

1.1. Особенности необратимых процессов

В современной экономической литературе стационарные процессы определяются как инвариантные относительно времени. Но если время в таких процессах выступает как фактор, отражающий необратимые изменения в объектах, развивающихся не стационарно, то такие процессы мы назовём *необратимыми*. Если для объектов, развивающихся необратимо, создать условия, в которых они уже побывали довольно продолжительное время назад, такие объекты будут вести себя иначе, чем прежде, и показатели, отражающие это поведение, будут отличаться от тех, что были прежде. При этом выполняется правило – чем дальше в прошлое уходит этот промежуток времени, тем сильнее будут отличаться нынешние показатели при данных условиях от прежних, с такими же условиями.

Для наглядности можно рассмотреть следующий умозрительный пример: если сейчас неожиданно СПбГУЭФ, вместе с его профессорско-преподавательским составом, студентами, администрацией, зданием и пр. выдернуть из времени и переместить в прошлое, скажем в 1984-й год, то он не будет работать точно так же, как работал тогда. За это время в вузе произошли необратимые изменения во всех элементах системы – на смену догматическому пониманию и преподаванию «марксизма-ленинизма» пришло более системное понимание экономики, в первую очередь - рыночной. В то же время, закон всемирного тяготения в наше время работает точно так же, как и в 1984-м году. Как не бросай сегодня кирпич с третьего этажа здания финэка, он будет повторять траекторию точно также, как и в 1984 году. Этот пример демонстрирует главное различие между необратимыми и обратимыми во времени процессами.

Необратимые изменения могут происходить с социально-экономическими системами либо постепенно, тогда такие процессы будут эволюционными, либо довольно быстро, практически мгновенно, тогда такие процессы будут являться хаотическими.

Особенностью эволюционных составляющих социально-экономической динамики является то, что сложившиеся на некоторый момент времени тенденции развития некоторого социально-экономического объекта начинают постепенно изменяться. Происходит это в результате того, что на социально-экономические объекты оказывают влияние факторы разной природы, но их действие вовсе не уравнивает друг друга, как это бывает со стационарными объектами, а проявляется в виде некоторого постоянно действующего в довольно продолжительный промежуток времени результирующего воздействия. Под влиянием этого воздействия социально-экономический объект, чьи показатели прогнозируются, постепенно адаптируется, меняя свою структуру и управленческие воздействия с целью занять в новых сложив-

шихся условиях наилучшее положение. Причин такому отличию необратимой динамики несколько.

Первая причина заключается в том, что процессы социально-экономического развития являются результатом целенаправленной деятельности человека, а эта деятельность происходит в сопровождении непрерывного накопления знаний. На основе этих знаний формируются новые, отличные от прежних, парадигмы хозяйственной деятельности и управления. Все или большинство участников социально-экономического взаимодействия осуществляют его в соответствии с этими парадигмальными основаниями, то есть, действуют примерно одинаково и иначе, чем это определялось прежней парадигмой управления. Простой пример – системы управления экономикой современной России существенно отличаются от системы управления экономикой России, скажем, в 1975 году. В те годы были одни цели функционирования социально-экономических объектов, сегодня – другие. В те годы было принято хозяйствовать так, чтобы выполнить любой ценой плановое задание, не взирая на издержки производства. Сегодня принято хозяйствовать так, чтобы получать максимальную прибыль, в том числе и за счёт снижения издержек производства.

Вторая причина вновь определяется деятельностью человека – познавательной стороной его жизни. Открывая с помощью науки всё новые и новые свойства окружающего мира, человек творчески обрабатывает эти новые знания, превращая их в инновации. Инновации в экономике ведут к необратимым изменениям в технологиях производства и управлении производством, в результате этого меняются не только количественные, но и качественные характеристики экономического развития и, соответственно, меняется направление динамики и характер динамики всех социально-экономических процессов, подверженных непрерывному воздействию инноваций.

Третья причина определяется эволюцией окружающего мира. Деятельность человека приводит к изменениям в природе. Истощаются природные ресурсы, меняются условия существования человека и общества, осваиваются новые территории... Это приводит к изменению условий существования стран, регионов и отдельных предприятий. К этим изменениям необходимо адаптироваться.

Эти основные причины, как легко заметить, не происходят мгновенно и повсеместно, поскольку они реализуются в неминуемой борьбе как со старым мировоззрением относительно форм и методов социально-экономического развития, так и со старыми хозяйственными установками и привычными технологиями. Инерционность мышления, инерционность инвестиций, инерционность хозяйственных циклов вступает в некоторое противоречие стремления к инновациям. В социально-экономических объектах это противоречие приводит к непрерывной борьбе старого с новым. Именно в силу этой борьбы сложившиеся и долгое время действующие тенденции развития социально-экономических систем под воздействием зарождающихся новых технологий производства, подходов и методов управления начинают претерпевать изменения. Инерционность социально-экономических процес-

сов является причиной того, что эти изменения в тенденциях развития происходят не мгновенно, а постепенно.

Итак, к воздействию внешних и внутренних факторов социально-экономические системы постепенно адаптируются, что отражается в изменениях тенденций их развития и проявляется в изменении характера динамики показателей, отражающих состояние этих систем.

Именно поэтому эконометрические прогнозные модели, которые строятся, исходя из априорного предположения об обратимости моделируемых процессов, плохо прогнозируют социально-экономическую динамику, поскольку они базируются на предположениях статичности и неизменности прогнозируемых процессов. Для устранения этого недостатка необходимо, чтобы прогнозные модели, также как и объекты, которые они прогнозируют, изменялись во времени, адаптировались.

Любая прогнозная модель, сколь сложна бы она не была, как бы не включалось в эту модель время, будет неточна при прогнозировании эволюционных процессов, если в эту модель не заложить механизмы её изменения, адаптации модели вслед за адаптацией того объекта, динамику которого она прогнозирует.

Для того чтобы подобрать правильный метод прогнозирования, прогнозист должен в самом начале идентифицировать тип того процесса, который он прогнозирует – является ли он обратимым, или же является необратимым. Поэтому необходимо определить соответствующие классификационные признаки каждого из типов процесса. Общие определения обратимых и необратимых процессов сводятся к следующему. Стационарными и нестационарными обратимыми процессами являются такие процессы, которые не претерпевают качественных изменений, ибо различные количественные изменения в них не приводят к новому качеству. Это однородные во времени случайные процессы, характеристики которых не меняются с течением времени. Необратимые процессы – это неоднородные во времени процессы, характеристики которых меняются с течением времени, так что они являются вариантными относительно временных сдвигов. Однако эти общие положения не позволяют осуществить чёткую диагностику, поэтому необходимо более тщательно изучить характеристики обратимых и необратимых процессов.

Изучение устойчивых состояний равновесия и их сдвигов во времени всегда было в центре внимания экономической теории. При этом рассматривались, как правило, обратимые социально-экономические процессы, изучение которых значительно облегчалось абстрагированием от реально существующих эволюционных изменений (изменений экономической структуры и характера взаимодействия между элементами структуры). Сама по себе эволюция в экономике не отвергалась, но изучалась, по преимуществу, на длительных промежутках времени, измеряемых десятилетиями и столетиями. К тому же объективно существующая эволюция социально-экономических объектов совершенно не принималась во внимание при построении прогнозных моделей. Такой подход был оправдан до тех пор, пока эволюционные изменения в экономике были медленными. О них говорили, что они являют-

ся результатом научно-технического прогресса. Но когда в XX веке эволюционные изменения начали происходить под воздействием более мощной причины – научно-технической революции, тогда игнорирование эволюционного характера динамики стало приводить ко всё большей ошибке в анализе и прогнозировании экономики.

В.И.Маевский следующим образом определил сложившуюся на том этапе ситуацию в экономической науке: "Существующие модели общего равновесия, как и теория стационарного экономического роста, не отражают свойства сильной неустойчивости, неравномерности, нелинейности поведения систем и отраслей. Нужны другие подходы, и нелинейные науки подсказывают их"¹.

В настоящее время за одним из направлений экономической теории уже закрепилось обозначение "эволюционная экономика". В результате приложения к экономике универсального синергетического подхода, разработанного в 1980 г. Г. Хакеном, появилось направление "синергетическая экономика", которое позволяет строить математические модели ряда неравновесных процессов, а также учитывать появление в них качественных сдвигов "катастроф" и бифуркаций.

Математический инструментарий синергетической экономики представляет собой достаточно компактный набор методов, позволяющих проводить весьма эффективно анализ нелинейных моделей реальных экономических процессов. Несомненное достоинство используемого в синергетике подхода состоит в том, что анализ моделей малой размерности легко поддается осмыслению, поскольку набор свойств, являющихся наиболее яркими следствиями нелинейности, достаточно ограничен². Синергетическая экономика – наука о динамике экономических и других социальных систем. Это означает, что экономические и иные социальные величины можно подразделять на подмножества быстрых и медленных переменных. Установлено, что некоторые из медленных переменных имеют смысл коллективных, то есть, могут играть роль параметров порядка в экономических и социальных системах. Однако, несмотря на очевидный шаг вперед, синергетика не даёт ответа на все вопросы, зарождающиеся в недрах эволюционной экономики. Модели синергетики, нацеленные на моделирование сложных социально-экономических процессов, будут рассмотрены нами в третьем томе учебника.

Подавляющее большинство социально-экономических процессов протекает во времени, вследствие чего, соответствующие математические модели являются в принципе динамическими. Одним из традиционных подходов к прогнозированию развития социально-экономических процессов служит изучение смещения точки равновесия динамической системы, вызванного изменением тех или иных параметров модели. Использование такого квазистационарного подхода к анализу динамических процессов экономики привело к распространению общего представления о том, что развитие любой слож-

¹ Маевский В. Эволюционная теория и макроэкономика. // Вопросы экономики, 1997, №3

² Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 312 с.

ной системы можно рассматривать как смену одного устойчивого стационарного состояния другим с кратким периодом переходного процесса между ними. По сравнению с предыдущим статическим подходом это был шаг вперед, но анализ реальной экономической динамики на основе такого подхода часто оказывался ошибочным, поскольку период неравновесного развития многих экономических процессов может оказаться слишком длительным, чтобы им можно было пренебречь.

Необратимые экономические процессы отличаются огромным разнообразием, которое не поддается объяснению и моделированию в рамках одной теории, в том числе и такой развитой, как теория эволюционной экономики и математических моделей синергетики. Речь может идти о разных теориях (или даже большом их числе), изучающих различные стороны этого феномена.

Так, например, один из классов подобных экономических процессов характеризуется двумя условиями: а) нестационарный процесс порождается устойчивым состоянием неравновесия; б) устойчивость неравновесия поддерживается положительными обратными связями, действующими ограниченное время. Одна из удивительных черт таких нестационарных процессов - появление мощных экономических сил буквально "из ничего" (если ограничиваться рассмотрением только материальных активов); появление многих спонтанно действующих, но краткосрочных экономических сил; увеличение значимости действий индивидов, не объединяемых в большие группы, или классы¹.

Формальные статистические алгоритмы не позволяют идентифицировать процессы с позиций дихотомии – обратимые и необратимые процессы. Так, временные ряды называются стационарными, если они обладают постоянной средней и дисперсией, а ковариация зависит только от временного интервала между двумя отдельными наблюдениями. Ряд $x_t, t=1, \dots, n$, называется строго стационарным или стационарным в узком смысле, если совместное распределение вероятностей случайных величин x_{t_1}, \dots, x_{t_m} не зависит от сдвига по времени, то есть совпадает с распределением $x_{t_1+\tau}, \dots, x_{t_m+\tau}$ для любых $m, (m < n)$, моментов времени t_1, \dots, t_m и целочисленных τ .

Свойства строго стационарного временного ряда не меняются при изменении начала отсчета времени. В частности, при $m=1$ из предположения о строгой стационарности временного ряда x_t следует, что закон распределения вероятностей случайной величины x_t не зависит от t , а значит, не зависят от t и все его основные числовые характеристики (если они существуют), в том числе среднее значение $E(x_t) = \mu < \infty$ и дисперсия $D(x_t) = \sigma^2$.

Значение μ определяет постоянный уровень, относительно которого колеблется анализируемый временной ряд x_t , а постоянная величина σ характеризует размах этих колебаний.

Одно из главных отличий последовательности наблюдений, образующих временной ряд социально-экономической динамики, заключается в том, что

¹ Костюк В.Н. Нестационарные экономические процессы. - М.: Едиториал УРСС, 2004.

члены временного ряда являются, вообще говоря, статистически взаимозависимыми. Степень тесноты линейной статистической связи между случайными величинами x_t и $x_{t+\tau}$ может быть измерена парным коэффициентом корреляции. Если ряд x_t стационарный, то значение $cov(x_t, x_{t+\tau})$ не зависит от t и является функцией только от τ . Другими словами, ковариация может рассматриваться как функция не двух переменных t_1 и t_2 , а единственной переменной – разности $(t_1 - t_2)$. Совокупность значений ковариаций при всевозможных значениях расстояния между моментами времени называется автоковариационной функцией случайного процесса, для которой используем обозначение $\gamma(\tau)$:

$$\gamma(\tau) = Cov(x_t, x_{t+\tau}). \quad (1.1.1)$$

Поскольку

$$D(x_t) = Cov(x_t, x_t) \equiv \gamma(0), \quad (1.1.2)$$

то для стационарного ряда значение коэффициента корреляции зависит только от τ . Используем для обозначения этого коэффициента следующее обозначение:

$$\rho(\tau) = \rho(X_t, X_{t+\tau}) = \frac{\gamma(\tau)}{\gamma(0)}. \quad (1.1.3)$$

Поскольку в нашем случае коэффициент измеряет линейную корреляцию, существующую между членами одного и того же временного ряда, его принято называть коэффициентом автокорреляции. При анализе изменения величины $\rho(\tau)$ в зависимости от значения τ принято говорить об автокорреляционной функции $r(\tau)$. Коэффициент корреляции может быть вычислен как ковариация, разделенная на корень из произведения двух дисперсий, но поскольку дисперсия постоянна, то получается просто σ^2 или $\gamma(0)$. При этом $\rho(0) = 1$. Автокорреляционная функция (в отличие от автоковариационной) безразмерна, т.е. не зависит от масштаба измерения анализируемого временного ряда. Ее значения, по определению, могут колебаться от -1 до $+1$. Кроме того, из стационарности следует, что $\rho(\tau) = \rho(-\tau)$, так что при анализе поведения автокорреляционных функций ограничиваются рассмотрением только положительных значений τ .

Практическая проверка строгой стационарности ряда x_t на основании наблюдения значений x_1, x_2, \dots, x_n в общем случае затруднительна¹. В связи с этим под стационарным рядом на практике часто подразумевают временной ряд x_t , у которого:

$$E(x_t) = \mu; \quad D(x_t) = \sigma^2; \quad Cov(x_t, x_{t+\tau}) = \gamma(\tau) \quad (1.1.4)$$

¹ Носко В.П. Эконометрика: Введение в регрессионный анализ временных рядов. – М.: Логос, 2004.

для любых t и τ .

Ряд, для которого выполнены указанные три условия, называют стационарным в широком смысле, или слабо стационарным, а также стационарным второго порядка или ковариационно стационарным, стационарным в ковариациях. Всякий строго стационарный процесс является слабо стационарным, обратное, вообще говоря, не верно, например, одно из условий может зависеть от времени¹.

Применительно к рядам социально-экономической динамики, которые можно отнести к обратимым по их свойствам, условия (1.1.4) должны быть преобразованы так:

$$E(x_t) = \mu(t); D(x_t) = \sigma^2; Cov(x_t, x_{t+\tau}) = \gamma(\tau). \quad (1.1.5)$$

Первое условие говорит о том, что для прогнозируемого процесса характерна некоторая закономерность, выраженная в изменяющемся во времени математическом ожидании процесса. Поэтому для проверки его условия необходимо определить вид математического ожидания, а затем установить - как меняются, и меняются ли, дисперсия и ковариация. Эта процедура легко выполнима, если исследователь располагает значительным числом наблюдений. В таком случае он может использовать различные статистические критерии, например, Колмогорова-Смирнова, Манна-Уитни, Джини, Т-критерий Вилкоксона и другие.

Но, к сожалению, довольно часто прогнозист социально-экономической динамики работает с короткими рядами, проверка которых на стационарность с помощью статистических критериев затруднительна.

Однако, поскольку нас интересует проверка имеющегося ряда на обратимость и необратимость, то статистические гипотезы нельзя принять в качестве основного инструмента идентификации рядов. Действительно, если длинный ряд прошёл проверку на стационарность, мы можем утверждать, что он является обратимым и для его прогноза могут использоваться методы математической статистики. Но если ряд нестационарен в узком смысле? Он может быть как обратимым с характеристиками (1.1.5), так и необратимым, для которого эти характеристики теряют всякий смысл. Как же поступать в этом случае? Для коротких рядов задача в принципе не решается статистическими методами.

Поэтому здесь следует использовать существенные характеристики процесса для его диагностики. По поводу обратимых процессов можно утверждать, что точность их описания тем выше, чем большее количество наблюдений за ними собрано – это свойство вытекает из особенностей выборочного метода. Что касается необратимых процессов, то для них характерно иное свойство – поскольку они меняют свои количественные и качественные характеристики, то они представимы как результат функционирования непрерывно и необратимо изменяющейся системы, состояние которой определяет-

¹ Канторович Г.Г. Анализ временных рядов // Экономический журнал ВШЭ, 2002, №№1-4; 2003, №1.- с.90.

ся текущими и некоторыми прошлыми значениями, причём - чем дальше в прошлое уходят эти наблюдения за необратимым процессом, тем менее они ценны для прогнозирования. Поэтому прогнозист должен, прежде всего задать себе вопрос: улучшатся ли прогнозные свойства модели некоторого процесса, если увеличивать статистические данные до бесконечности. Если содержательные характеристики этого процесса таковы, что вопрос решается положительно, то перед прогнозистом обратимый процесс. Если же прогнозист понимает, что увеличение объёма выборки ухудшит прогнозные свойства модели, то перед ним необратимый процесс и статистические методы к его прогнозированию дадут ошибки в прогнозах.

Простой пример. Правительство Российской Федерации собирается выполнить прогноз ВВП РФ на перспективу. Ряд значений ВВП РФ – обратимый или нет? Для того чтобы получить правильный ответ на этот вопрос, надо решить – повысится ли точность прогнозной модели, если её параметры рассчитывать на длинных статистических данных. Например, повысится ли точность прогноза, если ряд статистических данных по ВВП считать, начиная с 1950 года? Вряд ли. А повысится ли точность модели, если в неё включить 300 наблюдений и считать модель с 1710 года? Ни один нормальный экономист не даст на этот вопрос положительный ответ. Понятно, что чем дальше уходят в прошлое данные по ВВП РФ, тем менее они ценны для прогнозирования этого показателя. Значит, ряд значений ВВП РФ представляет собой реализацию необратимого процесса и прогнозировать его с помощью методов математической статистики не целесообразно.

Таким образом, для прогнозирования необратимых процессов нужна иная методологическая основа, нежели та, которая вытекает из основного метода математической статистики – выборочного метода.