СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИНВЕСТИЦИОННОМУ РОСТУ: СОВРЕМЕННЫЙ ОТВЕТ КЕЙНСИАНСКОЙ ТЕОРИИ[1]

В.В. Акбердина,
к.э.н.,
ИЭ УрО РАН,
А.В. Гребенкин,
д.э.н.,
ИЭ УрО РАН

Ключевые слова: синергетические модели, инвестиционная динамика, теория катастроф, самоорганизация

Развитие эволюционной экономической теории во многом зависит от выбора методологии оценки экономического роста. Лишь недавно было осознано[2], что экономические системы принадлежат к классу так называемых «открытых систем», интенсивно изучаемых в последнее время в естественных науках. Построение математических моделей неравновесных процессов в макроэкономических системах, опирающихся на изучение феномена «открытости», наталкивается в экономической теории на ряд трудностей не только технического, но и принципиального характера. Поэтому разработка способов изучения эволюции открытых социально-экономических систем, в том числе и на мезоуровне, и развитие методов прогнозирования инвестиционной динамики в рамках такого подхода являются актуальной научной проблемой. Р. Нельсон и С. Уинтер указывали, что «эволюционные экономические построения должны иметь дело с динамикой, а не вовлекаться в неоправданную трату времени на рассмотрение селекционного равновесия как аналога более ортодоксальных концепций экономического равновесия».[3]

Исследование синергетических моделей управления социально-экономическими системами становится в последнее время особенно востребованным. В рамках синергетических представлений развитие экономической системы представляет собой качественное изменение ее структуры и функционирования за счет кооперативного взаимодействия ее компонентов. Как и любая другая сложная открытая система, последняя проходит через чередование стадий порядка и хаоса.

Социально-экономическая система и ее компоненты в неустойчивом состоянии подвергаются изменениям – флуктуациям, которые экономика до опре-

[1] Исследование выполнено при финансовой поддержке интеграционного проекта «Разработка методологии и обоснование моделей инновационной динамики технологического развития региональной экономики на основе синергетического подхода» целевой программы УрО РАН поддержки междисциплинарных проектов, выполняемых в содружестве с учеными СО и ДВО РАН.

[2] Климонтович Ю. Л. Введение в физику открытых систем // Сорос. образоват. журнал. 1996. № 6. С. 109–116. Милованов В.П. Синергетика и самоорганизация: экономика. М.: Едиториал УРСС. 2005. 168 с. Егорова А.В., Егоров Д.Г. Самоорганизация экономического процесса с позиций нелинейной термодинамики // Общественные науки и современность. 2003. № 4. С. 135-146. Быстрай Г. П. Нелинейная экономика // Деловой мир. 1993. № 61.

[3] Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. М.: Дело. 2002. С. 219.

деленного предела может нейтрализовать, чему способствует устойчивость ее структуры в течение эволюционного периода. При превышении флуктуирующими параметрами критических значений наступает момент, когда изменение параметров приводит к скачкообразному переходу экономики в качественно иное состояние, на новую траекторию развития. Так наступает точка бифуркации – точка ветвления вариантов развития. Таким образом, при изменяющихся внешних условиях эволюция системы представляет собой последовательность различных аттракторов, переход между которыми происходит через неустойчивые состояния и бифуркации. [1]

В этой связи, основой моделирования технико-экономического развития должна стать **инвестиционная динамика**, понимаемая в категориях синергетического подхода и отражающая нелинейные взаимосвязи неравновесных процессов обновления капитала, технологических изменений и социально-экономического роста в открытых экономических системах. Синергетический подход существенно отличается от традиционно используемого кейнсианского похода, в основе которого лежит большое число макроэкономических допущений и упрощений, а также линейные зависимости показателей национального дохода и инвестиций.

Определенную долю пессимизма по поводу возможности применения кейнсианских подходов вносит и затруднительность экономической интерпретации при механическом использовании формулы акселератора на траекториях отрицательной динамики основных макроэкономических параметров.

Такое положение объясняется неточной трактовкой понятия инвестиций в моделях эффекта акселератора, где отрицательные приросты показателей результатов (ВРП, ВДС, объемов производства и т.п.) сопоставляются с абсолютными значениями валовых инвестиций. Полученные в результате таких сопоставлений отрицательные значения акселератора не поддаются какой-либо смысловой трактовке.

Согласно положениям теории акселератора, инвестиции, используемые в расчетах, имеют такой же приростный характер, как и результаты их применения, т.е. речь идет о приросте стоимости нового капитала к стоимости существующего. Такое понимание формул акселератора исключает амортизационные отчисления из состава инвестиций. При этом абсолютное уменьшение (отрицательные значения) основного капитала (стоимости основных фондов) вызывают абсолютные сокращения (отрицательные значения) результатов. Исключение составляют переходные этапы (от роста к падению или от падения к росту), где в силу инерционного характера действия акселератора его значения могут потерять смысл предыдущей трактовки.

Вместе с тем, к достоинствам кейнсианского подхода следует отнести раскрытие экономической сущности инвестиционного мультипликатора и акселератора, которые применительно к инвестиционной динамике в рамках синергетики будут рассмотрены ниже.

---

[1] Под точкой бифуркации в данном исследовании понимается значение исследуемого параметра, при котором динамическая система является структурно неустойчивой (см. Малиновский Г.Г., Потапов А.Б. Нелинейная динамика и хаос. Основные понятия. М.: Комкнига. 2006. С. 129).

При синтезе и анализе социально-экономических систем синергетические модели представляют интерес для выявления «узких мест», возникающих в ходе развития системы. В случае построения адекватных моделей могут быть проанализированы альтернативные экономические стратегии и дан прогноз развития системы при различных управляющих воздействиях.

Необходимо заметить, что хотя синергетические модели позволяют лишь качественно (на концептуальном уровне) описать исследуемые явления, тем не менее, с их помощью можно выявлять различные нелинейные особенности изучаемых процессов, что невозможно сделать в рамках имитационных моделей. Кроме того, ценность этих моделей состоит в том, что они позволяют исследовать влияние различных эндогенных и экзогенных факторов на поведение нелинейных траекторий изучаемой системы.

В настоящее время в экономической науке имеются трудности с практической реализацией синергетического подхода, связанные, прежде всего, с отсутствием формализованного языка описания неравновесных процессов в социально-экономических системах. Затруднения обусловлены плохо формализуемой иррациональной деятельностью человека, наличием задач с последействием, дискретным характером представляемых статистических данных, более широким спектром частотных характеристик внешних воздействий и т. д.

Работы зарубежных и российских авторов показали, что исследование устойчивости стационарных состояний эффективно осуществляется **методами теории катастроф**, [1]которая позволяет в результате обработки исторических (статистических) данных о социально-экономическом положении региона дать оценку текущего состояния с точки зрения локальной или глобальной устойчивости в наглядном графическом виде, определить точки равновесия и исследовать временную деформацию потенциальных функций, а значит и формализовать на мезоуровне задачи так называемого устойчивого развития объектов и управление ими. [2]

Ключевым моментом синергетического подхода является понятие самоорганизации системы. Под **самоорганизацией региональной социально-экономической системы** будем понимать скачкообразное движение системы к устойчивой точке равновесия (или «норме хаотичности») [3]вследствие реализации принимаемых управленческих решений по выбранным критериям в инвестиционной сфере.

В целях проверки реализуемости синергетического подхода для инвестиционной динамики были обработаны реальные статистические данные [4]по **Свердловской области за период 1995-2007 гг.** Статистические данные, участвовавшие в процессе анализа, исследовались как в полном объеме, так и по частям. Декомпозиция производилась в соответствии с принципом поиска локаль-

---

[1] Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. М.: Мир, 1984. Т. 1, 2.

[2] Г.П. Быстрай. Методы синергетики в анализе структурных сдвигов в промышленности: Разработка унифицированных моделей и алгоритмов анализа устойчивости текущих состояний в условиях внешнего и внутреннего управления // Вестн. кибернетики. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2003, в.2, с. 71-88.

[3] Там же.

[4] Центральная база статистических данных Федеральной службы государственной статистики, www.gks.ru

ных максимумов и минимумов, суть которого заключается в изучении изменения тенденции поведения системы на небольших интервальных участках, в связи с этим фиксируется момент времени изменения тенденции, который и является началом нового интервала. В результате получаются интервалы данных различной продолжительности. Таким образом, обеспечивается более точная аппроксимация модели экспериментальным данным на каждом из участков разбиения.

Большое внимание в анализе было уделено определению устойчивости текущего социально-экономического положения Свердловской области, описанию бистабильных и хаотических режимов в предкризисном периоде 1995-1997 гг., в период кризиса 1998 года, в период последующего восстановительного роста 1999-2003 гг. и периода стабилизации развития до 2008 года.

Целью данного исследования являлась разработка в рамках синергетического подхода и теории катастроф принципов и количественных моделей развития региональной социально-экономической системы на основе математического описания нелинейной инвестиционно-инновационной динамики, а также формулировка задач по созданию условий для самоорганизации системы и достижения устойчивого равновесия путем инновационного фазового перехода (скачка).

В этой связи, основные гипотезы касались наличия статистически значимой зависимости между выбранными показателями и виду аппроксимирующей нелинейной функции.

Главная идея нелинейной динамики состоит в том, что многие сложные системы могут быть просто описаны с помощью нескольких переменных – параметров порядка. В наиболее важных областях пространства параметров, где меняется число или устойчивость решений, систему можно описывать с помощью одних и тех же соотношений. Это требует локального анализа поведения системы. [1]К простейшим математическим моделям нелинейной динамики можно отнести модели, описывающие диссипативные системы с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений.

Первым этапом нелинейного моделирования инвестиционно-инновационной динамики является выбор аппроксимирующей функции для ограниченного числа взаимосвязанных показателей. Обработка экспериментальных данных в каждом случае производилась методом наименьших квадратов. Во всех случаях было опытным путем доказано, что **наилучшей аппроксимирующей функцией является полиномиальная функция** различных степеней вида. В дальнейшем сравнение прогностических качеств моделей производилось только по числу степени полинома.

Естественным образом подтвердилось наличие тесной связи между среднедушевым ВРП и такими показателями, как инвестиции и затраты на исследования и разработки, приведенные на душу населения. Была установлена высокая связь между инвестициями и денежными доходами населения. Значимая корреляция наблюдается между денежными доходами и инвестициями, а также затратами на исследования и разработки.

---

[1] Братченко Н.Ю. Разработка схемы исследования нелинейных динамических систем // Вестник ТИСБИ. – 2005 г. – Выпуск № 2.

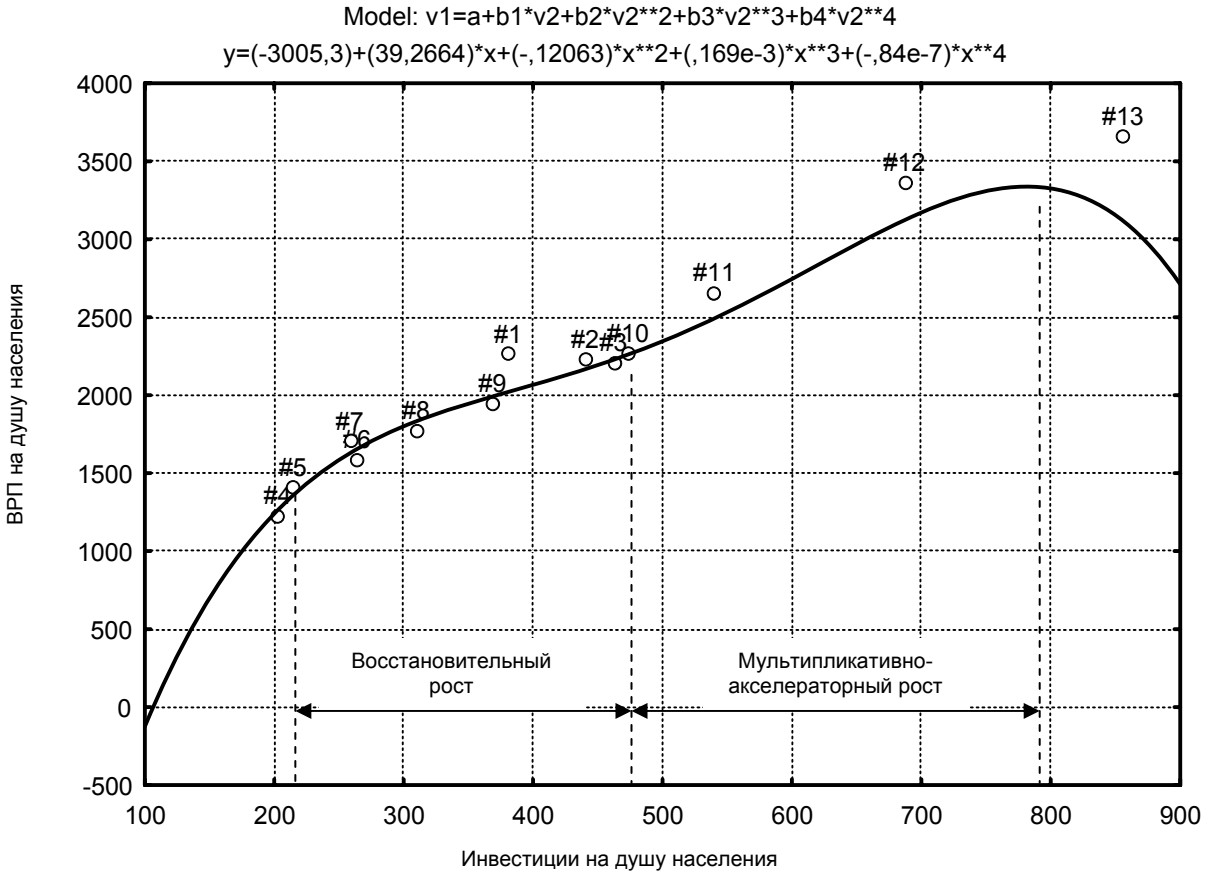
Пары зависимостей, по которым наблюдалась тесная связь (коэффициент корреляции 0,70-0,99), были обработаны полиномами различных степеней. Так, например, в большинстве случаев экспериментальные данные обрабатывались полиномом 4-й степени

$$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3 + b_4 x^4 \qquad (1)$$

Параметры b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 определялись для функции $y=f(x)$ из статистических данных. Такой полином, связанный с катастрофой сборки, дает три точки равновесия, две из которых могут быть устойчивыми, для катастрофы двойственной сборки имеется только одна устойчивая точка равновесия, которая может стать неустойчивой. [1]

В качестве примера приведем оценку модели ***v = f (i)***, где *v* - среднедушевой ВРП, *i* – среднедушевые инвестиции в основной капитал. Коэффициент корреляции у этой пары переменных является максимальных из всех – 0,99.

На рис. 1 представлена потенциальная модель, описывающая зависимость среднедушевого ВРП от среднедушевых инвестиций в основной капитал. Экспериментальные данные были обработаны полиномом 4-ой степени, что позволило выделить **два максимума – локальный** (период 2000-2001 гг.) **и глобальный** (2006-2007 гг.).



[1] Г.П. Быстрай. Методы синергетики в анализе структурных сдвигов в промышленности: Разработка унифицированных моделей и алгоритмов анализа устойчивости текущих состояний в условиях внешнего и внутреннего управления // Вестн. кибернетики. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2003, в.2, с. 71-88.

Рис. 1 Потенциальная функция для зависимости среднедушевого ВРП от среднедушевых инвестиций в основной капитал за период 1995-2007 гг.: аппроксимирующая функция – полином 4-ой степени (в рамках катастрофы сборки)

Период 2000-2001 гг. характеризуются началом **восстановительного роста** после кризиса 1998 года («точка 4» на рис. 1). Восстановительный период длится до 2004 года, когда инвестиции на душу населения принимают значение на уровне предкризисного 1997 года (на рис. 1 «точка 3» соответствует 1997 году, «точка 10» – 2004 году).

Период 2004-2007 гг. можно назвать **периодом мультипликативно-акселераторного роста**, используя только терминологию и экономическую суть этих явлений, предложенных в кейнсианской теории. На этом сравнение с кейнсианскими моделями роста заканчивается, поскольку эти модели построены на достаточно существенных допущениях и линейных зависимостях. Будем понимать под инвестиционным мультипликаторным ростом такую нелинейную зависимость валовой добавленной стоимости от инвестиций, при которой небольшой прирост вложений в основной капитал вызывает резкий скачок ВРП. Под инвестиционным акселераторным ростом будем понимать такую нелинейную зависимость инвестиций в основной капитал от валовой добавленной стоимости, при которой рост выпуска и, соответственно, добавленной стоимости будет многократно расширять спрос на основной капитал.

В период 2004-2007 гг. первоначально происходило самостоятельное (автономное) возрастание инвестиций, что приводит к увеличению выпуска и добавленной стоимости. Указанное увеличение добавленной стоимости, в свою очередь, начинает вызывать дальнейшее увеличение инвестиций. Называемый эффект будем называть мультипликативно-акселераторным ростом.

Рассмотрение всего анализируемого периода 1995-2007 гг. позволяет сделать следующий вывод. Сбалансированность сбережений и инвестиций зависит в большей степени от изменений в уровне дохода (добавленной стоимости), чем от изменений нормы процента, как полагали экономисты-классики. Более низкий уровень дохода (добавленной стоимости) соответствует меньшему объему сбережений. Равновесие сохранится, если этому меньшему объему сбережений будет соответствовать меньший объем инвестиций. Наоборот, если величина инвестиций больше сбережений, то спустя некоторое время экономика может перейти в новое устойчивое равновесие, соответствующее большему уровню дохода (добавленной стоимости), то есть произойдет самоорганизация системы.

Вместе с тем, как справедливо отмечал Кейнс, рост доходов не может длиться бесконечно и затухает: величина последующих инвестиций постепенно падает. На рис. 1 видно, что при больших значениях инвестиций ($i \to \infty$) ВРП начинает резко падать, что свидетельствует о пределах роста, обусловленного инвестиционным голодом. Валовая добавленная стоимость более не может прирастать только за счет инвестиций. Инвестиции начинают рассматриваться как постоянные затраты, которые в условиях насыщения рынка становятся прямыми убытками. Происходит сокращение инвестиционной деятельности. Поскольку валовые инвестиции в масштабе экономики не могут принимать отрицательных

значений, максимальным пределом, которого могут достигнуть отрицательные чистые инвестиции, является величина амортизации.

Анализируя зависимость, отраженную на рис. 1 можно с уверенностью утверждать, что нелинейная модель $v = f(i)$ имеет устойчивую точку равновесия, в которую экономика будет возвращаться. Эта точка соответствует значениям инвестиций на душу 780 руб. в ценах 1994 года, что соответствует около 40 тыс.руб. в текущих ценах. Вместе с тем необходимо понимать, что эта точка равновесия является промежуточной. Развитие экономики приводит к изменению ее структуры, что в свою очередь вызывает переход к новой точке равновесия – фазовый инвестиционный переход. В качестве новой точки равновесия может рассматриваться значение среднедушевых инвестиций в развитых странах. На сегодняшний день значение инвестиций на душу населения в Свердловской области в 7 раз меньше, чем США, и в 8 раз меньше, чем в Японии.

Кризис 2008 года, естественно, сделал уязвимыми прогнозы развития инвестиционного процесса в условиях мирового спада. Сегодня попытки количественного определения «предела падения» инвестиционной активности, периода перехода на положительную динамику роста и характера (темпов) этой динамики осуществляются в условиях максимальной неопределенности. Социально-экономическая система вновь вошла в состояние хаоса, причем **ростки катастрофы были видны еще в 2007 году** (рис. 1 – «точка 13»).

По этой причине в настоящее время большинство оценок перспектив инвестиционной деятельности ограничиваются только лишь характеристиками «инвестиционного потенциала», «инвестиционных ресурсов», источников и размеров «сбережений» и «накоплений» внешних и внутренних инвестиций, «инвестиционной привлекательности» регионов, отраслей, производств и т.п.

Сегодня в условиях системного экономического кризиса основной причиной угнетения инвестиционного процесса является дефицит инвестиционных ресурсов (накоплений) для формирования производственных мощностей, ориентированных на динамику спроса внутреннего и (или) внешнего рынка на традиционные и новые виды продукции.

В этой связи, актуальными становятся вопросы о **необходимых и достаточных условиях самоорганизации региональной социально-экономической системы.** К таким условиям можно отнести условия, заимствованные из естественных наук: [1]

- постоянный приток отрицательной энтропии[2];
- большие отклонения от равновесия в текущем периоде;
- нелинейность описывающих систему уравнений;
- когерентное (согласованное) поведение подсистем;

---

[1] Грымзин Ю.Н. Энтропия-инфляция – индикатор устойчивости развития социальных систем. Социальные самоорганизующиеся диссипативные структуры// Сетевой журнал «Свои» http://www.smi-svoi.ru

[2] Принцип питания отрицательной энтропией, термодинамическая концепция, выдвинутая Э. Шредингером (1955), согласно которой все, чем питается организм, есть отрицательная энтропия. Любой организм может избежать состояния максимальной энтропии (неупорядоченности), оставаться живым, только постоянно извлекая из окружающей среды отрицательную энтропию.

– усиление отклонений от неустойчивых состояний;
– отбор и спонтанная самоорганизация в макросистемах.

Применительно к инвестиционной динамике в рамках синергетического подхода данные условия можно интерпретировать следующим образом.

Инвесторы при вынесении решения о вложении средств пользуются информацией о доходах, управлении, новой продукции и текущей экономической обстановке. Кроме того, они учитывают готовность других инвесторов осуществлять вложения. Если инвесторы в своей общей массе видят, что тренд соответствует их позитивным ожиданиям, они начинают поступать по примеру других. Смещение меняется, когда доход перестает прирастать за счет инвестиций. Это и было сигналом катастрофы в 2007 году.

Сегодняшняя информация какое-то время влияет на будущее по затухающей кривой и, по статистике, приблизительно через 48 месяцев память о событии теряется. В среднем, как показывают наши исследования, инвестиционные показатели, отстоящие на 42 и более месяцев, не соотносятся и не коррелируются.

Фрактальная структура рынков (товарных и финансовых), таким образом, порождает тренды и непериодические циклы. Кроме того, нелинейные системы склонны к внезапным драматическим переменам. В нормальном распределении изменения имеют место при накоплении значительного количества событий. Большие изменения могут быть разрывными и внезапными. Редкие резкие перемены вызываются изменением периода колебаний, что порождает новые фрактальные последовательности (с новой размерностью).

Можно выделить четыре различных состояния, в которых может находится инвестиционная динамика:

1) случайные блуждания, когда инвесторы действуют независимо друг от друга;

2) переходные рынки: по мере возрастания «коллективного сознания» смещение в настроениях инвесторов может быть причиной продолжительного действия информации;

3) хаотические рынки: настроения инвесторов быстро распространяются в групповом сознании, но фундаментальные условия нейтральны или неопределенны;

4) когерентные рынки: мощные позитивные (негативные) фундаментальные факторы в комбинации с сильными «инвесторскими настроениями» могут порождать когерентные рынки, в которых тренд становится отчетливо положительным (отрицательным), а риск очевидно низким (высоким).

Теория хаоса, таким образом, позволяет измерить динамику неопределенности инвестиционного процесса и найти порядок ее нерегулярности. Она свидетельствует, каким сложным может быть поведение, заключенное в простых детерминистических уравнениях. Теория хаоса говорит, что инвестиционные рынки не эффективны (неустойчивы в своем равновесии), но при этом предсказуемы.

Литература:

Братченко Н.Ю. Разработка схемы исследования нелинейных динамических систем // Вестник ТИСБИ. – 2005 г. – Выпуск № 2.
Быстрай Г.П. Методы синергетики в анализе структурных сдвигов в промышленности: Разработка унифицированных моделей и алгоритмов анализа устойчивости текущих состояний в условиях внешнего и внутреннего управления // Вестн. кибернетики. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2003, в.2, с. 71-88.
Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. М.: Мир, 1984. Т. 1, 2.
Грымзин Ю.Н. Энтропия-инфляция – индикатор устойчивости развития социальных систем. Социальные самоорганизующиеся диссипативные структуры// Сетевой журнал «Свои» http://www.smi-svoi.ru
Климонтович Ю. Л. Введение в физику открытых систем // Сорос. образоват. журнал. 1996. № 6. С. 109–116. Милованов В.П. Синергетика и самоорганизация: экономика. М.: Едиториал УРСС. 2005. 168 с. Егорова А.В., Егоров Д.Г. Самоорганизация экономического процесса с позиций нелинейной термодинамики // Общественные науки и современность. 2003. № 4. С. 135-146. Быстрай Г. П. Нелинейная экономика // Деловой мир. 1993. № 61.
Малиновский Г.Г., Потапов А.Б. Нелинейная динамика и хаос. Основные понятия. М.: Комкнига. 2006.
Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. М.: Дело. 2002. С. 219.