

1.3. ОБРАТИМЫЕ И НЕОБРАТИМЫЕ ПРОЦЕССЫ И ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ

Основная часть моделей социально-экономического прогнозирования ориентирована на работу с временными рядами. Поэтому важно определить это понятие – «временной ряд». Прежде всего, следует указать на то, что в учебной и научной литературе часто вместо понятия «временной ряд» употребляют понятие «динамический ряд». Очевидно, что это – синонимические понятия, поэтому мы будем использовать как понятие «временной ряд», так и понятие «динамический ряд» в одном и том же контексте.

Существует обширная литература, как отечественная, так и зарубежная, посвящённая анализу и прогнозированию временных рядов. В этой литературе даются существенные характеристики временных рядов, и следует отметить, что точки зрения на эти характеристики отличаются друг от друга в зависимости от того, о временных рядах каких показателей ведётся речь. Часто учёные, не вдаваясь в суть временного ряда, определяют его формально, например: «временные ряды – это барометр; они наглядно отображают наиболее существенные тенденции развития»¹, или «одни ряды представляют собой последовательность чисел, отражающих величину того или иного показателя во времени. Это так называемые временные ряды или ряды динамики»², или «временным рядом, хронологическим рядом, проще хроникой называют последовательность упорядоченных во времени наблюдений, обозначаемых, например, $x_1, x_2, \dots, x_t, \dots, x_T$ »³.

Понятно, что если мы наблюдаем изменение какого-либо показателя во времени и фиксируем его значения по этому признаку, то, в соответствии с вышеприведёнными определениями, это будет временной ряд. Но тогда временным рядом можно назвать любой наблюдаемый во времени процесс - нагревания жидкости в колбе при проведении химических опытов, протекание электрического тока в электрических сетях, движение небесных тел... Но интуитивно каждый экономист понимает, что нельзя отнести, например, к одному и тому же классу временных рядов фиксируемые через равные промежутки времени показатели изменения длины металлического сердечника при его нагревании и ряд изменения цен на рынке Forex, фиксируемых за те же промежутки времени. В первом случае время только характеризует точки отсчёта, а во втором – время означает нечто гораздо большее. Именно ряды, для которых время и представляет собой «нечто гораздо большее», чем признак простого упорядочивания, и следует называть временными.

Тем не менее, в одной из фундаментальных работ в этом направлении, монографии Т.Андерсона «Статистический анализ временных рядов» пишется так: «временным рядом называют последовательность наблюдений, обычно упорядоченную во времени, хотя возможно упорядочение и по какому-то другому параметру... Если во многих задачах наблюдения статистически

¹ Хауштейн Г. Методы прогнозирования в социалистической экономике. – М.: Прогресс, 1971. – С. 149.

² Громыко Г.Л. Статистические ряды в экономических и экономико-географических исследованиях. – М.: МГУ, 1974. – С. 4.

³ Маленво Э. Статистические методы эконометрии. Вып. 2. – М.: Статистика, 1976. – С. 32.

независимы, то во временных рядах они, как правило, зависимы и характер этой зависимости может определяться положением в последовательности»¹. И далее: «в статистическом анализе последовательность T наблюдений, образующих временной ряд, часто рассматривают как выборку T последовательных наблюдений через равные промежутки времени из существенно более продолжительной (генеральной) последовательности случайных величин»².

Это определение подводит базу для использования в прогнозировании временных рядов методов математической статистики, поскольку временной ряд представляется как некоторая выборка из генеральной совокупности случайных величин, и для его моделирования приемлем выборочный метод, как раз и лежащий в основе математической статистики.

Необходимо отметить, что эта точка зрения не только встречается очень часто. Она превалирует в прикладных работах по прогнозированию, в том числе и в прогнозировании социально-экономических систем. Вот, например, в справочнике по математике для экономистов, выпущенному в 2007 году в разделе «Временные ряды» дословно говорится следующее:

«Большинство экономических задач связано с оценкой основных экономических показателей во времени и с прогнозом этих показателей на будущие моменты времени. Это значит, что основные экономические характеристики необходимо рассматривать как случайные функции.

Но так как статистика оперирует выборочными значениями показателей, то из случайных функций производится выборка в дискретные моменты времени. В результате получаются так называемые временные ряды»³.

Разберём эти два абзаца.

Первый состоит из двух предложений. В первом говорится о том, что в экономике стоят задачи прогнозирования и изучения показателей, изменяющихся во времени. Второе предложение начинается со слов «это значит, что...» и далее утверждается, что экономические характеристики являются случайными характеристиками. Но из первого предложения вовсе не следует этот вывод! Эта фраза, если внимательно её разобрать, соответствует известному примеру нарушения логического вывода: «В огороде бузина, а в Киеве – дядька»! Как видим случайный характер экономических процессов не доказан, а принимается на веру, как само собой разумеющееся. Отсюда легко следует и вывод второго абзаца. Если экономические процессы и характеристики случайны, то для их анализа надо использовать методы математической статистики, а в их основе лежит выборочный метод. Выборка в дискретные моменты времени и есть временной ряд!

Но так как посылка о том, что характер экономических процессов является случайным, не обоснована, то и все остальные выводы, базирующиеся на этой посылке, не являются обоснованными. Поэтому и определение временного

¹ Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. – С. 11.

² Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. – С. 406.

³ Справочник по математике для экономистов: Учеб. пособие / Пед ред. проф. В.И.Ермакова. – М.: ИНФРА-М, 2007. - С.383.

ряда, которое предлагается в этом учебном пособии и дедуктивно следующее из предыдущих рассуждений, не является обоснованным. А это определение сформулировано так: «Под временным рядом понимается последовательность наблюдений некоторого признака X в различные, чаще всего равноотстоящие, моменты времени»¹.

Если сравнить это определение с определением Андерсона, то можно убедиться в их идентичности. Самое тревожное в этом факте заключается в том, что это учебное пособие, в целом очень интересное и весьма полезное, рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области экономики и экономической теории качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Экономика» и экономическим специальностям. Поэтому студент по направлению «Экономика» и экономическим специальностям, не обременённый знаниями по социально-экономическому прогнозированию, примет эти выводы за истину и будет использовать в своей практике рекомендации, вытекающие из представлений о том, что временной ряд – это последовательность упорядоченных во времени случайных величин.

Следует отметить, что эта точка зрения уже давно подвергалась серьёзному переосмыслению. Так, например, ещё в 1984 году отечественный учёный Н.К.Дружинин по этому поводу писал так: «можно ли сказать об экономическом временном ряде, что он представляет собой совокупность, формирование которой происходит по принципу случайности, допускающему применение корреляционных исчислений? По-видимому, нельзя, так как члены этого ряда упорядочены во времени и между ними обычно обнаруживается определённая связь, имеющая в своей основе экономические причины и статистически выражаемая так называемой автокорреляцией»². Тем самым Н.К.Дружинин отрицал случайный характер временных рядов.

К сожалению, как показал выше приведённый пример из учебного пособия по математике для экономистов, эта точка зрения не стала основной.

По отношению к тому, как рассматривать социально-экономические процессы, можно выделить два подхода – статический и динамический.

В классической эконометрии, как это не покажется странным, наибольшее распространение получил именно статический подход, хотя исследователи, использующие эконометрические методы, глубоко уверены в их соответствии реальным процессам и их динамичности. Практически все эконометрические модели отражают экономическую реальность в некоторой застывшей неизменности структуры, взаимосвязей и равновесия элементов. В эконометрии оперируют динамическими данными и в подавляющем большинстве случаев эту динамику представляют как некоторый упорядоченный во времени набор срезов экономических явлений. При этом считается, что структура среза, его количественные и качественные изменения пропорциональны масштабу упорядочения, в качестве которого выступает время. Если при этом используются

¹ Справочник по математике для экономистов: Учеб. пособие / Пед ред. проф. В.И.Ермакова. – М.: ИНФРА-М, 2007. - С.384.

² Дружинин Н.К. О ложной корреляции // Экономика и математические методы. 1984, т. XX, вып. 4. - С. 723

методы математической статистики, оперирующие такими понятиями колеблемости, как дисперсия, средняя, размах колебаний и т.п., то создается видимость динамического подхода. Но динамический подход рассматривает экономические явления в процессе изменения не только самих экономических систем и их элементов, но и соотношений между ними и ищет закономерности в ходе самих изменений. Для статики основной предпосылкой анализа экономического процесса является неизменяемость, тождественность происходящих процессов. Для динамики - непрерывность процессов изменения всех взаимосвязей и показателей.

Н.Д.Кондратьев в 1924 году, говоря о статике, динамике и конъюнктуре, указывал: «В тех случаях, когда элементы экономической жизни или их связи подвергаются изменениям, не исчерпываемым изменением их числа, объема и вообще не сводимых к количественным изменениям, мы говорим о наличии качественных изменений. Сюда относятся, например, изменения в технике производства, в организации хозяйства, в составе и характере общественных потребностей и т.д.»¹. Именно качественные изменения приводят к необратимости изменения структуры экономических систем. Сами процессы динамики экономических систем представляют собой синтез целого ряда динамических процессов. И именно выделив и смоделировав эти процессы, можно приблизиться к адекватному отражению экономической реальности.

Н.Д.Кондратьев выделял как наиболее существенные эволюционные и волнообразные динамические процессы в экономическом развитии. К эволюционным процессам он относил те из них, которые происходят постепенно, незаметно меняя качественную характеристику, делая невозможным переход от новой структуры к первоначальной, из которой началось эволюционное развитие. Под волнообразными процессами Н.Д.Кондратьевым понимаются те из них, которые непрерывно меняют направление своего развития, постепенно возвращаясь к первоначальному моменту.

Естественно, что в процессе развития любой экономической системы на нее воздействует множество случайных факторов, поэтому, рассматривая составляющие динамики, необходимо отметить еще и случайность некоторых процессов.

Таким образом, можно сделать вывод, что развитие любой экономической системы складывается из эволюционного, волнообразного и случайного компонентов. Этот вывод на практике, однако, совершенным образом искажается, превращаясь из динамического в статический. Классифицируя временные ряды, и верно отмечая их нестационарность, приверженцы такой статической точки зрения выводят четыре типа временных рядов.

Первый тип - ряды с тенденцией роста, но без периодической составляющей. Такие ряды имеют тренд, который в среднем может быть описан с помощью известных непериодических функций (чаще всего с помощью полинома N -й степени).

¹ Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики: Ред. коллегия: Л.И.Абалкин и др. – М.: Экономика, 1989. – С. 58.

Ко второму типу относятся временные ряды, имеющие помимо тренда ярко выраженные сезонные колебания.

К третьему типу временных рядов относят ряды без периодической составляющей и тенденции роста.

К четвертому типу относятся временные ряды со сложной структурой, включающие всевозможные виды колебаний, в частности сезонные и циклические. Структура таких временных рядов в общем случае не может быть однозначно описана с помощью известных функций, поскольку для разных участков временного ряда набор этих функций будет различным, т.е. в этой структуре можно говорить о временных рядах с переменной структурой. Важная отличительная черта этих временных рядов, по мнению авторов классификации, состоит в том, что «тренд в среднем значении и дисперсии должен рассматриваться не как детерминированная функция времени, а как случайная функция, изменяющаяся по мере развития процесса»¹.

На первый поверхностный взгляд, складывается впечатление, что указанная выше классификация не статична, а динамична. Однако это не так. Обращает на себя внимание тот факт, что в данной классификации ни разу не был упомянут эволюционный характер развития, присущий динамической точке зрения. В качестве показателя такого эволюционного развития мог бы служить тренд, но автор не зря упомянул по отношению к нему слово «в среднем».

«Итак, уже при рассмотрении математического ожидания и дисперсии случайного процесса видно, что он как бы разбивается на некоторую систематическую составляющую (среднюю) и случайные отклонения от нее. При анализе временных рядов это находит свое практическое выражение в представлении ряда Y_t в виде суммы:

$$Y_t = f(t) + \varepsilon_t,$$

где $f(t)$ - некоторая неслучайная функция времени; ε_t - случайная величина с нулевой средней и дисперсией.

Функцию $f(t)$, характеризующую детерминированную часть временного ряда Y_t , назовем трендом»².

Таким образом, тренд, который должен отражать эволюционный характер развития, в соответствии с данной точкой зрения является средней или систематической составляющей (иначе говоря - математическим ожиданием), да к тому же еще и детерминированной части временного ряда. Необходимо отметить, что в переводе с латинского «детерминация» означает «ограничение и определение». Поэтому тренд здесь следует рассматривать как некоторую детерминированную модель, у которой при данной совокупности входных значений на выходе может быть получен единственный результат. Структура такой модели, естественно, является застывшей, статичной.

Необходимо сказать, что такой подход весьма часто используется при статистическом моделировании в экономике. Так, например, в учебнике по

¹ Френкель А.А. Прогнозирование производительности труда: методы и модели. – М.: Экономика, 1989. – С. 25.

² Френкель А.А. Прогнозирование производительности труда: методы и модели. – М.: Экономика, 1989. – С. 15

прогнозированию под редакцией С.А.Саркисяна при описании методологии экстраполяционных методов лежит предположение о том, что «рассматриваемый процесс изменения переменной представляет собой сочетание двух составляющих - регулярной и случайной... Считается, что регулярная составляющая $f(A,x)$ представляет собой гладкую функцию от аргумента, описываемую конечномерным вектором параметров A , которые сохраняют свои значения на период упреждения прогноза. Эта составляющая называется также трендом, уровнем, детерминированной основой процесса, тенденцией»¹.

Можно продолжить ряд примеров попыток моделирования динамики с использованием именно статического подхода, называемого при этом «динамическим». Такой ряд будет очень обширным, так как многие работы (и не только отечественные) по прогнозированию и моделированию экономической динамики опираются на методологию статического подхода.

Внимательный читатель может возразить – выше приведены взгляды сторонников статического подхода, цитируя литературу прошлых лет, а сегодня авторы публикаций наверняка разделяют динамическую (по-Кондратьеву) точку зрения. Для того чтобы снять подобные упреки, приведём пример из работы, относящейся к современной отечественной экономической науке: «...Выше, говоря о расположенной в хронологическом порядке последовательности наблюдаемых значений ... какого-либо признака, мы, по существу, уже дали определение временного ряда... нас будет интересовать лишь некоторый подкласс подобных последовательностей, а именно тот, который связан с наблюдениями стохастических по своей природе признаков. Другими словами, мы исключаем из рассмотрения детерминированные схемы динамических наблюдений, при которых элементы последовательности могут быть в точности вычислены как значения некоторой неслучайной функции $f(t)$, т.е. $x(t) = f(t)$. Поэтому уточним понятие временного ряда, принятое в данной главе.

Определение. Ряд наблюдений $x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_N)$ анализируемой случайной величины $\xi(t)$, произведенных в последовательные моменты времени t_1, t_2, \dots, t_N , называется временным рядом»².

Из приведённого отрывка следует, что авторы рассматривают временные ряды, имеющие только «стохастические по своей природе признаки» и «детерминированные схемы». Про эволюционные процессы здесь и не упоминается, то есть в этом учебнике авторы придерживаются статического подхода.

А ведь это - учебник по эконометрии, на которой базируются методы социально-экономического прогнозирования.

Поясним, что, на наш взгляд, дает основание тот или иной подход в экономике отнести к динамическому. Для этого воспользуемся некоторыми понятиями системного подхода, который является одним из методологических

¹ Теория прогнозирования и принятия решений / Под ред. С.А.Саркисяна. – М.: Высшая школа, 1977. – С. 82.

² Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ, 1998. - С. 780.

принципов познания. Одним из важнейших системных свойств является эмерджентность. Именно это свойство представляет собой отражение в экономике одного из главных законов диалектики - перехода количественных изменений в качественные. В соответствии с этим свойством при объединении элементов в систему она приобретает качественно иные свойства, которых нет у элементов, находящихся в изолированном состоянии. С учетом другого свойства экономических систем - динамичности развития мы должны прийти к выводу, что количественное изменение элементов системы во времени приводит и к возникновению новых элементов, которые, присоединяясь к структуре системы, меняют ее качество. Таким образом, к динамическому можно отнести только тот подход, который опирается на положение о непрерывном изменении качественных свойств рассматриваемой системы и систем, с которыми она находится во взаимосвязи. При этом сила и направление взаимодействий, как между системами, так и между отдельными элементами самой системы, непрерывно меняются, приводя к изменению структуры самой системы и ее количественных показателей развития. Именно в этом проявляется динамичность всех экономических систем, как и диалектика самой природы.

Безусловно, динамика развития больших систем - физических, технических, биологических, экономических имеет ряд одинаковых свойств. Но различия между системами настолько значительны, что эта динамика для каждой из них приобретает ряд таких отличительных черт, которые делают несерьезными попытки говорить о моделировании и разработке единых методов исследования большой системы вообще и переносить какие-либо свойства и методы моделирования динамики системы одной природы на конкретные системы другой природы. Даже побудительные мотивы развития больших систем существенно различаются, не говоря уже о внутренней структуре, силе и характере взаимодействий между элементами.

Действительно, если экономическим системам характерно развитие с целью достижения некоторого известного (пусть даже не количественно, но качественно) оптимума, как правило, многоцелевого, то для физических систем такого оптимума нет, и их развитие осуществляется в соответствии с действующими физическими законами, а не в результате некоторого целенаправленного управления. Так разве можно при моделировании их развития, настолько различного и непохожего друг на друга, использовать одинаковые методы? Конечно же, нет!

Практически все исследователи определяют динамический ряд как некоторую последовательность значений показателя во времени. Таким образом, статистические данные о развитии экономических, технических и физических систем, упорядоченные во времени, в одинаковой степени можно назвать динамическими. Но из общности названия вовсе не следует, что это - ряды, обладающие одинаковыми свойствами, и их обработку необходимо производить одними и теми же статистическими методами.

Здесь мы имеем тот случай, когда за видимой простотой скрывается достаточно сложная проблема. Для ее разрешения вновь придется вернуться к

двум принципиальным позициям (статической и динамической) при анализе количественных показателей, отражающих различные качественные процессы.

Технические, физические и другие неэкономические системы могут развиваться, изменяясь во времени. Но этот процесс развития практически никогда не является эволюционным. Для динамических рядов, отражающих изменение таких систем, время является лишь индексом упорядочения этих данных. При этом практически неважно, какое численное значение приобретает индекс t . Равен ли он двум, двадцати или двум тысячам, важно лишь то, что в череде развития того или иного процесса показатель с этим индексом стоит на втором, двадцатом или двухтысячном месте (впрочем, в целом ряде случаев изучения технических систем и физических явлений и это неважно). Все остальные показатели также занимают свое место в соответствии с полученным индексом.

Когда же дело касается органической природы, общества или экономики, время уже становится не только индексом, но и показателем эволюционного развития. Никто из экономистов никогда не скажет, что ему все равно, сколько ему лет - два, двадцать или сто двадцать! Так почему же показатели роста экономических систем, которые так же эволюционируют, как и организм человека, упорядочивая во времени, рассматривают только как отмасштабированные и систематизированные данные? Очевидно, что рост человека в пять и в пятьдесят лет отражает не только процесс развития организма, но и его качественно различные состояния. Точно также данные производства промышленностью в 1975 г. и 2005 г. отражают и процесс развития системы промышленности, и качественно различные её состояния.

Ни один нормальный врач при осмотре семидесятилетнего пенсионера на медицинском приеме в поликлинике не поинтересуется ростом пациента в семимесячном возрасте, так как качественное состояние пациента в семимесячном возрасте отличается от качественного состояния его в момент приема, если не рассматривается случай врожденной патологии. Однако сторонники статичного подхода, исследуя отнюдь не патологические случаи экономического роста, при моделировании экономики стремятся собрать как можно больше статистической информации, считая, что чем больший временной период охватывают статистические данные, тем точнее окажется предсказание будущего!

Если при этом временные данные считаются одинаково важными, то понятен вывод о том, что «последовательным значениям t соответствуют разные наборы значений признаков того же самого «характера». Действительно, ведь это те же самые признаки, только относящиеся к различным моментам времени»¹. Так как это «те же самые признаки», то они отражают «тот же самый» процесс, который не претерпевает эволюционных изменений. А признание неизменности процесса есть не что иное, как статика.

Если использовать динамический подход к временным рядам социально-экономической динамики, то отношение к ним будет принципиально иным.

¹ Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании. – М.: Финансы и статистика, 1989. – С.25.

Необходимо отличать временной ряд $\{Y_t\}$, где t – время, и упорядоченный ряд $\{Y_i\}$, где i – порядковый номер (упорядочивание может происходить во времени, тогда $i=t$). Как это сделать?

Для этого сначала зафиксируем отличия временного ряда от любого другого ряда. Нет смысла называть ряд временным, если время t просто выступает как индекс i , и служит для упорядочивания значений ряда. Значит, время в динамическом ряде выполняет не просто роль некоторого индекса и номера наблюдения, а характеризует конкретное место нахождения значения данного показателя в имеющемся ряду наблюдений. Что произойдет, если в ряде наблюдений $\{Y_i\}$ сами наблюдения поменять местами? Изменятся ли характеристики этого ряда? Нет, не изменятся. А что произойдет, если поменять местами значения временного ряда социально-экономического показателя $\{Y_t\}$? Ряд приобретёт совсем другой вид и другое содержание. Почему? Потому, что время в таком временном ряду отражает не только характеристики самого ряда, но и условия, сложившиеся к этому моменту наблюдения. В первом случае простого ряда, если вместо индекса i использовать индекс t , это будет характеризовать просто номер наблюдения в последовательности значений, наблюдаемых друг за другом в дискретном времени. Ни о каких условиях, соответствующих этому t говорить нельзя – и индекс i , и заменяющий его индекс t играют пассивную роль способа фиксации наблюдения. Во втором случае время играет активную роль в идентификации происходящих процессов, поэтому и переставлять значения временных рядов нельзя. Если этого не будет, то ряд вовсе не является временным. Это особенно важно для рядов социально-экономической динамики – можно ли, например, для анализа значений курса доллара на ММВБ взять и перемещать все эти наблюдения, переставив их местами? Нельзя. А можно ли перемешать, например, значения ряда урожайности зерновых на одинаковых полях с внесением в них одинакового количества удобрений? Можно – суть ряда не изменится.

Тогда можно определить временной ряд следующим образом – *временным (динамическим) можно назвать упорядоченный во времени ряд наблюдений, в котором время наблюдения характеризует особенность состояния внешних и внутренних факторов поведения объекта наблюдения, в результате чего формирование ряда осуществляется неслучайным образом.*

Не случайность вызвана действием на показатели динамического ряда одной или множества причин. В простом случае это может быть какой-нибудь один фактор, например, температура металлического тела при измерении его длины, когда с течением времени меняется и температура. В более сложных случаях, которые как раз и характерны для прогнозирования социально-экономических процессов, факторов очень много и не все из них известны.

Временной ряд может формироваться в разных условиях, которые определяют его характеристики и свойства. В наиболее общем случае временной ряд может быть обратимым или необратимым.

Обратимый ряд может быть стационарным или нестационарным.

Рассмотрим, как обычно определяют каждый из видов этой динамики.

«Случайные процессы, протекающие во времени приблизительно однородно и имеющие вид непрерывных случайных колебаний вокруг некоторого среднего значения, причём ни средняя амплитуда, ни характер этих колебаний не обнаруживают существенных изменений с течением времени, называются стационарными.

Условия стационарности ξ_t заключаются в следующем:

- 1) $M(\xi_t) = const$,
- 2) $r_{\xi_t}(t_i, t_j) = r_{\xi_t}(\tau)$, где $\tau = t_i - t_j$.

Из формулы (2) видно, что величина автокорреляционной функции $r_{\xi_t}(t_i, t_j)$ не зависит от начала отсчёта, а только от промежутка τ , т.е. числа сдвигов. Одним из важнейших свойств стационарного случайного процесса является эргодичность, состоящая в том, что каждая отдельная реализация случайного процесса является как бы полномочным представителем всей совокупности возможных реализаций.

В экономической практике в большинстве случаев приходится иметь дело со случайными процессами, имеющими определённую тенденцию развития во времени. Эти процессы называются нестационарными. Характеристики нестационарных процессов меняются во времени, т.е. зависят от начала отсчёта»¹.

«Процессы, вероятностная структура которых не изменяется со временем, являются стационарными»².

«Случайный процесс с дискретным временем называют стационарным, если распределение величин $Y_{t_1}, Y_{t_2}, \dots, Y_{t_n}$ совпадает с распределением $Y_{t_1+b}, Y_{t_2+b}, \dots, Y_{t_n+b}$ для любого конечного множества целых чисел $\{t_1, \dots, t_n\}$ и любого целого b »³.

«Случайная функция $X(t)$ называется стационарной в широком смысле, если ее математическое ожидание постоянно, а корреляционная функция зависит только от разности аргументов t_1 и t_2 :

$$K_x(t_1, t_2) = K_x(\tau),$$

где $\tau = t_2 - t_1$.

Случайная функция $X(t)$ называется стационарной в узком смысле, если ее n -мерный закон распределения при любом n зависит только от интервалов $t_2 - t_1, \dots$ и совсем не зависит от положения этих интервалов в области изменения аргумента t .

В практических задачах обычно применяют понятие стационарной функции в широком смысле»⁴.

Итак, для стационарного случайного процесса характерна неизменность во времени его основных вероятностных характеристик, таких, как математическое ожидание и дисперсия. Понятно, что оценки этих величин с увеличением членов ряда будут только улучшаться и приближаться к их

¹ Кильдишев Г.С., Френкель А.А. Анализ временных рядов и прогнозирование. – М.: Статистика, 1973. – С. 16 – 17.

² Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. – С. 189.

³ Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. – С. 409.

⁴ Справочник по математике для экономистов: Учеб. пособие / Пед ред. проф. В.И.Ермакова. – М.: ИНФРА-М, 2007. – С.361.

истинным значениям. Зная это, будем использовать следующее простое определение стационарного ряда.

Под стационарными рядами понимаются однородные во времени случайные процессы, характеристики которых не меняются с течением времени t , то есть, они инвариантны относительно временных сдвигов:

$$t \rightarrow t+T, \quad Y(t) \rightarrow Y(t+T) \quad (1.3.1)$$

при любом фиксированном T (действительном или целочисленном)¹.

Характеристики этих процессов и определяют особенности процессов и являются предметом исследования. Если эти характеристики (математическое ожидание, дисперсия и пр.) удалось с заданной степенью точности найти, то задача прогноза таких стационарных процессов становится чрезвычайно простой.

В то же время стационарные процессы могут иметь самый различный характер изменения – не иметь ярко выраженной тенденции количественных показателей, иметь явно выраженную тенденцию изменения количественных показателей, которая может носить и сложный нелинейный характер.

Таким образом, стационарная группа типов динамики временного ряда может быть в свою очередь разделена на две подгруппы:

- простые стационарные;
- сложные стационарные.

Для первой группы факторов, простого стационарного типа, выполняется условие неизменности во времени их математического ожидания и других характеристик случайных процессов.

Если же математическое ожидание и иные характеристики вероятностного процесса претерпевает изменение в зависимости от изменения какого-то фактора (множества факторов), то такие ряды являются сложными стационарными.

Как следует из условия стационарности, для наиболее полного анализа стационарных процессов следует собрать как можно больше статистических данных о них. В этом случае удастся тем более точно определить и спрогнозировать характеристики процесса, чем более полной будет выборка наблюдений за ними.

Выделив стационарные процессы в указанные две группы, мы тем самым легко определяем и математический аппарат их исследования и прогнозирования. Простые стационарные процессы применительно к социально-экономическим объектам анализируются и прогнозируются с помощью простейших методов математической статистики. Чаще всего можно утверждать наличие закона нормального распределения и поэтому основные усилия должны быть направлены на доказательство этого положения с помощью соответствующих статистических гипотез и методов их проверки, а после этого – на вычисление характеристик процесса. Если удалось подтвердить гипотезу о нормальном характере распределения изучаемого ряда,

¹ Светуныков С.Г., Литвинов А.А. Конкуренция и предпринимательские решения. – Ульяновск: Корпорация продвижения технологий, 2000 - С. 205.

то лучшей оценкой его математического ожидания выступает средняя арифметическая, а лучшей оценкой дисперсии – выборочная дисперсия. Причём, здесь уместен основной принцип выборочного метода – чем больше наблюдений, тем лучше оценки модели.

Сложные стационарные процессы свидетельствуют о наличии множества стационарных факторов, воздействующих на объект, показатели которого меняются во времени. Поэтому задачей прогнозиста является выявление этих факторов и построение модели, описывающей влияние этих факторов на объект прогнозирования. Если этих факторов много, и выделить главные по каким-то соображениям невозможно, считают, что время выступает таким обобщающим фактором, и находят модель зависимости между прогнозным показателем и временем. И в первом, и во втором случае оценки прогнозных моделей с увеличением числа наблюдений улучшаются. Основная сложность при прогнозировании сложных стационарных процессов заключается в том, что часть характеристик этих процессов, в том числе и математическое ожидание процесса, изменяется во времени, и это изменение носит сложный нелинейный характер, который априорно неизвестен прогнозисту и перед ним стоит очень непростая задача определения закона изменения математического ожидания, понять и математически описать сложную структуру данного процесса.

Как правило, в этих случаях исследователю неизвестно большинство основных характеристик случайного динамического стационарного процесса. Он должен по данным наблюдений за процессом найти эти характеристики. Здесь исследователь вынужден прибегать к некоторым априорным предположениям - допускать наличие того или иного закона распределения вероятностей, свойств процесса и его взаимосвязей, характера динамики и т.п. В данном случае наиболее эффективно может использоваться тот раздел экономической науки, который получил название эконометрии.

Нестационарные процессы, в противоположность стационарным, отличаются тем, что они меняют все свои характеристики под воздействием какой-то причины, нарушившей «равновесие» процесса. Если же устранить эту причину и создать первоначальные условия, то процесс вновь повторит траекторию своего развития. Например, самолёт, осуществляющий полёт на заданной высоте, отклоняется от траектории движения под воздействием множества случайных факторов. Это движение является примером стационарного процесса. Тот же самый самолёт, переходящий в пике, демонстрирует нестационарный процесс. Но, если лётчик, выведет самолёт из этого пикирования, и вновь наберёт заданную высоту и будет двигаться с прежней скоростью, то процесс движения вновь станет стационарным. Как видно и стационарный, и нестационарный процессы являются обратимыми.

Для моделирования нестационарных обратимых процессов используется процедура устранения влияния причины на траекторию моделируемого процесса – переходят, например, к разностным уравнениям которые становятся стационарными. То есть, с помощью специальных математических процедур нестационарные обратимые процессы можно привести к стационарным.

Под нестационарными обратимыми рядами $Y'(t)$ понимаются неоднородные во времени случайные процессы, характеристики которых меняются с течением времени t , но при устранении условий неоднородности, такие преобразованные ряды $Y(t)$ инвариантны относительно временных сдвигов:

$$t \rightarrow t+T, \quad Y(t) \rightarrow Y(t+T) \quad (1.3.2)$$

при любом фиксированном T (действительном или целочисленном)

Но существенная часть социально-экономических процессов является необратимой. Они являются нестационарными, поскольку их окружение неоднородно, и в процессе своего развития они меняют и количественные характеристики и своё качество – структуру и состав собственных элементов.

Таким образом, под необратимыми понимаются неоднородные во времени процессы, характеристики которых необратимо меняются с течением времени t так, что они являются вариантными относительно временных сдвигов:

$$t \rightarrow t+T, \quad Y(t) \rightarrow Y(t+T) + \Delta Y(T). \quad (1.3.3)$$

при любом фиксированном T (действительном или целочисленном), где приращение $\Delta Y(T)$ однозначно не вытекает из характеристик процессов в момент времени t .

В зависимости от того, насколько меняются во времени приращения $\Delta Y(T)$, необратимые процессы также могут быть выделены в две подгруппы: эволюционные процессы и хаотические процессы.

Если приращения $\Delta Y(T)$ постепенно нарастают с течением времени, в результате количественных и качественных изменений, происходящих в системе, чей реализацией является нестационарный ряд, то эти необратимые процессы могут быть названы эволюционными. При этом отношение $\Delta Y(T) / Y(t+T)$, характеризующее нарастание неопределенности, имеет увеличивающуюся со временем T динамику - от нуля до бесконечности:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \left| \frac{\Delta Y(T)}{Y(t+T)} \right| = \infty, \quad (1.3.4)$$

причём эта динамика может быть как положительной, так и отрицательной

В случае, когда приращения $\Delta Y(T)$ не имеют какой-либо достаточно гладкой тенденции во времени и их изменения непредсказуемы (например, на первом же наблюдении $\Delta Y(T)$ может быть достаточно велико в сравнении с самим показателем $Y(T)$), то такие необратимые процессы могут быть отнесены к хаотическим.

Эволюционные процессы в социально-экономической динамике обусловлены влиянием различных факторов, но основной из них связан с особенностями человеческого фактора. Человек накапливает знания на собственном опыте, он получает знания от других, он рационализирует свой труд и труд других людей, он, на основе полученных знаний, меняет своё отношение к потребляемым товарам, к труду и др. Всю жизнь человека преследуют новшества, которые ему предлагает общество, да и те, которые он предлагает обществу сам. Поэтому не будет ошибкой заявить о том, что главной причиной эволюционного характера развития социально-

экономических объектов выступают инновационные процессы, непрерывно протекающие в обществе.

Под влиянием инноваций происходит постепенная смена технологий, уклада хозяйствования, структуры и методов управления. Величина этих «возмущающих» воздействий инноваций на характер динамики социально-экономического объекта ограничивается инерционностью объекта. И именно поэтому отклонения в тенденциях носят постепенный характер, предопределяя эволюционный характер развития процесса.

Хаотический характер динамики возникает в тех случаях, когда или сам процесс не инерционен и легко меняет под воздействием внешних или внутренних факторов динамику своего развития, или же когда на инерционный процесс воздействуют внешние факторы такой силы, что под их воздействием ломаются и внутренняя структура процесса, и его взаимосвязи, и его динамика.

Иначе говоря, эволюционная динамика характеризует процесс адаптации объекта к внешним и внутренним воздействиям, а хаотическая динамика - отсутствие способности объекта к адаптации.

Сложный характер необратимой динамики предопределяет и сложность аппарата моделирования и прогнозирования этой динамики.

Прогнозирование эволюционных процессов до последнего времени не попадало в поле зрения специалистов по социально-экономическому прогнозированию как самостоятельная задача – только в последние годы в учебники по прогнозированию стали включаться соответствующие разделы. На практике эволюционные процессы просто не выделяли в отдельную группу и для их анализа и прогнозирования использовали приемы классической эконометрии, не задумываясь над корректностью такого применения. Именно использование аппарата прогнозирования методологически несовместимого со свойствами объекта прогнозирования и приводит к возникновению серьезных ошибок инструментария и существенной дисперсии прогноза в практике прогнозирования социально-экономической динамики. Для прогнозирования временных рядов социально-экономических показателей эволюционного типа методологически обоснованным является применение адаптивных методов прогнозирования¹.

Вопросы прогнозирования хаотических рядов социально-экономической динамики в настоящее время решаются использованием теории хаоса и теории катастроф.

¹ Светушков С.Г. Эконометрические методы прогнозирования спроса (на примере промышленной электроэнергетики). – М.: МГУ, 1993. – 123 с.