

ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ В КОНТЕКСТЕ ФЕНОМЕНА ХАОСА: ОБЩИЙ ПОДХОД

В статье излагаются основные положения, на которые опирается автор в исследовании экономической эволюции, в контексте методологии нелинейной динамики, акцентирующей внимание на роли хаоса в эволюции неравновесных нелинейных динамических систем.

Нелинейный подход к анализу экономической динамики позволяет корректно формулировать проблему прогнозирования экономической эволюции и управления ею.

Возможность использования для анализа экономической динамики концепции равновесия, получившей наиболее полное развитие в исследованиях Вальраса, Джевонса и Менгера, а позже - Дебрё, Эрроу и Хана [3], [6] ограничена исходной предпосылкой о статичности экономики, для которой в действительности характерна очень сложная динамика. Поскольку в рамках равновесного анализа экономика рассматривается как внутренне устойчивая система, то исследование ее динамики сводится к исследованию изменений устойчивого равновесия в результате экзогенных воздействий. Данный подход, определяющий характер взаимодействия между экономическими переменными как неизменный, исключает из анализа время в качестве независимой переменной. Однако время играет определяющую роль в эволюции сложных систем, которая предстаёт как длительный переход от одного неустойчивого состояния к другому. Сложно организованные пространственно-временные структуры систем возникают из хаотических состояний. В таких самоорганизующихся системах вместо устойчивости и гармонии обнаруживаются эволюционные процессы, приводящие к еще большему разнообразию и усложнению структур [7], [10], [11]. Концепции нелинейности и неустойчивости, впервые сформулированные представителями естественных наук в области нелинейных динамических систем, а также последние работы математиков дают возможность методологически корректно исследовать экономическую динамику [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Таким сложным системам, как экономика присуще нерегулярное, хаотическое поведение, генерируемое их нелинейным характером. Регулярным поведением систем, под которым, как правило, понимают детерминированное поведение, считается поведение, опи-

сываемое дифференциальными и разностными уравнениями, позволяющими рассчитывать динамику систем на основе заданных начальных условий. Однако хаотическое поведение можно обнаружить в системах, описываемых простыми дифференциальными уравнениями [13], из чего следует, что хаос имеет детерминированную природу [12]. Детерминированные нелинейные разностные уравнения первого порядка иллюстрируют возникновение нерегулярных флуктуаций, тогда как в детерминированных линейных разностных уравнениях подобные явления не наблюдаются [4, 164]. Следовательно хаос генерируется именно нелинейным характером системы. Известно также, каким образом нелинейные системы приходят к хаосу [9, 225], [12]. В контексте вышеизложенного введение в макроэкономические модели, основанные на линейных разностных уравнениях [3], [5], [6], нелинейных свойств позволит более фундаментально объяснить экономические флуктуации, чем при традиционном подходе, акцентирующем анализ на случайном экзогенном воздействии. В нелинейных системах относительно небольшие изменения переменных или начальных условий могут также, как и случайные экзогенные воздействия вызывать относительно большие изменения в поведении системы.

Открытие феномена детерминированного хаоса расширяет возможности как экономического моделирования, так и экономического прогнозирования. Нелинейный подход к моделированию экономической динамики позволяет рассматривать генезис стохастических временных рядов вне экзогенных воздействий. Наличие детерминированной природы хаоса позволяет предположить, что некоторые, кажущиеся в большей степени случайными, экономические явления могут оказаться в большей

степени предсказуемыми. Может оказаться небезынтересной интерпретация фундаментальной экономической гипотезы об индивидуальном рациональном или оптимальном поведении в контексте его хаотичности.

Одной из проблем реализации концепции хаоса в исследованиях экономической динамики является методика измерения нерегулярного поведения, которое в детерминированных системах может проявляться в формах: движения к устойчивому фокусу, предельных циклов, флуктуаций типа субгармонических бифуркаций. Для того чтобы отличать нерегулярное поведение систем от регулярного необходимы критерии, на роль которых могут претендовать показатели Ляпунова [4, 180]. Альтернативными подходами к анализу динамического поведения экономических систем являются: нелинейный (стохастический), акцентирующий внимание на эндогенном механизме возбуждения регулярных и нерегулярных флуктуаций и традиционный (линейный), рассматривающий экономические флуктуации как результат воздействия внешних случайных факторов.

Стохастический подход к анализу экономической динамики, основанный на концепции детерминированного хаоса или внутренней неустойчивости, предполагает исследование влияния малых флуктуаций на экономическую эволюцию. Характерным примером такого подхода в экономике является макроэкономическая модель Лукаса [3], [4], [6], основанная на системе линейных разностных уравнений со стохастическими членами. Экономика в ней подразделяется на "острова". Информационные потоки между различными "островами" неполны. Эта географическая особенность означает, что когда агенты отмечают рост цен, они не могут сказать, возросли цены лишь на "острове" их обитания или повсеместно. Таким образом, чисто номинальные колебания цен могут побудить людей к инвестициям. Поскольку капитал, инвестированный в период номинальных колебаний цен, недвижим, эффект проявится лишь некоторое время спустя после возмущения. Можно показать, что в рамках этой модели может быть возбуждено квазипериодическое движение как цен, так и той части дохода, которая инвестирована [4, 187]. Это вполне адекватно объясняет автокорреляции, наблюдаемые в макроэкономических данных.

Линейный подход к объяснению нерегулярного движения, основанный на концепции экзогенного случайного воздействия, сформулирован в результате изучения поведения детерминированных систем. В целом, он опирается на утверждение о том, что детерминированных уравнений без учета каких-либо флуктуаций достаточно для описания экономической динамики по двум причинам. Во-первых, флуктуа-

ции имеют малую интенсивность, Во-вторых, флуктуации проявляются в более быстром по сравнению с макроэкономическими уравнениями временном масштабе. Считается, что подобная точка зрения справедлива только для некоторого ограниченного числа случаев. Даже флуктуации с нулевым средним значением способны сдвинуть систему далеко от равновесия, поскольку небольшие флуктуации могут вызвать структурную перестройку всей динамической системы. Следовательно, флуктуациями в динамическом анализе пренебрегать нельзя [4, 221]. Однако следует подчеркнуть, что этот важный вывод относится только к неустойчивым динамическим системам.

Оба подхода к объяснению нерегулярного поведения экономической системы содержат существенные упрощения реальных экономических процессов. В этой связи необходимо сформулировать критерии для определения того, какой из этих подходов более приемлем. Наиболее приемлемый подход должен отражать основной механизм, который генерирует то или иное экономическое явление. Руководствуясь данным положением, не представляется возможным отдать предпочтение объяснению флуктуаций в моделях делового цикла лишь на основе экзогенных шоков в ущерб пониманию их в терминах нелинейных взаимодействий между переменными. Вместе с тем нельзя отрицать и того, что любая экономика подвержена случайным внешним воздействиям. Необходимость их учета является следствием нашего ограниченного понимания законов природы и других факторов. Единственный способ учесть в экономическом анализе факторы, предсказать которые мы точно не можем, это считать их случайными.

В зависимости от того является система устойчивой или неустойчивой, она по-разному реагирует на внешние воздействия. Если система способна быстро возвращаться к равновесию, то результат внешнего воздействия будет незначителен. Однако, если система неустойчива, то влияние случайных воздействий, даже если их средние значения равны нулю, очень сложно. Неустойчивая система может претерпеть структурную перестройку даже в том случае, когда изменения параметров будут небольшими. Чтобы прогнозировать поведение системы, необходимо построить теорию флуктуаций вблизи критических состояний.

Фундаментальной проблемой экономической теории остается выведение макроэкономических свойств сложных систем на основе элементарных микроскопических свойств составляющих их частей. В частности, предстоит выяснить, какие именно макропеременные при заданных условиях могут оказаться значимыми для описания динамики системы. На данный момент в экономической теории принято счи-

тать, что даже в том случае, когда поведение каждой фирмы или домохозяйства вызвано неопределенным на микроуровне механизмом, макроповедение системы может быть описано несколькими совокупными переменными, что позволяет проводить дальнейший анализ. При этом попытки введения в экономический анализ стохастических факторов остаются в рамках статического анализа. Как исключение, выглядит подход к динамическому анализу социальных систем на основе понятий “статистической физики”, предложенный Вайдлихом и Хаагом [4, 202]. Динамика макроскопических переменных исследуется посредством вероятностного феноменологического описания микромира. В контексте предложенного подхода психология индивидуума (микрофеномен) выступает генератором экономических, политических, технологических, ментальных социальных структур (макрофеноменов), что, кстати, не противоречит гипотезе об антропологическом детерминизме.

В общем, экономическая модель, учитывающая влияние стохастических факторов, должна отражать степень, с которой эти экзогенные воздействия могут влиять на конечные результаты моделирования. Стохастические факторы могут не учитываться в модели, если они оказывают незначительное влияние на ее результаты. Однако флуктуации могут предопределять развитие экономики, даже в том случае, когда оно генерируется детерминированным механизмом. Игнорировать влияние флуктуаций на детерминированное развитие нецелесообразно, если поведение системы рассматривается вблизи критических точек.

Эволюция сложных систем зависит от факторов, предсказать которые с абсолютной точностью невозможно. Обычно подобные факторы рассматриваются как флуктуирующие $F(t)$.

Таким образом, динамику системы, в общем виде представленную как:

$$dx/dt = xt = f(x) + DC2x \tag{1}$$

можно записать следующим образом:

$$dx/dt = f(x) + F(t) \tag{2}$$

где $f(x)$ и $F(t)$, учитывают, соответственно, детерминированные и флуктуирующие факторы.

Если предположить, что функция $F(t)$ относительно мала, то это будет означать, что неустойчивость задана в системе со стороны не флуктуирующих $F(t)$, а - детерминированных факторов $f(x)$.

Для исследования влияния флуктуаций на поведение системы может быть использовано понятие ансамбля [4, 213-216], например ансамбля макросистем, описываемых универсальным множеством макроскопических переменных X_i . Каждая часть ансамбля j подвергается влиянию различных микроскопических флуктуаций F_i и имеет собственную, отличную от дру-

гих траекторию движения $X_{ij}(t)$ даже в том случае, когда значения переменных для начальных условий $X_{ij}(0)$ одинаковы. Обозначив среднюю по ансамблю величину, как $X_i(t) = (1/N) \sum X_{ij}(t)$ по j от 1 до N , флуктуации могут быть определены различными способами, например для всех i имеет место $F_i(t) = 0$, в результате чего получаются два структурно различных случая, показанных соответственно на **рис. 1** и **рис. 2**.

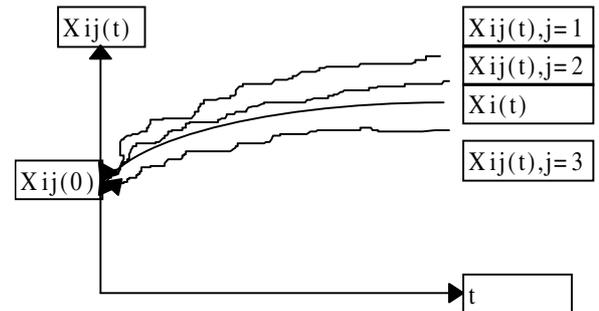


Рис.1. Небольшие отклонения траекторий

В случае решения **уравнения (2)**, показанном на **рис.1**, флуктуирующие факторы, влияющие на микропеременные, приводят к небольшим отклонениям траекторий макроскопических переменных $X_{ij}(t)$ от кривой их среднего по ансамблю значения $X_i(t)$.

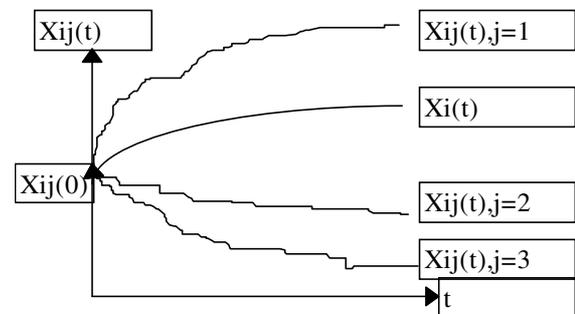


Рис.2. Большие отклонения траекторий.

В случае решения **уравнения (2)**, показанном на **рис.2**, траектории $X_{ij}(t)$ макроскопических переменных, стартовав в окрестности критической точки с незначительно отличающимися начальными значениями $X_{ij}(0)$, значительно отклоняются от средней траектории $X_i(t)$.

Из вышеизложенного следует, что средние значения переменных не подходят для описания эволюции системы. Однако в макроэкономике для описания экономической эволюции обычно используется ограниченное количество агрегированных переменных. Линейный подход к динамическому анализу справедлив только для устойчивых систем. Однако для экономических систем характерна неустойчивость и

нелинейность, что делает их очень чувствительными к малым изменениям параметров. Основной смысл концепции развития к порядку через хаос заключается в следующем: в окрестности критической точки любые небольшие флуктуации могут отклонить поведение системы от среднего, оказав на развитие значительное влияние [9, 237, 240].

Таким образом, для исследования поведения нелинейных неустойчивых динамических систем, к которым относится экономика, особенно важен анализ поведения системы вблизи критической точки, когда небольшие изменения параметров приводят к потере системой линейной устойчивости и хаотическому поведению. Однако анализ нелинейных явлений предполагает использование очень сложных методов, особенно в случаях, когда задача характеризуется большой размерностью фазового пространства. Решение проблемы связано с разработкой методов понижения размерности динамической системы, для чего может быть использован принцип подчинения Хакена [10, 84-85], [11, 287], который позволяет значительно уменьшить число степеней свободы исследуемой системы. Использование этого принципа в исследованиях экономической динамики позволяет найти небольшое количество переменных, которые определяют динамику экономической системы вблизи критической точки.

Еще одна важная проблема анализа экономической динамики состоит в выборе масштаба времени, связанного со скоростями установления экономических переменных, которые характеризуют время достижения переменными состояния равновесия. В различных экономических теориях скорости установления одних и тех же экономических переменных различны, поскольку различен выбранный масштаб вре-

мени, например в кейнсианской модели экономики в отличие от неоклассической, ставка заработной платы характеризуется медленной скоростью установления [3], [5], [6]. Скорость установления переменных определяется многими факторами, например политической и экономической структурами страны. Экономические переменные могут быть классифицированы по группам в зависимости от скорости установления.

При выборе небольших масштабов времени в динамическом анализе экономики медленные переменные могут приниматься за константы. Если выбираются большие масштабы, то быстрые переменные в уравнениях динамики экономической системы могут быть представлены функциями медленных. Проблема масштаба времени в моделировании экономической динамики как и проблема соотношения между целым и его частями требует философского осмысления. Однако прежде всего такого осмысления в контексте предпочтения методологии нелинейной динамики требует концепция хаоса, которая для динамической теории экономики представляется совершенно новой. Возникает опасение, что принятие концепции хаоса может отрицательно сказаться на теории экономики, поскольку она не сможет выполнять свою прогнозную функцию. Однако фундаментальный механизм, генерирующий хаос по своей природе детерминирован, поэтому, с одной стороны, существование экономического хаоса ограничивает возможности экономического прогнозирования, но с другой стороны, открытие хаоса создает новые возможности для улучшения качества прогнозирования в рамках найденных ограничений [4, 311].

Список использованной литературы

1. Баннова Н. Экономика как теория и реальность (синергетический подход)//Сборник научных статей под ред. М.Г. Лапаевой "Формирование рыночного хозяйства: теория и практика. - Оренбург: ОГУ, 1996.
2. Баннова Н. Экономика: самоорганизация и эволюция (современный стиль научного мышления)//Научно-методическое пособие. - Оренбург: ОГУ, 1998.
3. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. - М.: "Дело ЛТД", 1994.
4. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. - М.: Мир, 1999.
5. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике. - М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, Издательство "ДИС", 1998.
6. Мэнкью Н.Г. Принципы экономикс. - СПб.: Питер Ком, 1999.
7. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. - М.: Мир, 1979.
8. Пригожин И. От существующего к возникающему. -М.: Наука, 1985.
9. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. -М.: Прогресс, 1986.
10. Хакен Г. Синергетика. -М.: Мир, 1980.
11. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. - М.: Мир, 1985.
12. Шустер Х. Детерминированный хаос. Введение. -М.: Мир, 1988.
13. Эрроусмит Д., Плейс К. Обыкновенные дифференциальные уравнения. -М.: Мир, 1986.