскольку в пределах видимости существует лучшее, более предпочтительное состояние системы:

1. Постепенное движение в сторону лучшего состояния сразу же приводит к ухудшению. Скорость ухудшения при равномерном движении в сторону лучшего состояния увеличивается.
2. По мере движения от худшего состояния системы к лучшему, сопротивление системы ее изменению возрастает.
3. Максимум сопротивления достигается раньше, чем худшее состояние, через которое необходимо пройти для достижения лучшего состояния. После максимума сопротивления состояние системы продолжает ухудшаться.
4. По мере приближения к самому плохому состоянию, сопротивление системы, с некоторого момента начинает уменьшаться, и как только самое плохое состояние пройдено, не только полностью исчезает сопротивление, но система начинает притягиваться к лучшему состоянию.
5. Величина ухудшения необходимого для перехода в лучшее состояние, сравнима с финальным улучшением и увеличивается по



мере совершенствования системы. Слабо развитая система может перейти лучшее состояние почти без предварительного ухудшения, в то время как, развитая система, в силу своей устойчивости, на такое постепенное, непрерывное улучшение не способна.

6. Если систему удастся сразу, скачком, а не непрерывно, из устойчивого плохого состояния достаточно близко к хорошему, то дальше она сама собой будет эволюционировать в сторону хорошего состояния.

Графической иллюстрацией приведенных положений, может служить динамика перестройки хозяйственной системы России, представленная на рисунке1.

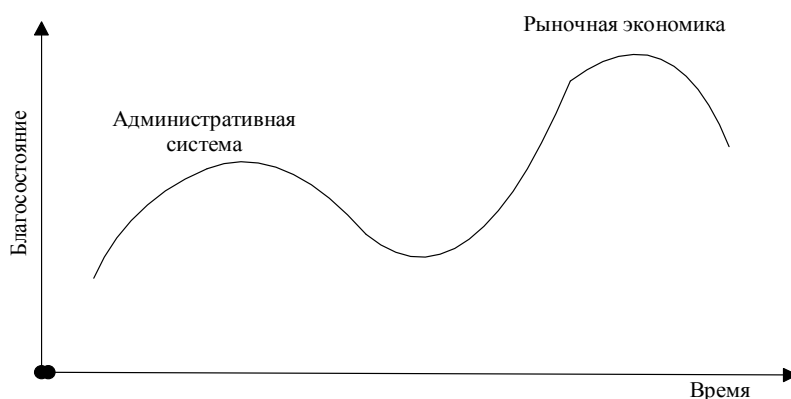


Рисунок 1. Переход российской экономики к лучшему состоянию [23]

Теория нелинейных динамических процессов постулирует общие принципы развития сложных систем. Их применимость к социально-экономическим системам обусловлена тем, что:

1. Такие системы являются сложными, то есть не сводятся редукцией к сумме их компонент;
2. Социально-экономические процессы устойчиво несбалансированны. Среди дисбалансов: неравновесие рынка товаров, которое является следствием задержки предложения по отношению к спросу, дисбаланс между потребностями экономики и предложением факторов производства, дефицит регионального бюджета,

экологическое неравновесие, дисбаланс между экономикой и социальной сферой региона, актуальные противоречия политического, межнационального характера и др;

3. Социально-экономическая система открыта по отношению к системам макроуровня. Регион получает и передает внешней среде товары, факторы производства, информацию, природные, энергетические ресурсы.

Отмечая успехи в разработке теоретических основ нелинейных динамических процессов, возрастающее понимание их фундаментального значения в изучении регионального развития следует, однако, признать значительный потенциал соответствующих прикладных разработок. Практика управления убедительно свидетельствует о насущной необходимости совершенствования методологии, прикладного инструментария исследования системных процессов [24].

Органы регионального управления находят широкое применение возможностям моделирования, в форме схем, графиков, уравнений, при планировании производственной деятельности, распределении бюджетных средств, формулировании регламентов взаимодействия органов власти и др. На стратегическом уровне управления применяется мысленное моделирование, обыгрывание ситуаций, как правило, в рамках узкого контекста. Пожалуй, общими чертами, применяемых средств анализа, являются ориентация на статичные свойства объекта, краткосрочный горизонт исследования, ограниченность проблемы, несовместимая с системным, динамическим характером современных задач науки.

Совершенно очевидным становится противоречие между аналитическими, прогностическими возможностями органов регионального управления и содержанием региональной проблематики. Острота противоречия зависит от ряда факторов, имеющих объективный или субъективный характер.

Естественным ограничением сферы применения моделирования выступает либо несоответствие существующих моделей отмеченному выше неравновесному, нелинейному характеру развития, либо их излишняя теоретизированность, исключающая получение надежных результатов, имеющих практическое значение. В этой связи, как не вспомнить слова В. Леонтьева, о том, что росту недоверия к результатам анализа, полученных на основе моделей, служит «пренебрежение академической экономической наукой упорным, эмпирическим, систематическим анализом и увлечение изящными, но пустыми, формальными, главным образом математическими, теоретическими упражнениями». Ситуация усугубляется тем, что проверка адекватности моделей часто носит формальный характер, и как результат, большое количество работ в области математического моделирования региональных систем, и исключительные примеры использования результатов исследований в ежедневной деятельности органов государственного управления.

Указанные противоречия обуславливают необходимость совершенствования методологии исследования региональных процессов. Среди направлений такого улучшения, наиболее перспективными представляются:

1. Рассмотрение региона как сложной, развивающейся системы, поведение которой формируется в результате взаимодействия ее элементов, самой системы и внешней среды. При этом, характер эволюции социально-экономических процессов, формируется обратными информационными связями. Положительные обратные связи инициируют и развивают изменения в системе, а отрицательные обратные связи обеспечивают ее устойчивость.

2. Организация исследования с позиции междисциплинарного подхода. Доминирующая точка зрения о достаточности для моделирования

социально-экономических процессов определенного уровня математической подготовки, трансформируется в представления о необходимости коллективной исследовательской работы, объединяющей усилия специалистов разных областей знаний, сфер производства и управления. Опыт моделирования сложных систем убедительно свидетельствует о возможности и необходимости интеграции знаний в области психологии, менеджмента, организационного развития.

3. Создание моделей адекватных сложному, нелинейному характеру социально-экономических процессов, на основе возрастающих возможностей вычислительной техники, обеспечивающих решение задач анализа, прогнозирования регионального развития. Как представляется, решению этой задачи будет способствовать большая практическая ориентация исследований, а высокой оценкой качества научных разработок может стать их применение в повседневной работе органов регионального управления.

Среди причин препятствующих практической реализации возрастающих возможностей моделирования можно отметить и субъективные факторы: устойчивый линейный тип мышления, ориентация на краткосрочные задачи, которые игнорируют пропорции региональных воспроизводственных циклов, тенденции развития внешней среды. Представляется, что курс на постепенное повышение уровня требований к региональному управлению, обострение конкуренции на межрегиональных рынках товаров, факторов производства будет способствовать ориентации на глубокий, систематический анализ региональных процессов, и на этой основе развитию ментальной модели регионального управления.

Критический анализ возможностей прикладного инструментария науки, относительно сложных, динамических проблем регионального развития позволяет обосновать вывод о необходимости

совершенствования методологического обеспечения исследований социально-экономических процессов с позиции системного подхода, на основе объединения усилий научных работников, специалистов в сфере государственного управления, информационных технологий, в направлении поиска алгоритмов устойчивого общественного прогресса.

### *Заключение*

Возрастающая роль регионов в решении задач модернизации России, на фоне их значительной дифференциации, хронической финансовой ресурсной, трудовой несбалансированности определяет актуальность поиска алгоритмов устойчивого прогресса. Не последнюю роль в решении такой задачи призваны сыграть модели, отражающие структуру региональных воспроизводственных циклов, и таким образом развивающие представление о связи структуры региона и его системного поведения.

Решение указанной задачи может быть найдено в сформулированных в статье направлениях совершенствования математического аппарата исследования региональных процессов.

### **Литература**

1. Моделирование // Большая советская энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1974. — Т. 16 : Мезия — Моршанск. — 592 с.
2. Уемов А. И. Логические основы метода моделирования. — М.: Мысль, 1971. — 311с.
3. Моисеев Н.Н. Системный анализ: математические методы. - М.: Наука, 1983. — 426с.
4. Могилевский В.Д. Методология систем. - М.: Экономика, 1999. — 268с.
5. Нейлор Н. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем: пер. с англ. - М.: Мир, 1975. — 336с.
6. Ruth M., Hannon B., 1997. Modeling dynamic economic systems. Springer Verlag, New York.
7. Конт О. Общий обзор позитивизма / Перевод с французского И. А. Шапиро. Под ред. Э. Л. Радлова. — Изд. 2-е. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. — 296 с.
8. Arrow K. J, Social Choice and Individual Values, London, 1951
9. Кенэ Ф. Избранные экономические произведения. — М.: Соцэкгиз, 1960.

10. Аникин А. В. Глава шестнадцатая. «Школа Сэя» и вклад Курно // Юность науки: Жизнь и идеи мыслителей-экономистов до Маркса. — 2-е изд. — М.: Политиздат, 1975. — 384 с.
11. Латинско-русский и русско-латинский словарь крылатых слов и выражений: [Электронный ресурс]. URL: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/latin\\_proverbs/5031](http://dic.academic.ru/dic.nsf/latin_proverbs/5031).
12. Камалян Р.З., Камалян З.Р., Мнацаканян А.Р. Математические модели управления процессами региональной экономики // Сфера услуг: инновации и качество. — 2012. — №8. — С.60-65.
13. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Основы теории сложных систем. -Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. — 620 с.
14. Хакен Г. Синергетика. - М.: Мир, 1980. — 403с.
15. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. — 512 с.
16. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986.
17. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М.: Наука, 1985.
18. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. — М.: Мир, 1990.
19. Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. М.: Мир, 1991
20. Арнольд В. И., Афраймович В. С., Ильяшенко Ю. С., Шильников Л. П.. Теория бифуркаций // Динамические системы—5. Итоги науки и техники. Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. — М.: ВИНТИ, 1986. — Т. 5. — С. 5—218.
21. Андронов А. А., Леонтович Е. А., Гордон И. М., Майер А. Г. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. — М.: Наука, 1967
22. Горелик Г С, Айаерман М А / Под ред. Леонтович М.А. и др. — М.: Изд. АН СССР, 1955. — 718 с.
23. Арнольд В.И. Теория катастроф. — 3-е изд., доп. — М.: Наука, 1990. — 128с.
24. Симанко В.С. Шпех И.А., Саакян Р.Р. Процедурно-ролевой алгоритм построения и анализа дерева целей сложной системы в задаче определения критериев их достижения // Информатика и системы управления. — 2013. - 2(36). —С. 64-72.

## References

1. Modelirovanie // Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija : v 30 t. / gl. red. A. M. Prohorov. — 3-e izd. — М. : Sovetskaja jenciklopedija, 1974. — Т. 16 : Mezija — Morshansk. — 592 s.
2. Uemov A. I. Logicheskie osnovy metoda modelirovanija. — М.: Mysl', 1971. — 311s.
3. Moiseev N.N. Sistemnyj analiz: matematicheskie metody. - М.: Nauka, 1983. — 426s.
4. Mogilevskij V.D. Metodologija sistem. - М.: Jekonomika, 1999. — 268s.
5. Nejlor N. Mashinnye imitacionnye jeksperimenty s modeljami jekonomicheskikh sistem: per. s angl. - М.: Mir, 1975. — 336s.
6. Ruth M., Hannon B., 1997. Modeling dynamic economic systems. Springer Verlag, New York.
7. Kont O. Obshhij obzor pozitivizma / Perevod s francuzskogo I. A. Shapiro. Pod red. Je. L. Radlova. — Izd. 2-e. — М.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2011. — 296 s.
8. Arrow K. J, Social Choice and Individual Values, London, 1951

9. Kenje F. Izbrannye jekonomicheskie proizvedenija. — M.: Socjkgiz, 1960.
10. Anikin A. V. Glava shestnadcataja. «Shkola Sjeja» i vklad Kurno // Junost' nauki: Zhizn' i idei myslitelej-jekonomistov do Marksa. — 2-e izd. — M.: Politizdat, 1975. — 384 s.
11. Latinsko-russkij i russko-latinskij slovar' krylatyh slov i vyrazhenij: [Jelektronnyj resurs]. URL: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/latin\\_proverbs/5031](http://dic.academic.ru/dic.nsf/latin_proverbs/5031).
12. Kamaljan R.Z., Kamaljan Z.R., Mnacakanjan A.R. Matematicheskie modeli upravlenija processami regional'noj jekonomiki // Sfera uslug: innovacii i kachestvo. — 2012. — №8. — S.60-65.
13. Loskutov A. Ju., Mihajlov A. S. Osnovy teorii slozhnyh sistem. -Izhevsk: Institut komp'juternyh issledovanij, 2007. — 620 s.
14. Haken G. Sinergetika. - M.: Mir, 1980. — 403s.
15. Nikolis G., Prigozhin I. Samoorganizacija v neravnovesnyh sistemah: Ot dissipativnyh struktur k uporjadochennosti cherez fluktuacii. M.: Mir, 1979. — 512 s.
16. Prigozhin I., Stengers I. Porjadok iz haosa: Novyj dialog cheloveka s prirodoy. M.: Progress, 1986.
17. Prigozhin I. Ot sushhestvujushhego k vznikajushhemu: Vremja i slozhnost' v fizicheskikh naukah. M.: Nauka, 1985.
18. Nikolis G., Prigozhin I. Poznanie slozhnogo. — M.: Mir, 1990.
19. Haken G. Informacija i samoorganizacija: Makroskopicheskij podhod k slozhnym sistemam. M.: Mir, 1991
20. Arnol'd V. I., Afrajmovich V. S., Il'jashenko Ju. S., Shil'nikov L. P. Teorija bifurkacij // Dinamicheskie sistemy—5. Itogi nauki i tehniki. Sovremennye problemy matematiki. Fundamental'nye napravlenija. — M.: VINITI, 1986. — T. 5. — S. 5—218.
21. Andronov A. A., Leontovich E. A., Gordon I. M., Majer A. G. Teorija bifurkacij dinamicheskikh sistem na ploskosti. — M.: Nauka, 1967
22. Gorelik G S, Ajaerman M A / Pod red. Leontovich M.A. i dr. — M.: Izd. AN SSSR, 1955. — 718 s.
23. Arnol'd V.I. Teorija katastrof. — 3-e izd., dop. — M.: Nauka, 1990. — 128s.
24. Simanko V.S. Shpeh I.A., Saakjan R.R. Procedurno-rolevoj algoritm postroenija i analiza dereva celej slozhnoj sistemy v zadache opredelenija kriteriev ih dostizhenija // Informatika i sistemy upravlenija. — 2013. - 2(36). —S. 64-72.