



МАТЕМАТИКО-
СТАТИСТИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ
В ЭКОНОМИЧЕСКОМ
АНАЛИЗЕ
И ПЛАНИРОВАНИИ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

МАТЕМАТИКО- СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ И ПЛАНИРОВАНИИ

Ответственный редактор
докт. экон. наук *Б. Б. Розин*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск · 1983

Математико-статистические методы в экономическом анализе и планировании.— Новосибирск: Наука, 1983 (Серия: Статистические методы в экономических исследованиях).

В сборнике рассматриваются методические и методологические проблемы анализа и прогнозирования экономических показателей промышленного производства. Исследуются вопросы комбинированного применения различных методов прикладной математики для построения моделей с переменной структурой, статистической аппроксимации сложных многомерных моделей при помощи многофакторных регрессий, учета характеристик надежности при согласовании плановых решений и др.

Книга рассчитана на специалистов, интересующихся применением математико-статистических методов в экономических исследованиях.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник является шестым выпуском в серии «Статистические методы в экономических исследованиях».

Серия открылась коллективной монографией «Экономико-статистическое моделирование в промышленности» (1977 г.), в которой был обобщен и систематизирован опыт применения статистических методов и моделей в экономическом анализе и прогнозировании показателей промышленного производства.

В последующих выпусках серии развивались идеи и методы, изложенные в первой монографии. В частности, в сборнике «Экономико-статистические модели в прогнозировании и планировании промышленного производства» (1978 г.) основное внимание уделено использованию методов распознавания образов при анализе и учете неоднородности экономических совокупностей, решению оптимизационных задач и агрегировании экономической информации. В сборнике «Моделирование и анализ экономических показателей промышленного производства» (1979 г.) освещается главным образом проблема формирования и преобразования экономической информации в системе моделей территориально-производственного планирования. Выпуск «Комплексные подходы к построению и применению экономико-статистических моделей» (1981 г.) посвящен в основном вопросам комбинированного использования ряда методов прикладной математики для конструирования гибридных экономико-статистических моделей с заданными свойствами. В монографии В. М. Соколова «Статистическое моделирование технико-экономических показателей производственных процессов» (1982 г.) рассмотрены некоторые аспекты нахождения оптимальных характеристик деятельности предприятий,

прогнозирования показателей развития отраслевых систем на средне- и долгосрочную перспективу, построения имитационных моделей предприятий. Во всех книгах серии нашли отражение проблемы применения статистических методов для решения прикладных экономических задач.

Особенностью предлагаемого сборника является его ориентация на использование не только статистических, но и теоретико-вероятностных подходов и решение новых типов планово-экономических задач (в частности, оценка надежности плановых решений, формирование оптимальной структуры управления и др.).

Тематически статьи сборника подразделяются на две взаимосвязанные части. Первая посвящена проблемам совершенствования аппарата экономико-статистического моделирования (статьи Б. Б. Розина, М. А. Ягольнищера, В. С. Канева, А. К. Товарова и др.). Вторая часть содержит методику и практические результаты использования теоретико-вероятностных подходов и методов многомерного статистического анализа для выбора оптимальной траектории развития производственной системы, оценки надежности плановых решений, разработки долгосрочных экономических нормативов, выбора рациональной структуры управления и т. п.

Б. Б. РОЗИН, М. А. ЯГОЛЬНИЩЕР

МОДЕЛИ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

1. СВОЙСТВА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТИПЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Проблема выявления и учета динамики экономических показателей и факторов производства, учета изменений во времени существующих сложных зависимостей между признаками — одна из наиболее сложных в статистическом моделировании, и до настоящего времени еще не получила радикального решения. Особенно актуальна проблема динамики при использовании статистических моделей в планировании, когда речь идет о прогнозировании значений показателей в будущий период. Это определяет необходимость поисков и опробования различных подходов к описанию динамики.

Возможность прямого экспериментирования в экономике затруднена. Вследствие этого экономическая наука в основном использует результаты косвенного эксперимента, т. е. наблюдения и измерения показателей функционирования реальных экономических объектов. Такие наблюдения и измерения, как правило, представляют собой временные ряды изучаемых экономических показателей. Построение моделей на основе этой информации и эксперимент на модели позволяют анализировать поведение экономической системы в прошлом и прогнозировать ее будущие состояния.

В основе построения экономико-статистической модели (ЭСМ) любого типа лежит определенная концепция о моделируемой экономической системе (объекте), основанная на учете ее характерных особенностей (свойств).

В настоящее время общепринятой является точка зрения на экономические объекты как на сложные большие системы. Понятие «сложная система» включает в себе как один из элементов неопределенность поведения, неполноту информации о будущих состояниях системы. Итак, первая характерная особенность (свойство), подлежащая учету при моделировании экономической динамики, — стохастический характер поведения экономических объектов. Под стохастичностью понимается невозможность однозначного определения будущих значений выходных показателей на основе информации об их предыстории и значениях входных показателей. Можно указать несколько причин, обуславливающих стохастичность экономических процессов. Во-первых, это неполнота наших знаний об изучаемом процессе; во-вторых, то, что поведение определенной части входных показателей является случайным, плохо поддается измерению и прогнозированию (природно-климатические факторы, развитие и влияние научно-технического прогресса, различного рода субъективные факторы и т. д.); в-третьих, принципиальная неполнота любой математической модели, ее приближенный характер; и, наконец, погрешность исходных статистических данных.

Следующее свойство сложных экономических систем, подлежащее учету при моделировании их поведения, — управляемость. Управление заключается в целенаправленном изменении регулируемых входных показателей системы. Экономические системы обладают тем свойством, что, по крайней мере, часть их входных показателей поддается регулированию, изменению в области допустимых значений. Конкретные значения регулируемых

входных показателей являются характеристиками принимаемых управляющих решений.

Третье принципиальное свойство экономических систем — и н е р ц и о н н о с т ь. Под инерционностью понимается зависимость состояния экономической системы в каждый данный момент времени от ее предыдущих состояний. Инерционность обусловлена невозможностью в небольшие отрезки времени коренным образом изменить технологическую структуру экономических процессов. Это объясняется несколькими причинами. Одна из них связана с запаздыванием отдачи от капитальных вложений (лаги); вторая — с запаздыванием информации о необходимости принятия новых управляющих решений; третья — с запаздыванием реакции управления на изменение ситуации. Степень инерционности экономических процессов зависит от уровня иерархии исследуемой экономической системы: чем он выше, тем, как правило, сильнее инерционность.

В зависимости от того, на учете какого (или каких) свойств экономических систем делается акцент, модели экономической динамики можно подразделить на два крупных класса: экономико-статистические модели со стабильной и переменной структурой ¹.

ЭСМ со стабильной структурой ориентированы в основном на учет свойства стохастичности, для них характерно описание будущих состояний экономического объекта при помощи экстраполяции закономерностей его поведения в прошлом. При построении ЭСМ такого типа принимается, что поведение экономической системы на всем анализируемом отрезке времени описывается одним и тем же случайным процессом, что равносильно предположению о постоянстве свойств экономической системы во времени.

В основе корректного применения ЭСМ со стабильной структурой лежит одна из характерных особенностей экономических систем — их инерционность, невозможность существенного изменения состояния экономической системы за малые промежутки времени. Управляющим воздействиям нужно определенное время для их срабатывания. В пределах времени срабатывания управляющих воздействий применение ЭСМ со стабильной структурой вполне оправдано.

Модели с переменной структурой ориентированы на получение информации о возможных состояниях экономи-

¹ Под структурой ЭСМ понимается набор входных и выходных переменных, форма их взаимосвязи, параметры модели.

ческого объекта для различных управляющих решений, они учитывают возможные качественные изменения в поведении изучаемого объекта в результате воздействия новых управляющих решений. Эти модели одновременно отражают два основных свойства экономических систем — стохастичность и управляемость. С содержательной точки зрения использование ЭСМ с переменной структурой соответствует принятию гипотезы об изменяющейся во времени эффективности использования производственных ресурсов.

Учет свойства управляемости экономических систем при конструировании модели означает, что для описания поведения экономического процесса на разных отрезках времени (на различных этапах развития объекта) должны использоваться модели с различной структурой.

В основе построения ЭСМ с переменной структурой лежит гипотеза о том, что поведение экономической системы на временном интервале ее развития описывается разными случайными процессами. Они реализуют более сложную вероятностную конструкцию по сравнению с моделью со стабильной структурой.

Выбор того или иного типа модели для описания динамики конкретного экономического процесса зависит от степени его инерционности и управляемости. Естественно, что модели с переменной структурой представляют более общий класс моделей экономической динамики, включающий в себя и класс моделей со стабильной структурой. Однако, несмотря на большую универсальность моделей с переменной структурой, они не исключают использования первого типа моделей. Дело в том, что модели со стабильной структурой, реализующие гипотезу о стационарном или о приводимом к стационарному случайном процессе, отличаются сравнительной простотой конструкции. Если гипотеза о стационарности случайного процесса подтверждается, то применение моделей со стабильной структурой достаточно эффективно.

Построение моделей с переменной структурой — это один из основных путей повышения адекватности моделей реальным процессам. Однако при этом необходимо учесть резкое нарастание сложности конструкции модели в связи с введением требования изменчивости структуры. Поэтому в каждом конкретном случае выбранная форма модели является воплощением необходимого компромисса между содержательными, конструктивными и потребительскими свойствами.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ СТРУКТУРЫ МОДЕЛИ

Главными причинами изменчивости характера статистических зависимостей во времени являются реализация достижений научно-технического прогресса, этапность развития предприятий (освоение, стабильное функционирование, «старение»), изменение природных условий в добывающих отраслях промышленности.

В последние десятилетия главным фактором экономического развития становится научно-технический прогресс. Возможность роста экономики за счет экстенсивных факторов резко сужается. Определяющим является интенсивный путь развития, поэтому конкретные темпы научно-технического прогресса становятся необходимым условием развития экономики. Под техническим прогрессом понимается процесс совершенствования средств, предметов и продуктов труда, технологии, организации и управления производством, ведущий к повышению его эффективности. В качестве интегральной характеристики реализации достижений технического прогресса на конкретном объекте в определенный период времени выступает показатель технического уровня производства. Другими словами, технический уровень производства — это общий результат непосредственных проявлений технического прогресса на некоторый фиксированный момент времени для определенного объекта.

Статистическая модель производственного объекта (предприятия, объединения, отрасли), как правило, характеризует зависимость между входами (факторами производства) и выходами (результатами производства) исследуемой экономической системы, а также связь между входами системы. Описываемый моделью типа «затраты-выпуск» способ преобразования ресурсов в продукцию может быть назван абстрактной технологией производства. Реализация достижений научно-технического прогресса и проявляется в изменении абстрактной технологии (способа преобразования), ее основных характеристик. К числу последних можно отнести эффективность преобразования, т. е. соотношение между затратами и результатом; показатель, характеризующий влияние масштабов производства на его результаты; степень взаимозаменяемости ресурсов.

Характер влияния технического прогресса на абстрактную технологию (эффективность преобразования ресурсов в продукцию), а следовательно, и структура динамической

модели зависят от типа и формы технического прогресса, масштаба изучаемого объекта, его положения на траектории развития и др.

Технический прогресс протекает во времени — прогрессивные изменения элементов производственного процесса и в пространстве — распространение более совершенных элементов в некоторой производственной системе, например отрасли (по терминологии Э. Янча [1], соответственно «вертикальный» и «горизонтальный» технический прогресс)². На уровне предприятий преимущественно проявляется «вертикальная» форма, хотя для отрасли в целом это может быть проявлением «горизонтального» технического прогресса.

Технический прогресс можно также подразделить на капиталоемкий (овеществленный), требующий существенных инвестиций, и не требующий больших капитальных вложений (неовеществленный). Последний проявляется в совершенствовании методов организации и управления производством.

Рассмотрим влияние перечисленных выше форм технического прогресса на абстрактную технологию отдельно для промышленного предприятия и совокупности предприятий (подотрасль, отрасль).

Для отдельного предприятия реальные возможности изменения абстрактной технологии зависят от его положения на траектории развития. В период функционирования, когда производственные фонды освоены, возможности изменения масштабов и соотношений в затратах ресурсов ограничены. Здесь речь может идти в основном о неовеществленном техническом прогрессе. Структура модели на таких участках траектории развития либо стабильна, либо меняется достаточно плавно.

Другая картина наблюдается при исследовании долгосрочной перспективы развития предприятия, где возможности маневра значительно шире и могут реализоваться обе формы технического прогресса — овеществленный и неовеществленный. Например, в период проектирования возможности маневра очень широки, меньше они в период строительства предприятия, его реконструкции, коренного изменения технологии и т. д. Таким образом, долгосрочное развитие предприятия включает несколько абстрактных технологий и областей перехода от одной к другой. Такое развитие может быть корректно описано с по-

² «Горизонтальный» технический прогресс также протекает во времени.

мощью моделей с переменной структурой, под которой понимается совокупность ряда моделей, описывающих каждую разновидность абстрактной технологии (технический уровень), а также переходные периоды между ними. Переходный период во многом определяется характером реализуемого технического прогресса. Естественно, что для случая овеществленного технического прогресса он более длителен и ярче выражен, чем для неовеществленного.

Резюмируя, можно сказать, что с точки зрения технического прогресса различие между моделями со стабильной структурой (краткосрочными) и переменной структурой (долгосрочными) заключается в том, что первые предполагают введение жестких ограничений на наличие установленного оборудования и возможность его замены. Вторые предполагают лишь ограничения на накопленный фонд реализуемых технических альтернатив развития. Различия между типами моделей и лежащими в их основе гипотезами в некоторой степени относительно. Они зависят от скорости физического и морального износа оборудования, технологии и других элементов технического прогресса. Поэтому в различных отраслях, а также в одной отрасли в разные периоды времени темп изменения технологии будет разным.

Для совокупности объектов процесс изменения абстрактной технологии разновременен: отдельные объекты находятся на различных участках траектории развития, имеют различный технический уровень. Поэтому границы между технологическими периодами нечеткие. Степень размытости границ зависит от числа объектов в системе. Чем их больше, тем более растянуты переходные периоды и тем плавнее ведет себя траектория развития.

Кроме описания отраслевой системы в целом или на уровне отдельных объектов при изучении экономических последствий технического прогресса возникает дополнительная задача исследования процесса распространения технологических новшеств в совокупности — «горизонтального» технического прогресса.

Вторая важная причина изменения структуры связей показателей и факторов производства во времени — это предыстория развития и функционирования предприятия.

В общих чертах история развития предприятия включает стадии проектирования, строительства, эксплуатации. Последняя в свою очередь может быть подразделена на периоды освоения, стационарного (стабильного) функ-

ционирования и старения. Каждой крупной стадии соответствуют свои характерные задачи исследования, степени свободы изменения масштабов и соотношений факторов производства, а следовательно, и специфические формы моделей. В свою очередь, каждый период эксплуатации предприятий (освоение, стабильное функционирование, старение) характеризуется набором переменных, влияющих на моделируемый показатель, различной ролью отдельных переменных и разной скоростью изменения показателей во времени. Для каждого из перечисленных выше периодов развития промышленного объекта характерна своя динамика экономических показателей и свои специфические функции преобразования затрат ресурсов в готовую продукцию. Как правило, первый и третий периоды характеризуются быстрыми темпами изменения экономических показателей и сравнительно низкой эффективностью производственного процесса, второй — относительно медленными темпами изменения экономических показателей и наиболее быстрыми изменениями эффективности. Поэтому и структуры моделей для этих периодов должны быть разными.

Следующая важная причина нестабильности структуры влияния переменных во времени — изменение природных факторов. Особенно отчетливо это обстоятельство проявляется в добывающих отраслях промышленности. Понятие «природные факторы» весьма широко — оно охватывает все элементы окружающей природы, оказывающие влияние на эффективность производственной деятельности промышленных объектов. Эти факторы можно подразделить на две основные группы: непосредственно участвующие в материальном производстве (естественные ресурсы) и не участвующие в производстве, но оказывающие влияние на его результаты (природные условия). Наиболее динамичными являются качество естественных ресурсов, а также та часть природных условий, которая характеризует горно-геологические условия залегания естественных ресурсов. Как правило, с течением времени эта часть факторов претерпевает определенные изменения, в основном в сторону ухудшения параметров (увеличивается глубина залегания, уменьшаются запасы, снижается пластовое давление, увеличивается обводненность и т. д.).

Помимо трех названных факторов есть еще группа значительно менее четко выраженных причин изменения структуры связей в динамике. Часто их объединяют под названием «фактор времени». Это своеобразный общий фактор, аккумулирующий (опосредующий) в себе влияние

целого комплекса реальных причин развития процесса (частью измеримых, частью неизмеримых). В этом плане можно провести аналогию между «фактором времени» и географическим положением предприятия, за которым (особенно в добывающих отраслях) также стоит целый комплекс реальных факторов производства. Нагрузка на «фактор времени» в моделях во многом зависит от их структуры: она тем меньше, чем больше факторов развития удается ввести в модель в явном виде. Однако полностью влияние этого косвенного, аккумулирующего измерителя не может быть устранено из-за действия целого ряда неизмеримых факторов (например, повышение опыта, уровня знаний работников и т. п.). Время в моделях экономических показателей работы промышленных объектов может выступать в двух формах:

в форме календарного времени с общей начальной точкой отсчета для всех объектов совокупности;

в форме «возраста» предприятия, времени его функционирования.

В последнем случае начальные точки отсчета различны для объектов, введенных в эксплуатацию в разные периоды, т. е. объектов разных «поколений».

На первый взгляд может показаться, что эти две формы измерения времени дублируют друг друга. Между ними действительно существует тесная взаимосвязь, однако суть их различна. Показатели календарного времени, введенные в модель, включают в себя все, что связано с тенденцией развития моделируемого объекта и не нашло явного отражения в независимых переменных модели. «Возрастной» фактор дифференцирует предприятия с одинаковым значением календарного времени на разные «поколения», тем самым учитываются в неявной форме многие качественные стороны, отличающие предприятия, в разные периоды введенные в эксплуатацию.

Все указанные причины изменения структуры связей действуют не изолированно одна от другой, а, как правило, совместно. При этом существуют взаимосвязи между отдельными группами причин (например, те или иные природные условия определяют тип используемой технологии и техники). В конечном итоге получается довольно сложная картина изменения структуры влияний переменных, что определяет актуальность и важность разработки статистических методов выявления и учета этого факта.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЭСМ

Методические подходы к построению моделей с переменной структурой во многом определяются исходной информационной базой и объектом моделирования. Поэтому их рассмотрение целесообразно начать с классификации динамических моделей.

В основу выделения рассматриваемых типов динамических моделей положено два классификационных признака: метод прогнозирования показателей и объект моделирования. По первому признаку следует различать прогнозирование путем экстраполяции

закономерностей изменения самого значения показателя;

модели прошлого периода и закономерностей изменения независимых переменных;

закономерностей изменения во времени параметров модели и независимых переменных.

По объекту моделирования различаются динамические модели отдельного объекта и динамические модели совокупности объектов.

Сочетание двух указанных классификационных признаков приводит к выделению таких типов динамических моделей, как одномерные и многомерные модели отдельного объекта и многомерные модели совокупности объектов. При этом следует подчеркнуть, что последний тип моделей также относится к уровню отдельного объекта. Отличие заключается лишь в форме представления исходной информации и в способах построения моделей. Обозначим: n — число изучаемых объектов; y_{it}^l — значение l -го моделируемого показателя i -го объекта в t -м периоде ($i = \overline{1, n}$; $l = \overline{1, k}$; $t = \overline{1, T}$); x_{it}^r — значение r -го фактора производства для i -го объекта в t -м периоде ($i = \overline{1, n}$; $r = \overline{1, p}$; $t = \overline{1, T}$). Тогда исходная информация для одномерной модели отдельного объекта характеризуется $n = 1, k = 1, p = 0, t \gg 1$. Для многомерной модели отдельного объекта $n = 1, k \geq 1, p \geq 1, t \gg 1$. Для моделей, построенных на основе данных о совокупности объектов, $n \gg 1, k \gg 1, p \geq 1, t > 1$.

Одномерные динамические модели отдельных объектов либо могут иметь самостоятельное значение как инструмент анализа динамики показателей их прогнозирования, либо являться вспомогательным элементом при построении общей динамической модели совокупности объектов.

Методы исследования динамических рядов отдельного показателя относятся к наиболее распространенным. Име-

ется довольно богатый формальный аппарат: выявление тенденций методами скользящих средних, наименьших квадратов, линейного и нелинейного программирования в случае наличия ограничений, прогнозирования случайной компоненты по авторегрессионной модели, выделения сезонных и циклических колебаний, методы экспоненциального сглаживания и гармонических весов, учитывающие нарастание веса более близких наблюдений и др.

Но область прямого использования этого подхода к моделированию и прогнозированию экономических показателей весьма ограничена. Это связано с идейным содержанием метода прогнозирования по отдельным динамическим рядам — прогноз осуществляется по собственной предыстории изменения показателя без вскрытия причин развития и представляет собой прямую экстраполяцию. Она возможна только при условии, что динамика показателя сохраняется в будущем.

Такое условие соблюдается, как правило, для агрегированных, интегральных показателей больших систем в целом, например для спроса на массовую традиционную продукцию, но не для экономических показателей отдельного предприятия. Кроме того, область применения этого приема также ограничена размерами рядов. Далее, однофакторные динамические модели не позволяют прогнозировать показатели новых предприятий, так как они жестко привязаны к конкретному объекту. Не играя самостоятельной роли в прогнозировании экономических показателей, методы анализа динамических рядов в то же время являются обязательным составным элементом всех других методов описания динамики.

Модели, построенные на основе анализа многомерных временных рядов. Необходимо отметить, что если методы анализа одномерных временных рядов довольно хорошо разработаны и широко освещены в литературе, то по методам построения моделей на основе анализа многомерных рядов материалов гораздо меньше. Отличие этого подхода от предыдущего заключается в переходе к многокомпонентной модели, описывающей развитие системы рядов. Динамический ряд показателя представляется как функция динамических рядов производственных факторов с учетом сдвига во времени (лагов). Достоинствами этого типа моделей являются учет причин изменения показателя и хорошая приложимость к конкретному объекту (временная информация по отдельному объекту более однородна, чем пространственная по группе объектов). Особо следует отметить возможность выявления при анализе

многомерных временных рядов величины запаздывания во времени действия отдельных производственных факторов, что играет большую роль при любых способах построения динамических моделей и при прогнозировании с их помощью. Поэтому построение таких моделей помимо самостоятельного применения может оказаться полезным и как вспомогательный элемент построения динамических моделей совокупности объектов. Недостатки моделей обусловлены характером информации — при коротких рядах не представляется возможным включать в модель достаточное число переменных, а, главное, малая вариация отдельных факторов и их соотношений во времени не дает возможности отразить в модели достаточную область свободы. Последнее делает динамические модели отдельного объекта непригодными для прогноза при существенных изменениях условий работы объекта (объема и структуры фондов, технологии и т. п.), а также невозможным использование их для других объектов. Хотя необходимо заметить, что область свободы здесь все-таки шире, чем у жестко привязанных динамических рядов отдельного показателя.

Динамические модели многомерных временных рядов наиболее часто являются комбинированными — они включают явную функцию времени для учета тренда, значения независимых переменных x в разные периоды времени и авторегрессионную часть (значения моделируемого показателя y в предшествующие периоды времени). В общем виде модель может быть записана следующим образом:

$$\begin{aligned} y(t) = & f(t, y(t-1), \dots, y(t-\tau), x_1(t), x_1(t-1), \dots \\ & \dots, x_1(t-\tau_1), x_2(t), x_2(t-1), \dots, x_2(t-\tau_2), \dots \\ & \dots, x_n(t), x_n(t-1), \dots, x_n(t-\tau_n)) + \varepsilon_t, \end{aligned}$$

где τ — время запаздывания (лаг) показателя (фактора); ε_t — случайное возмущение на момент t .

Выше нами был рассмотрен наиболее простой случай построения динамической модели на основе многомерного временного ряда — в качестве моделируемого показателя выступает один признак ($k = 1$), т. е. случай одномерного выхода. При этом предполагается, что результаты работы исследуемого объекта могут быть описаны одной или несколькими автономными (независимыми) моделями.

Понятно, что это предположение условно, поскольку в действительности любой экономический процесс характеризуется целой системой зависимостей между переменными, причем некоторые из них, отнесенные к числу не-

зависимых, на самом деле могут выступать и в роли функций.

Решение проблемы здесь заключается в построении системы структурных (совместных) уравнений [2], дающих более полное и всестороннее представление об объекте. Однако построение структурных моделей для каждого предприятия отраслевой системы является чрезвычайно громоздкой и трудоемкой процедурой, к тому же часто не обеспеченной достаточным объемом информации. Поэтому здесь допускают упрощения, строится обычно не общая структурная модель, а ее специальный вид — рекурсивная модель.

Многомерные динамические модели, построенные на основе информации о совокупности объектов. Эффективность той или иной гипотезы о структуре модели экономической системы существенно зависит от наличия соответствующей статистической информации. В частности, для реализации метода построения моделей с переменной структурой (или, что то же, описания экономической динамики моделью управляемого случайного процесса ³) необходимо иметь семейство реализаций экономического процесса. Принципиальное отличие экономических процессов, например, от физических состоит прежде всего в практической невозможности многократного их воспроизведения с достаточной для исследования точностью. Таким образом, возникает важная методологическая проблема получения семейства реализаций значений изучаемого процесса на одном и том же фиксированном отрезке времени. Решение этой проблемы связано с использованием в теории и практике статистического моделирования аппарата многомерной классификации. Дело в том, что до появления методов многомерной классификации единственно доступной статистической информацией о поведении во времени экономического объекта была одна реализация (один одномерный или многомерный временной ряд). Применение этих методов позволяет рассматривать множество пространственных реализаций однотипных экономических систем на фиксированном (сравнительно коротком) отрезке времени как различные варианты развития в динамике одной системы, т. е. рассматривать типы объектов, выделенные в одном или нескольких простран-

³ В самом общем виде управляемый случайный процесс определяется как семейство случайных процессов, с каждым элементом которого ассоциирован параметр, называемый параметром управления.