



МОДЕЛИРОВАНИЕ
И АНАЛИЗ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА

СТАТИСТИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ
В ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ

МОДЕЛИРОВАНИЕ
И АНАЛИЗ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА

Ответственные редакторы
канд. экон. наук *М. Л. Лукацкая*,
д-р экон. наук *Б. Б. Розин*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск • 1979

В сборнике рассматриваются методологические и методические вопросы анализа, измерения и прогнозирования экономических показателей производства на основе статистических методов и методов теории распознавания образов. Освещаются некоторые вопросы методологии статистического моделирования связей экономических показателей; рассматриваются проблемы формирования и преобразования экономической информации в системе моделей перспективного планирования; обсуждаются вопросы исследования динамики производства и измерения его технического уровня; методы использования экспертных оценок в долгосрочном прогнозировании; предложены подходы к построению имитационных моделей развития отрасли.

Издание рассчитано на широкий круг читателей: работников научно-исследовательских организаций, плановых органов, экономических служб промышленных предприятий, министерств и ведомств, а также на студентов и аспирантов экономических факультетов.

ОТ РЕДАКТОРОВ

Настоящий сборник представляет собой очередной выпуск работ серии «Статистические методы в экономических исследованиях». Публикуемые материалы освещают как теоретические и методические, так и практические вопросы моделирования и анализа экономических показателей производства.

В сборнике выделяются две группы работ. Одна из них включает статьи по проблемам применения статистических методов для информационного обеспечения системы моделей территориально-производственного планирования, вторая посвящена методике и опыту построения экономико-статистических моделей промышленных объектов и объединений, пригодных для включения в многоуровневые системы оптимизации. Эти два направления исследования тесно связаны как общностью целей, так и используемым математическим аппаратом.

В этом сборнике в отличие от подобных выпусков прошлых лет большое внимание уделяется проблеме формирования и преобразования информации в системе моделей территориально-производственного планирования. Дело в том, что одна из основных причин, тормозящих широкое применение экономико-математических моделей в практике планово-экономической работы, — слабость информационного обеспечения. С решением вопроса об информационном обеспечении тесно связано и решение еще двух назревших проблем перспективного планирования: согласование результатов решений, принимаемых на различных уровнях, и учет влияния научно-технического

©Издательство «Наука», 1979.

М 10803 — 874 349.79.0604020102.
042(02) — 79

прогресса. Цикл статей, посвященных этим проблемам, включает работы постановочного, общеметодического плана и работы, освещающие конкретный опыт решения отдельных информационных проблем (оценка региональных коэффициентов материальных затрат, прогнозирование потребности в прокате и т. п.).

Одной из важных проблем внедрения экономико-статистических моделей в технологию плановых расчетов является рациональное сочетание различных формальных и неформальных методов.

Необходимость обращения к комбинированным подходам к построению и решению подобных моделей обусловлена требованиями, предъявляемыми практикой использования моделей в анализе, прогнозировании и планировании. В частности, к числу основных таких требований можно отнести возможность построения моделей в неоднородных совокупностях, учет качественных признаков и априорных ограничений, обеспечение адаптивности, управляемости и оптимизируемости.

В сборнике широко используются методы теории распознавания образов либо в качестве самостоятельного аппарата исследования, либо в сочетании с традиционными методами корреляционно-регрессионного анализа. Определенное внимание уделяется также использованию экспертных оценок.

Б. Б. РОЗИН, В. В. КУЛЕШОВ,
М. Л. ЛУКАЦКАЯ

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ МОДЕЛЕЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Решение такой сложной проблемы, как формирование и преобразование информации в системе моделей, требует работы больших коллективов специалистов и многочисленных исследований. В настоящей статье очерчены лишь основные контуры системы, дана постановка задач и основные идеи по их решению.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Современный этап применения математических методов в экономике характеризуется переходом от расчетов по отдельным моделям к построению систем взаимосвязанных моделей. В Институте экономики и организации промышленного производства СО АН СССР разработана система экономико-математических моделей (ЭММ) территориально-производственного планирования (рис. 1).

Основные отличия общей структуры системы (по сравнению с другими вариантами системы моделей):

1) на верхнем уровне используются два типа моделей централизованных плановых расчетов — «точечные» и «пространственные»; при этом расчеты по пространственным (территориальным) моделям оказывают непосредственное влияние на формирование сводных народнохозяйственных пропорций (связь $B \leftrightarrow A$);

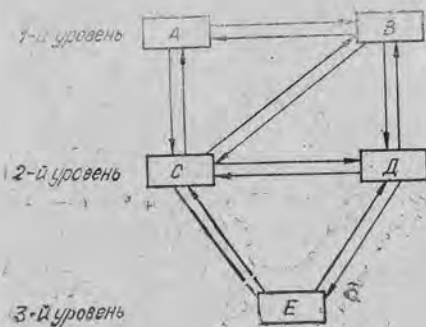


Рис. 1. Общая структура системы моделей. А — подсистема моделей сводного народнохозяйственного планирования («точечная» модель народного хозяйства); В — то же, территориального народнохозяйственного планирования («пространственные» модели народного хозяйства); С — то же, планирования межотраслевых (отраслевых) комплексов и отдельных отраслей; Д — то же, регионального планирования (модели республик и регионов, областей, территориально-производственных комплексов, промышленных узлов и т. д.); Е — модели производственных объектов (объединений и предприятий).

2) блоки С и Д представляют собой многоуровневые системы; они включают также модели программного планирования (комплексных производственных и региональных программ).

Пока хорошо отработаны (на большом практическом материале) лишь отдельные модельные блоки системы. Дальнейшая задача — изучение функционирования системы моделей в целом.

Одной из основных причин, тормозящих широкое практическое использование системы ЭММ, является *слабость их информационного обеспечения*. С решением этого вопроса тесно связаны еще две назревшие проблемы перспективного планирования: согласование результатов решений, принимаемых на различных уровнях, и учет влияния научно-технического прогресса.

На наш взгляд, содержание перечисленных вопросов сводится к единой проблеме формирования и преобразования экономической информации (нормативов), циркулирующей в системе моделей (СМ).

Одна из причин слабости информационного обеспечения СМ заключается в *несоответствии содержания, качества и круга показателей действующей статистической отчетности информационным массивам СМ*. В системе моделей может быть использован только небольшой круг отчетных показателей, вся остальная информация являет-

ся, как правило, результатом специальных обследований, расчетов, выборок и т. д.

Приведем в качестве примера данные, полученные при анализе информационной обеспеченности ЭММ, намечаемых для включения в АСПР. Экспертный опрос сотрудников ЦЭМИ, ИЭиОПЦ, НИЭИ при Госплане СССР, ГВЦ и т. д. показал, что из 138 ЭММ лишь 17 могут непосредственно работать на материалах действующей отчетности, т. е. около 88% моделей требуют для своего функционирования специальных (достаточно сложных и громоздких) процедур по сбору, подготовке и преобразованию информации.

С точки зрения информационной обеспеченности действующей статистической отчетностью экономико-математические задачи можно разделить на следующие:

имеющие полное информационное обеспечение на всех уровнях системы моделей,

имеющие неполное информационное обеспечение, не имеющие информационного обеспечения совсем.

Большая часть решаемых в настоящее время задач относится ко второму и частично к третьему классу. В свою очередь отсутствие информации на определенном уровне моделирования может вызываться либо отсутствием ее в первичном учете вообще, либо, при наличии ее в первичном учете, отсутствием в статистической отчетности данного уровня. При экономико-математическом моделировании исследователь, как правило, сталкивается со второй ситуацией.

Однако главная трудность заключается не столько в том, что отсутствует информация в нужном для использования виде, а в том, что определенную часть (довольно значительную для моделей пространственной экономики) просто *нельзя получить на базе существующей отчетности* даже с помощью сложных и трудоемких расчетов. Дело в том, что существующая методология традиционной статистической сводки предусматривает агрегирование уже на низшем уровне по заранее регламентированным формам большей части первичной информации. Тем самым исключается возможность агрегирования ее в других аспектах, при других основаниях, необходимость в котором возникает при решении задач на более высоких уровнях. Кроме того, в процессе сводки исчезают сведения об индивидуальных различиях производственных объектов,

а необходимость в использовании этих дифференцированных сведений часто возникает в ходе экономико-математического моделирования на всех уровнях.

Действительно, величина любого агрегированного норматива формируется под воздействием двух групп факторов: величины первичных, индивидуальных нормативов нижнего уровня и структуры производства (его распределения по территории, предприятиям, способам производства, видам продукции и т. д.). Так как для установления макронормативов используются преимущественно методы экономической динамики (анализ сложившихся уровней и тенденций), то влияния каждой из этих двух групп факторов на величину макронормативов нельзя выделить.

Следовательно, нельзя провести корректировку нормативов с учетом результатов решения оптимизационных задач. А такая корректировка, как правило, необходима, ибо структура производства оптимального варианта существенно отлична от базисной структуры. Особенно подвижны, изменчивы структуры в моделях пространственной экономики, поэтому зачастую различия в региональных нормативах отражают не столько реальные различия в региональной эффективности, сколько различия сложившихся структур производства, их связей и пр. Чтобы преодолеть несоответствие между исходным и оптимальным значениями макронормативов, необходимо создать такую систему формирования нормативов, которая могла бы работать с первичными нормативами, а процедуру взвешивания по структурам реализовать в явном виде.

Следующая трудность связана с необходимостью учитывать влияние научно-технического прогресса на величину макронормативов. Это связано с тем, что на макроэкономическом уровне обычно используются агрегированные нормативы, в то время как научно-технические идеи, приводящие к изменению нормативов, возникают и реализуются на уровне предприятий, отдельных процессов, агрегатов, машин. Без специальной системы, связывающей с макроэкономическими моделями этот нижний уровень (на котором протекает вся реальная деятельность по совершенствованию и созданию новых технологий и их внедрению), эта проблема радикально решена быть не может.

Вообще, чтобы иметь возможность учесть влияние изменяющихся на уровне производственных объектов факторов (природных, технических, организационных и др.) на величину нормативов, эти нормативы должны выступать в виде зависимостей от факторов производства, т. е. должны строиться модели формирования нормативов нижнего уровня (первичных нормативов).

СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Реальный путь преодоления рассмотренных недостатков информационного обеспечения СМ — создание специальной системы формирования и преобразования экономической информации, которая должна являться необходимым элементом общей системы моделей. Иными словами, необходимо, чтобы схеме функционирования СМ сопутствовала адекватно, по той же логике построенная система формирования и преобразования информации — блок информационного обеспечения. При конструировании такого блока были учтены следующие принципы:

нормативы всех уровней формируются и корректируются исходя из первичных нормативов;

однократный ввод первичной информации должен обеспечивать многократное ее использование (для получения нормативов различного назначения и уровня агрегации);

нормативы нижнего уровня задаются не системой величин, а системой моделей их формирования;

для получения нормативов нижнего уровня используются модели предприятий специального вида, с двумя блоками: а) «Генератором вариантов» для отраслевых задач и б) «Информационно-нормативным» для народнохозяйственных моделей¹;

¹ Имеются в виду укрупненные модели предприятий, предназначенные для использования не на уровне предприятий, а на более высоких уровнях управления. Кроме того, само понятие предприятия может не совпадать с принятым в официальной отчетности. В зависимости от специфики отрасли и решаемой задачи это могут быть крупные технологические агрегаты, переделы, цехи и т. д. Например, в черной металлургии модели должны строиться отдельно по доменному, сталеплавному и прокатному переделам.

предусматриваются два потока формирования макронормативов народнохозяйственного уровня: прямой путь — от «Информационно-нормативного» блока модели предприятия и опосредованный — от «Генератора вариантов» через отраслевую модель;

агрегирование первичных нормативов прямого потока происходит в явном виде соответственно логике функционирования СМ; в качестве весов агрегирования выступает структура производства, полученная при решении оптимизационных отраслевых задач;

предусматривается возможность человеко-машинной реализации в диалоговом режиме.

Система моделей оптимального территориально-производственного планирования с включенным в нее блоком формирования и преобразования нормативов и необходимыми связями схематически представлена на рис. 2.

Предлагаемая схема формирования и преобразования информации представляет собой процесс развития и расширения разрабатываемой в ИЭиОПП системы моделей за счет включения в нее моделей нижнего уровня — моделей предприятий. Последние играют двойную роль — источник вариантов и источник нормативов.

Итеративный процесс функционирования предложенной схемы может быть представлен следующим образом.

Первая итерация включает этапы:

формирование приближенных макронормативов методами экономической динамики;

решение народнохозяйственных моделей;

формирование задания для моделей среднего уровня;

организация итеративного процесса оптимизации в двухуровневой системе отрасль — предприятие (результатом этого процесса должно быть получение вектора показателей предприятия и отраслевой структуры производства);

получение субоптимальных макронормативов путем взвешивания показателей предприятий на отраслевую структуру.

Вторая и следующие итерации включают те же этапы, но в качестве исходных макронормативов берутся нормативы, полученные на последнем этапе предыдущей итерации.

Процедура формирования макронормативов посредством взвешивания экономических показателей предприя-

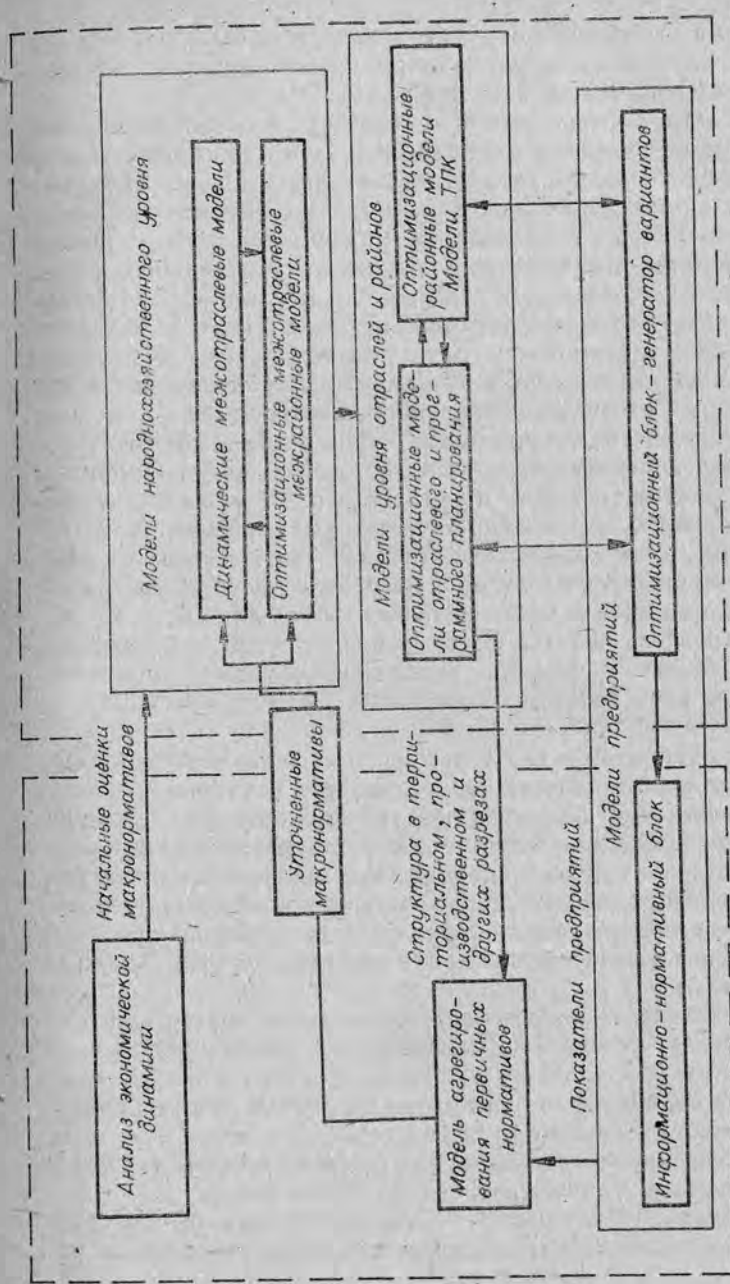


Рис. 2. Схема включения статистических и имитационных моделей предприятий в систему оптимального территориально-производственного планирования.

Жирными стрелками показаны связи, появившиеся с введением блока формирования и преобразования информации.

тий на отраслевую структуру представляет собой, по существу, аналог информационного согласования моделей среднего и верхнего уровней.

Таким образом, в схеме отражается циклическое движение информации — снизу вверх идет производственно-осведомительская, сверху вниз — управляющая информация. В предложенной схеме можно выделить отдельные блоки. Наиболее разработан и экспериментально апробирован блок предприятие — отрасль. Это объясняется тем, что и отраслевые модели, и модели предприятий строятся на основании одной информации — данных о функционировании совокупности предприятий.

Наиболее сложна и менее разработана цепочка предприятие — отрасль — народнохозяйственные модели пространственной экономики. Необходимо заметить, что вообще наиболее остро стоит вопрос об информационном обеспечении моделей пространственной экономики. Использование предложенной схемы для формирования территориальных макронормативов в выделенной цепочке позволяет решить эту проблему. Эта часть схемы может быть детализирована следующим образом:

строится система моделей предприятий отрасли, модель включает факторы технического уровня, организации и экономики производства, а также региональные факторы;

вся территория СССР разбивается на элементарные территориальные блоки, такие, внутри которых вариация региональных факторов незначительна. Для каждого такого блока определяется величина норматива при фиксированных прочих условиях. Величина этого первичного территориального норматива в фиксированных условиях производства может легко быть рассчитана и для блоков, в которые не включены предприятия (территориальный прогноз);

методами таксономии формируются территориально связанные регионы с близкими уровнями нормативов;

путем взвешивания на запланированную внутриотраслевую структуру производства определяются макронормативы для отрасли в регионе;

определяются региональные макронормативы для групп отраслей — межотраслевое взвешивание.

Описанная процедура позволяет решать и обратную задачу — найти рациональные границы регионов и ра-

циональные агрегаты отраслей с позиции достижения наибольшей однородности того или иного норматива.

Отметим, что приведенная схема формирования и преобразования информации рассчитана на следующие условия ее функционирования.

1. На основе ее оцениваются только производственные нормативы (трудоемкости, материалоемкости, фондоемкости и т. п.); данные о конечном потреблении и демографических сдвигах должны определяться за рамками системы.

2. Производственные процессы на объектах нижнего уровня не изучаются по существу, а рассматриваются только с точки зрения влияния их технико-технологических параметров на выходные экономические показатели.

3. Предполагается первичная агрегация продукции предприятий по их потребительским свойствам и условиям производства.

4. Горизонт планирования зависит от имеющегося запаса научно-технических решений и возможности просмотра условий производства отдельных объектов, т. е. для большинства отраслей — 10—15 лет.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ГЕНЕРАТОР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Принципиальную роль в формировании всей экономической информации, циркулирующей в предложенной схеме, играют модели предприятий², что обусловлено следующими обстоятельствами:

предприятие является первичной самостоятельной ячейкой, непосредственно осуществляющей производство и реализацию продукции. Все остальные уровни в основном несут организационно-управленческие функции;

предприятие — основная отчетная единица в статистике и база формирования показателей всех уровней планирования;

непосредственная реализация научно-технического прогресса осуществляется на уровне предприятия. Только на этом уровне имеется возможность оценки его «чистого» влияния на показатели эффективности, так как на

² Это могут быть как модели функционирования предприятий, так и модели их строительства и проектирования.

уровне отрасли это влияние в значительной степени «затушевывается» другими факторами и структурными сдвигами;

«чистое» влияние природных, климатических и тому подобных региональных факторов также может быть оценено лишь на уровне предприятия;

модель предприятия — эффективный инструмент выявления внутрипроизводственных резервов. Таким образом, они могут выступать не только в качестве источника информации, но и нести содержательную нагрузку в поиске оптимального варианта функционирования производственного объекта;

основная часть специалистов как по техническому, так и по экономическому управлению сосредоточена на предприятиях. Включение предприятий в систему позволит использовать их знания и опыт при формировании экономической информации.

Идея о единстве всей экономической информации в социалистическом обществе была впервые высказана С. Г. Струмилиным. Он указывал, что общественный характер труда делает общественной и любую часть экономической информации, какой бы она ни казалась ограниченной — от первичного учета у станка до баланса народного хозяйства.

В рассматриваемой схеме модель предприятия строится специальным образом. Главная ее особенность заключается в том, что вектор выходных показателей должен включать все экономические показатели, используемые на более высоких уровнях планирования. В частности, с позиций народнохозяйственного уровня главные показатели материалоемкости (6—8 показателей), капиталоемкости, фондоемкости и трудоемкости.

Расширение выходного вектора и ужесточение требований к модели вызывают необходимость и расширения набора входных переменных: помимо факторов, характеризующих собственно производственную деятельность (технология, техника, организация), необходимо включить также региональные факторы (качество и условия добычи природных ресурсов, климато-географические условия, инфраструктурные характеристики размещения предприятий и т. д.).

В модели предприятия выделяются два блока. Генератор вариантов является источником информации

непосредственно для модели отрасли и опосредованно для народнохозяйственных моделей. Основная выходная информация генератора вариантов представляет, по существу, описание способов производства моделей среднего уровня, включая программу выпуска и структуру затрат (например, объем выпуска, номенклатура, эксплуатационные затраты, капитальные вложения, затраты труда, технологические нормативы и др.).

Информационно-нормативный блок — непосредственный источник информации для народнохозяйственного уровня — предназначен для прямого обеспечения народнохозяйственного уровня той информацией, которая по тем или другим причинам не присутствует в моделях отраслевого уровня.

Модели предприятия в предлагаемой системе могут быть различного типа: линейно-программные, имитационные, сетевые, статистические и др. На наш взгляд, одним из наиболее целесообразных типов должна быть экономико-статистическая модель (ЭСМ). Это обусловлено следующими свойствами статистических моделей:

«первичностью» статистических моделей; они строятся по первичной информации, тогда как параметры моделей других типов в большинстве случаев являются уже трансформированной информацией;

возможностью учета вероятностной природы исходной информации;

возможностью учитывать влияние факторов, которые нельзя непосредственно ввести в другие типы модели; они являются эффективным инструментарием количественной оценки значимости факторов, охваченных исследованием;

наглядностью и простотой использования этих моделей.

Особенно важно первое свойство, так как оно отражает тот факт, что ЭСМ — не только способ описания определенных объективных закономерностей (что является функцией любой модели), но и метод анализа, агрегации, свертки исходной, уже существующей информации. Прочие модели требуют, как правило, поступления информации вторичной, обработанной, специально приспособленной к задаче, и во многих случаях носящей прогнозный, плановый, проектный характер, т. е. не существующей в начальный период планирования.

Некоторые ограничения ЭСМ, связанные с ее пассивным исследовательским характером, могут быть устранены посредством введения в нее элементов нормативности, т. е. использованием гибридных форм моделей.

Необходимо отметить, что элементы статистического подхода (в явной или неявной форме) используются во всех других типах моделей. В частности, при построении сетевых моделей статистические методы используются для оценки длительности работ и величины затрат. Применяемые в матричном планировании нормативы во многом имеют статистическую природу. При имитации экономических процессов не только информация, но и сама процедура решения задачи носит статистический характер.

Но в то же время необходимо отметить, что срок прогнозирования по ЭСМ ограничен и зависит от степени инерционности моделируемого процесса. Именно этим объясняется тот факт, что статистические модели функционирования объектов хорошо дополняют и стыкуются с нормативными оптимизационными моделями поиска оптимальных состояний. Их синтез, взаимоувязка, позволяет устранить узость каждого отдельного подхода: с одной стороны, в нормативные модели ввести, включить процесс движения к оптимальному состоянию, учесть возможности его практического достижения существующими механизмами производственно-хозяйственной деятельности; с другой стороны, включить элемент цели, нормативности в модели функционирования, т. е. наметить цели процесса развития, направить его в желаемую сторону.

Используемые в схеме статистические модели предприятий определенной отрасли по существу объединяют два аспекта производства: а) описание собственно процесса производства основной продукции отрасли (т. е. зависимость объема, качества и эффективности производства от разных факторов); б) описание процесса потребления основных ресурсов для производства продукции данной отрасли. Эти две стороны для упрощения можно «разорвать» и строить отдельно модели производства и модели потребления ресурсов в главных отраслях потребителей. При этом в модель нужно ввести показатели качества потребляемых ресурсов. Сравнительно легко могут быть построены модели потребления моноресурсов в натуральных измерителях, например, расход газа на производство

цемента, расход условного топлива на производство электроэнергии, стали и т. д.

В модели агрегирования *объектом* агрегирования выступают экономические показатели производства определенного вида продукции на определенном предприятии, а *признаками* агрегирования, в зависимости от требований модели более высокого уровня, могут быть номенклатурные группы продукции, технологические способы, территориальное размещение производства и т. д. В качестве *весов* агрегирования выступает структура производства, полученная в результате решения оптимизационных отраслевых задач, и заданный уровень цен. Сама процедура агрегирования представляет собой ту или иную форму взвешивания первичных нормативов предприятий, входящих в данный класс, по объемам производства и ценам.

РЕАЛИЗУЕМОСТЬ ПРЕДЛОЖЕННОЙ СХЕМЫ

Одна из важных проблем — оценка возможности и трудоемкости реализации предложенной схемы формирования и преобразования информации. Анализ плановой практики и имеющийся опыт исследований по моделированию работы предприятий свидетельствует о том, что на пути реализации этой схемы нет непреодолимых трудностей. Хотя общее число предприятий в СССР велико, существуют факторы, которые резко снижают число моделей и объем расчетов по ним.

Для любых отраслей промышленности этапу построения моделей должен предшествовать этап классификации предприятий по характеру связей показателей и факторов производства. Опыт показывает, что число таких классов в отрасли невелико и обычно колеблется в пределах 5—10. Поскольку для каждого класса строится одна модель, а число чистых отраслей порядка 250—400, то максимальное число моделей для полного описания всех предприятий промышленности не будет превышать нескольких тысяч.

Кроме того, объем расчетов нормативов может быть дополнительно снижен и за счет неравномерного распределения объемов выпуска продукции по предприятиям отрасли. Небольшое число ведущих предприятий обеспечивает подавляющую долю производства (табл. 1).

Таблица 1

Число работающих	Доля предприятий			Доля валового выпуска		
	1965	1970	1973	1965	1970	1973
До 500	84,3	79,1	77,5	32,3	27,1	24,1
Свыше 500	15,7	20,9	22,5	67,7	72,9	75,9

Еще более ярко эта тенденция проявляется в «чистых» отраслях промышленности. Например, по кирпичной промышленности (более 800 заводов) 1,6% самых крупных предприятий дают 44,4% объема производства, 8,9% — 69,9%, а 18,3% — 84,6% общего выпуска кирпича. Следовательно, расчет нормативов только по крупным предприятиям будет давать довольно хорошее приближение к средневзвешенным по отрасли (табл. 2).

Далее, в модели агрегирования могут использоваться не первичные, а групповые нормативы. Для этого результаты расчетов по моделям предприятий должны подвергаться вторичной многомерной классификации. Это позволит свести число подлежащих преобразованию нормативов в отрасли по каждой позиции (трудоемкость, фондоемкость, главные коэффициенты материалоемкости и пр.) до 10—20.

Практическая реализуемость предлагаемого подхода многократно усиливается интенсивно ведущимся внедрением автоматизированных систем управления различных уровней и типов. Фактически в этих АСУ предусматривается циркуляция, обработка и накопление массивов

Таблица 2

Годовой выпуск кирпича, млн. шт./год	Удельный вес		Средневзвешенная себестоимость для предприятий с выпуском					По отрасли
	по количеству предприятий	по выпуску		Себестоимость, руб./тыс. шт.	>45	>30	>15	>3
До 3	2,0	0,7	47,80					33,8
3—15	31,2	8,1	47,11					
15—30	24,2	16,1	37,28					
30—45	17,5	20,1	33,13					
Свыше 45	25,1	55,1	31,03	31,03	31,59	32,54	33,77	

информации, объем которой на несколько порядков выше, чем для построения моделей предприятий. В то же время информация в АСУ преимущественно носит пассивный характер, система ее представления и обработки не позволяет ее использовать для получения перспективных и укрупненных оценок влияния изменения условий производства на результативные показатели.

С целью преодоления этих затруднений в условиях функционирования АСПР в режиме среднесрочного планирования предлагается создание библиотеки моделей предприятий. Основное назначение такой справочно-информационной библиотеки ЭСМ — проведение оценочных и прогнозных расчетов по определению величины различного рода нормативов — расходов и потребностей в сырье, энергии, материалах, труде, а также таких экономических показателей, как производительность, фондотдача, себестоимость и др. Эти модели обеспечивают возможность учета влияния технического прогресса, природных факторов, изменения номенклатуры продукции и прочих организационно-экономических факторов на величину индивидуальных и средних нормативов. Указанная библиотека может обеспечить Госплану (и другим ведомствам) возможность самостоятельно, независимо от отраслевых АСУ, проводить прикидочные расчеты всевозможного рода нормативов в связи с намечающимися изменениями условий производства.

Необходимо специально остановиться на вопросе о соотношении автоматизированных банков данных (АБД), разрабатываемых для информационного обеспечения АСУ, и библиотеки моделей для планово-нормативных расчетов. Построение АБД решает целый ряд проблем информационного обеспечения, в частности появляется возможность агрегирования фактической первичной информации в разных аспектах, учета индивидуальных особенностей объектов, резко снижается трудоемкость хранения, накопления и поиска данных и пр.

Однако АБД не решает всех проблем нормативного обеспечения перспективных плановых расчетов по системе моделей, так как АБД оперирует с отчетной информацией, а система моделей — с плановыми нормативами. Между плановыми и отчетными показателями имеются принципиальные различия, которые предопределяют и различия в технике их построения. Показатели, получен-

ные в процессе учета, — это регистрация совершившихся фактов. Отчетные показатели складываются под влиянием всех факторов изучаемого явления и, если само явление не имеет объективно присущую ему случайную вариацию, они (фактические показатели) являются величинами детерминированными.

В отличие от учета, выявляющего факты прошлого или настоящего, планирование ориентировано на будущее. Оно предполагает активное воздействие на предстоящий процесс производства.

Процесс планирования не может охватить всех обстоятельств и факторов, связанных с будущим процессом производства. Одни из них не поддаются точному учету или воздействию, другие слишком многочисленны для того, чтобы их можно было принять во внимание при разработке планов (а следовательно, и системы его показателей). Планирование — это установление нормативов действия лишь основных, определяющих факторов, и поэтому плановые показатели (расчетные нормативы) по самой своей природе — величины приближенные, включающие элемент неопределенности.

Для системы моделей нужна не просто фактическая информация, а ее взаимосвязи и возможности изменения, прогнозирования показателей с изменением условий производства в будущем, т. е. между АБД фактических данных и нормативными оптимизационными моделями должен быть специальный блок-преобразователь фактических данных в плановые нормативы. Задачи этого блока:

- 1) свертка информации;
- 2) установление ее взаимосвязей;
- 3) оценка вероятных значений определенной группы выходных показателей при изменении значений показателей-аргументов;
- 4) определение уровня показателей (индивидуальных и агрегированных), соответствующих принятым при решении оптимальных задач посылкам.

Эти функции — свертки и преобразования первичной фактической информации, хранящейся в АБД, должна выполнять библиотека моделей предприятий. Таким образом, нужны и АБД и библиотека ЭСМ предприятий. Такое сочетание позволит резко увеличить качество и глубину анализа данных. Тот анализ, который при традиционной технике сводки мог проводиться лишь эпизодически,

при проведении специальных научно-исследовательских работ станет обычным систематическим этапом плано-аналитической работы. Не случайно в настоящее время имеется большой разрыв между высокой (и совершенно справедливой) оценкой роли метода группировок, изучения статистических связей и прогнозирования в экономико-статистической литературе и их весом в официальных статистических публикациях.

НАУЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ. НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Отдельные элементы предложенной схемы формирования и преобразования информации в ИЭиОПП практически реализованы [1—4]. В частности, разработаны методологические и методические вопросы построения ЭСМ предприятий; выполнен большой объем практических исследований в разных отраслях промышленности — угольной, металлургической, лесозаготовительной, цементной и др.; проведены исследования по включению ЭСМ объектов в многоуровневую систему моделей оптимизации отраслевых планов.

Для использования ЭСМ объектов в отраслевом планировании разработаны и апробированы два способа.

В первом случае ЭСМ предприятия выступает в качестве информационной базы отраслевого планирования. Использование моделей предприятий как источника информации для отраслевых моделей позволяет: существенно расширить область допустимых решений отраслевой задачи за счет резкого снижения трудоемкости формирования вариантов и увеличения их числа; косвенно учесть в отраслевой модели (не усложняя ее) значительно больший круг факторов производства; оценить влияние таких факторов, которые не выражаются единым показателем и непосредственно в отраслевую модель введены быть не могут, например технический уровень производства и природные условия функционирования объектов.

Разработана методика решения нескольких типов задач информационного обеспечения отраслевого планирования, соответствующих разным этапам развития предприятия: строительство, процесс освоения и режим стационарного функционирования.

1. *Задача оценки уровня капитальных вложений в строительство промышленных объектов* заключается в построении статистической модели зависимости капитальных вложений от характеристик будущего предприятия. При решении этой задачи в условиях промышленности строительных материалов исходной информацией послужили проектные варианты развития и специализации предприятий отрасли, каждый из которых характеризовался общим объемом производства, его структурой и суммой капитальных вложений.

Помимо моделей, позволяющих прогнозировать суммарную величину капиталовложений, построены модели, по которым прогнозируется распределение общей суммы капитальных вложений по годам строительства. Подобная задача решена на материалах строительства объектов химической промышленности.

2. *Задача прогнозирования процесса освоения производственных мощностей* сводится к следующему: на основе некоторых априорно известных характеристик вновь построенных промышленных объектов необходимо оценить наиболее вероятное значение параметров процесса освоения этих объектов. Методика прогнозирования кривых освоения и корректировки прогнозов реализована на примере шахт угольной промышленности. В качестве параметров процесса освоения выступал процент проектной мощности в каждом из первых шести лет с момента пуска шахты в эксплуатацию. Производственные характеристики описывают природно-географические, технико-технологические и организационно-экономические условия работы шахт.

3. *Прогнозирование уровня текущих затрат* на основе ЭСМ проводится путем расчета показателей заданных вариантов и конструирования вариантов с одновременной оценкой их показателей. В частности, такой подход был использован при информационном обеспечении задачи развития и размещения лесозаготовительных предприятий в зоне затопления Богучанской ГЭС.

4. Решена одна из важных модификаций задачи прогнозирования текущих затрат — *задача установления влияния технических параметров продукции на экономические показатели ее производства*. Необходимость в решении задач подобного типа часто возникает при разработке и реализации оптимизационных планов в машиностроении.

По ЭСМ прогнозируется уровень затрат на производство новых видов машин без детальной конструкторской и технологической проработки процесса их производства.

5. *Задача моделирования основной материалоемкости производства продукции* сводится к установлению статистических зависимостей удельных расходов основных материалов и энергии от производственных факторов. Такого типа задачи решались в лесозаготовительной и цементной промышленности. Например, в лесозаготовительной промышленности устанавливалась зависимость удельного расхода электроэнергии от состава насаждений, расположения предприятия, структуры основных фондов и др. В цементной — зависимость удельного расхода газа от технических параметров печей, вида технологического процесса, состава сырья и т. д.

Во втором случае ЭСМ предприятия непосредственно включается в систему моделей в качестве модели нижнего уровня. В такой системе информационные потоки носят двухсторонний характер: от модели предприятия к отраслевой модели («прямой» поток) — об экономических показателях, соответствующих реализации того или иного варианта развития предприятия; и от отраслевой модели к модели предприятия («обратный» поток) — о целях общей системы.

В многоуровневой системе моделей статистическая модель нижнего уровня строится специальным образом (в виде оптимизируемой ЭСМ) и выполняет роль функции качества, характеризующей локальные подсистемы. В этом случае каждый элемент нижнего уровня агрегирует свои переменные (локальные) и переходит к новым переменным, существенным с точки зрения верхнего уровня. Например, при координации на основе метода согласования функция качества верхнего уровня нуждается в информации о локальных характеристиках; локальная функция качества, однако, есть не что иное, как агрегированная переменная. В этом случае с точки зрения модели верхнего уровня подобное агрегирование по переменным приводит к уменьшению числа ее ограничений.

Однако этим не исчерпываются возможности использования ЭСМ как модели нижнего уровня в целях агрегирования. Методы множественной классификации, дающие возможность получать достаточно однородные группы объектов и строить дискретно-непрерывные ЭСМ, учитываю-

щие вероятность принадлежности объектов к этим группам, открывают определенные перспективы в агрегировании по способам производства путем использования средних для данной группы зависимостей (способов) и, как следствие этого, уменьшения числа переменных в модели верхнего уровня.

Кроме того, использование методов классификации позволило еще: 1) определить допустимость оптимального решения, полученного по статистической модели; 2) трансформировать статистическую модель, обеспечивающую ее включение в систему оптимизации.

Разработанные процедуры программно реализованы и экспериментально проверены на материалах лесозаготовительной и нефтедобывающей промышленности.

Сейчас уже имеется некоторый опыт использования модели предприятия и как элемента построения региональных нормативов для экономической оценки природных факторов. Так решалась задача статистической оценки эффективности лесозаготовительного производства в различных природно-географических зонах Урала и Сибири. При этом устанавливалось влияние этих природных условий на основные экономические показатели работы леспромхозов: производительность труда, себестоимость и фондоотдачу.

В зависимости от набора используемых факторов были получены две модификации региональных нормативов — *групповые и индивидуальные*. Комплекс природно-географических факторов делился на две подгруппы: сравнительно слабо изменяющиеся в пределах данного региона (состав лесонасаждений, средний объем хлыста, средний запас на 1 га, глубина снежного покрова и др.) и «локальные факторы», значения которых определяются конкретным местоположением предприятия (среднее расстояние вывозки, тип примыкания складов и др.). При построении групповых нормативов учитывались «районные» факторы, индивидуальных — факторы обеих групп.

На основе статистических моделей леспромхозов решались две задачи построения региональных нормативов.

1. Заданы границы регионов, необходимо определить среднюю экономическую оценку природных условий для уже сложившихся территориальных или производственно-территориальных формирований (областей, трестов, комбинатов и т. д.).

В результате решения первой задачи была установлена значительная дифференциация оценок эффективности природных условий. Например, индивидуальная производительность труда, определяемая наиболее благоприятными условиями, в 1,66 раза выше производительности, определяемой худшими природными условиями производства. В порядке возрастания оценок эффективности производства по «районным» факторам административные единицы располагаются следующим образом: Новосибирская, Омская, Тюменская, Свердловская области, Алтайский край, Томская область, Красноярский край и Иркутская область. Относительные оценки соответственно равны 0,80; 0,85; 0,85; 0,95; 0,95; 1,00; 1,15.

2. Выделение относительно однородных районов по природно-географическим условиям производства. Для решения второй задачи использовались методы многомерной классификации предприятий по условно-расчетным экономическим показателям и географическому положению. В результате классификации леспромхозов выделились следующие географические зоны со сравнительно однородными природными условиями производства: юг Свердловской области (южнее 58° с. ш.), юг Тюменской области, Новосибирская область (оценка эффективности 0,75—0,85); север Свердловской области, Омская и Томская области, Алтайский край и центральная часть Красноярского края (0,85—1,00); северо-восток Красноярского края, районы Черемхово Иркутской области (1,05—1,10); остальная часть Иркутской области и север Красноярского края (более 1,10).

Использованная методика позволяет решать задачи по оценке эффективности производства в территориальном разрезе: оценить влияние отдельных природных факторов; определить оценки природной эффективности каждого отдельного пункта производства, а также территориально-производственных объединений; выделить географические зоны, сравнительно однородные по уровню природной эффективности; прогнозировать ожидаемую эффективность во вновь осваиваемых районах.

Однако для полной реализации рассматриваемой схемы потребуются решить серьезные методические проблемы и провести большое количество экспериментальных исследований. Один из вопросов — построение экономико-статистической модели предприятия, позволяющей орга-

низовать информационное обеспечение моделей народно-хозяйственного уровня.

Следует отметить, что имеющиеся научный и практический заделы по экономико-статистическому моделированию относятся преимущественно к монопродуктовым отраслям, таким как топливная, лесозаготовительная, химическая, строительных материалов и т. д. Переход к моделированию работы предприятий многоименных отраслей (машиностроение, легкая промышленность и др.) ставит как самостоятельную еще одну проблему — предварительное агрегирование продукции этих отраслей.

Одним из важнейших элементов системы моделей являются межотраслевые балансы различного уровня и модификаций. Для построения таких балансов необходимо иметь возможность рассчитывать различные нормативы материалоемкости. В настоящее время такая задача решается лишь эпизодически — при составлении отчетных межотраслевых балансов и на основе специального выборочного обследования. При этом удельная материалоемкость оценивается только по той номенклатуре и такой агрегации, которая предусмотрена формами межотраслевого баланса.

Переход к библиотеке моделей предприятий позволит решать эту задачу систематически и в различных разрезах и уровнях агрегации. Однако построение моделей материалоемкости потребует некоторой модификации отчетности предприятий, в частности включения в нее данных о фактической материалоемкости по 6—8 главным позициям в разрезе чистых отраслей (как в натуре, так и в ценах производителей).

Следующая проблема — конструирование комплекса процедур иерархического агрегирования первичных нормативов предприятия, включая переход от натуральных к натурально-стоимостным и стоимостным показателям. Заметим, что учесть влияние технического прогресса и социальных факторов на уровень нормативов очень сложно.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы.

Предложенная схема формирования и преобразования экономической информации СМ позволяет решить некоторые острые проблемы информационного обеспечения системы моделей территориально-производственного планирования.

Одна из них — проблема обеспечения независимости нормативов всех уровней от сложившихся к моменту исследования структур производства. Этим устраняется один из главных недостатков существующего порядка формирования макронормативов на основе агрегированных отчетных данных, когда в самом нормативе в неявном виде заложена прошлая структура, существенно отличающаяся (а иногда и резко) от структуры, которую лишь нужно найти в результате решения задачи. Качественное решение оптимизационной модели может быть достигнуто только тогда, когда используемые оценки параметров и показателей дают возможность разделить действие внешних факторов и факторов, величина которых определяется в ходе решения задачи.

Вторая важная проблема, которая может быть решена, — преодоление трудностей информационной взаимосвязки моделей разных уровней.

Существующий процесс планирования распадается, по сути дела, на две сравнительно автономные части: предприятие — отрасль и народнохозяйственный уровень. Между ними имеется существенный информационный разрыв. Введение специального блока формирования субоптимальных макронормативов на основе первичной информации предприятий позволяет в значительной степени устранить этот разрыв за счет организации замкнутого цикла преобразования информации в системе моделей. Предложенный итеративный процесс формирования оптимальных макронормативов на базе информации предприятий можно рассматривать в качестве некоторого аналога процедуры согласования. Этим в определенном смысле решается задача дезагрегирования народнохозяйственных показателей до уровня непосредственных исполнителей предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономико-статистическое моделирование в промышленности (методологические и методические вопросы). Новосибирск, «Наука», 1977. 237 с.
2. Статистические модели в оптимальном отраслевом планировании. М., «Статистика», 1975. 189 с.
3. Розин Б. Б. Статистическое моделирование экономических показателей. Новосибирск, «Наука», 1976. 135 с.
4. Кулешов В. В., Лукацкая М. Л., Ягольницер М. А. Проблемы статистического моделирования и оптимизация отраслевых планов. Новосибирск, «Наука», 1977. 171 с.

В. И. СУСЛОВ

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ

Коэффициенты материальных затрат межотраслевых балансов и особенно региональные — сравнительно новый объект статистического анализа. Имеется определенный зарубежный опыт исследования коэффициентов затрат межотраслевых балансов [1—4]. В нашей стране проводились математико-статистические исследования показателей материалоемкости в Прибалтийских республиках, кроме того, следует отметить весьма детальное исследование показателей межотраслевых балансов, проведенное в ЦЭМИ АН СССР [5]. В целом, однако, примеров анализа коэффициентов материальных затрат методами математической статистики очень немного.

Между тем математико-статистическое изучение коэффициентов материальных затрат очень актуально. Эти коэффициенты выступают основным элементом информационного обеспечения межотраслевых моделей, наиболее распространенных в практике экономико-математических расчетов. Только тщательный анализ коэффициентов затрат отчетных межотраслевых балансов с применением методов математической статистики позволит достаточно надежно обосновать принимаемые в расчетах значения коэффициентов затрат.

Незначительный удельный вес исследований коэффициентов затрат межотраслевых балансов в общем потоке математико-статистических исследований объясняется, главным образом, информационными трудностями. Межотраслевые балансы стали разрабатываться сравнительно недавно и не на каждый год. Поэтому долгое время не бы-

ло представительных массивов наблюдений за балансовыми показателями. Только после разработки отчетных межотраслевых балансов союзных республик и экономических районов нашей страны за 1966 г. (всего 24 баланса) в распоряжении экономистов-статистиков оказался достаточно представительный информационный массив. Проведенное нами исследование основывается именно на этом массиве информации.

Новизна объекта исследования и характер исходного массива информации определяют особенности проводимого исследования. Одна из них заключается в следующем. Исследование основано на территориальных, а не на динамических рядах наблюдений. Поэтому его непосредственной целью должно, по-видимому, быть выявление факторов межрегиональных различий коэффициентов материальных затрат, характера и степени влияния этих факторов на коэффициенты, построение территориальных эконометрических моделей коэффициентов затрат. Конечная цель — подготовка информационного обеспечения экономико-математических моделей территориального планирования. Однако исходная информация проводимого исследования относится к 1966 г., и его результаты, вероятно, не применимы непосредственно для подготовки задач территориального планирования, решаемых в настоящее время на 1980—1990 гг.

В связи с этим проводимый анализ следует рассматривать прежде всего в методическом плане, как исследование возможностей математико-статистического подхода к региональным коэффициентам материальных затрат. Тем не менее полученные результаты, как будет показано ниже, имеют, по-видимому, общеметодологическое значение для разработки коэффициентов затрат региональных балансов.

МЕТОДИКА ПОДХОДА

1. Этапы проведения исследования. Если объект исследования достаточно изучен и разработаны его теоретические модели, такие как производственные функции в теории производства, то применение методов математической статистики сводится к оценке параметров разработанных ранее моделей. Однако для региональных коэффициентов материальных затрат теоретические модели не

разработаны. В таких условиях область применения методов математической статистики расширяется: эти методы используются и на этапе построения модели.

Предварительный теоретический анализ определяет приблизительный и достаточно широкий набор факторов, которые могут влиять и, видимо, влияют на региональные коэффициенты затрат. Затем организуется формальная процедура отбора факторов (шаговая регрессия), важных для каждого изучаемого коэффициента, и строятся регрессионные уравнения. На втором этапе полученные модели «доводятся» в соответствии с содержательными критериями. И наконец, третий этап — окончательная оценка параметров построенных моделей более «подходящими», чем шаговая регрессия, методами (2-, 3- шаговыми методами наименьших квадратов). В данной работе отражен первый и частично второй этап. Поэтому совокупности построенных нами регрессионных уравнений неправомерно рассматривать в качестве единых эконометрических моделей в том случае, когда эти уравнения взаимосвязаны.

2. Измерение коэффициентов затрат. Проблема измерения показателей нас будет интересовать не с точки зрения точности измерения. Под измерением мы будем понимать методику расчета показателей, в данном случае — региональных коэффициентов материальных затрат. Возможны различные схемы (методики) расчета коэффициентов: различные типы цен, методы учета продукции, различная степень агрегирования, схема районирования и т. д., приводящие к различным системам региональных коэффициентов и, в свою очередь, к разным результатам использования коэффициентов затрат. Какая из возможных схем расчета наиболее адекватна методам и целям проводимого анализа и, наоборот, какие методы анализа можно использовать и какие задачи решать при реализации конкретной схемы расчета исходной информации? Вот основные вопросы, составляющие суть проблемы, названной нами проблемой «измерение — моделирование». Эта проблема встает при проведении многих исследований (см., например, [6, гл. 2]), рассмотрим некоторые ее аспекты применительно к статистическому анализу (моделированию).

Региональные коэффициенты материальных затрат a , которыми мы располагаем, зависят от технологических

норм расхода материалов τ и факторов методики измерения: цен p , организационной структуры производства q , внутриотраслевой структуры производства s , т. е.

$$a = f(\tau, p, q, s),$$

где f — функция измерения или методики расчета. Заметим, что вид этой функциональной зависимости достаточно элементарен (см., например, [6, гл. 2]).

Коэффициенты материальных затрат межотраслевых балансов должны по своему смыслу выражать технологические нормы расхода материалов. Именно это их свойство используется в межотраслевых моделях. Естественная цель изучения коэффициентов a , поэтому получение знаний относительно технологических характеристик τ . Однако коэффициенты затрат определяются не только технологическими нормами затрат, но и факторами методики измерения. Вследствие этого результаты статистического анализа a будут относиться как к τ , так и к p, q, s . Более того, если использованная схема расчета f неудачна, то полученные результаты могут оказаться полностью обусловленными факторами методики измерения p, q, s .

В связи с этим возникают следующие вопросы: а) насколько сильна зависимость коэффициентов материальных затрат региональных балансов от факторов методики их измерения; б) при использовании какой из доступных схем расчета коэффициентов эта зависимость минимальна; в) как организовать процесс исследования коэффициентов затрат, чтобы в наибольшей степени сократить влияние факторов методики на конечные результаты; г) какие из полученных результатов предопределены факторами методики измерения. В нашем исследовании эти вопросы решались следующим образом.

А. Коэффициенты материальных затрат чрезвычайно сильно зависят от факторов методики измерения. Межотраслевые балансы позволяют привести множество примеров, иллюстрирующих эту зависимость. Так, важнейшим элементом затрат на производство черных металлов является кокс. Однако в регионах, где коксохимические производства организационно включены в металлургические комбинаты, кокс «замещается» углем, являющимся сырьем для производства кокса. Это — один из примеров влияния организационной структуры производства q . Велика зависимость коэффициентов затрат межотраслевых

балансов от внутриотраслевой структуры производства s . Один из примеров: в отдельных отраслях машиностроения (производстве электротехнических изделий, приборов, инструмента и т. д.) черные и цветные металлы «замещают» друг друга в зависимости от того, какие изделия преобладают в выпуске — производимые из черных или цветных металлов.

Б. Схема измерения коэффициентов затрат в межотраслевых балансах известна. Информация о факторах методики измерения p , q , s и некоторых других дала бы возможность перейти к любой другой, более приемлемой схеме измерения. Однако эта информация отсутствует. Таблицы межотраслевых балансов позволяют сделать некоторые простые пересчеты цен. Один из таких пересчетов, приводящий к более приемлемым ценам, и был проведен нами. В результате сократился «разрыв» между a и t и как следствие — снизилась территориальная дифференциация a .

Несмотря на снижение, территориальная дифференциация коэффициентов материальных затрат остается весьма значительной. Векторы региональных способов производства (в данном случае — векторы коэффициентов материальных затрат на производство отраслевого продукта) отличаются от среднесоюзных векторов-способов производства в среднем почти на $2/3$ длины этих среднесоюзных векторов-способов. Такую высокую дифференциацию невозможно, по-видимому, объяснить только технологическими факторами t . Значительную роль, безусловно, играют факторы измерения p , q , s .

В. Процесс исследования организовывался так, чтобы в наибольшей степени снизить или явно описать влияние внутренней структуры агрегированных коэффициентов. Для этого, во-первых, использовалась максимально детализированная классификация отраслей межотраслевого баланса — 100 позиций; во-вторых, вводился фактор внутриотраслевой структуры — доля одного из продуктов в агрегате (этот фактор удалось рассчитать лишь для трети отраслей).

Вопрос о влиянии факторов методики измерения на результаты исследования рассматривается ниже.

3. **Исходный массив наблюдений.** Исследуются коэффициенты материальных затрат только в промышленных отраслях. В расширенной классификации насчитывается 90 промышленных отраслей. Способы производства —

векторы, состоящие из 94 компонент (затраты продукции 94 отраслей материального производства охватывают все материальные затраты). Региональные способы производства каждой отрасли образуют матрицу наблюдений за коэффициентами затрат данной отрасли. Максимальная размерность этой матрицы (94×24) имеет место, когда данная отрасль развита во всех 24 регионах. В общем случае размерность матриц наблюдений ($94 \times m$), где m — количество регионов, в которых имеется производство продукции отрасли. Если $m \leq 8$, то наблюдений считалось слишком мало, и соответствующая отрасль не рассматривалась. Таким образом из анализа было исключено 3 отрасли. В среднем $m \approx 20$.

Матрицы наблюдений для многих отраслей оказались неоднородными. Для таких отраслей следовало бы разделить исходную совокупность регионов на ряд более однородных таксонов, и дальнейший регрессионный анализ проводить отдельно в каждом таксоне. Однако небольшое число наблюдений исключает возможность проведения анализа по такой схеме. Мы поступали иначе. Из матриц наблюдений для большинства отраслей исключалось небольшое число, в среднем 2—3, нетипичных региональных способов производства, резко отличающихся от способов остальных регионов так, чтобы эти оставшиеся способы производства составляли более или менее однородный массив. Размерность матриц наблюдений сократилась до $94 \times m'$, где m' — количество регионов с типичным производством отрасли. В среднем $m' \approx 17$.

Дальнейший анализ показал, что не все из 94 затратных ингредиентов одинаково важны в производстве. Структуры материальных затрат резко скошены в сторону нескольких важнейших ингредиентов. Нами выделены по 6 таких важнейших ингредиентов в каждой отрасли, охватывающих в среднем 80% материальных затрат. Соответствующие 6 коэффициентов материальных затрат считались главными. Именно они исследовались методом шаговой регрессии.

Итак, исходный массив информации об изучаемых признаках — главные коэффициент материальных затрат в регионах типичного производства — представляет собой 87 матриц наблюдений средней размерности 6×17 .

4. **Описание исходного набора факторов.** Количество факторов не ограничивалось априорно. Из них принима-

лись во внимание все те, которые могли бы влиять на коэффициенты материальных затрат и которые можно было измерить на основе имеющейся статистической информации. Для каждого главного коэффициента учитывалось 39 факторов.

Во-первых, 7 технологических факторов: 5 оставшихся главных коэффициентов затрат, общая материалоемкость (сумма коэффициентов по способу производства), внутриотраслевая структура производства.

Во-вторых, 10 отраслевых факторов: масштаб производства (средний размер предприятия), относительный вывоз (отношение вывоза производимого продукта к производству), 6 факторов относительного ввоза (отношение ввоза к общему потреблению по каждому главному ингредиенту), 2 фактора уровня развития отрасли в регионе (доля в отраслевой структуре производства данного региона и в территориальной структуре производства данной отрасли).

В-третьих, 22 общерегиональных фактора: 6 факторов размера региона (площадь, население, городское население, население не менее чем 100-тысячных городов, продукция промышленности, совокупный продукт), 5 факторов уровня развития региона (доля промышленности в совокупном продукте, доля городского населения, доля населения не менее чем 100-тысячных городов, душевой объем совокупного продукта, совокупный продукт на единицу площади), 4 фактора внешних связей региона (относительный вывоз и ввоз, рассчитанные по промышленности и в целом по материальному производству), 4 фактора уровня развития транспортной сети (отношение общей длины транспортных магистралей и отдельно железных дорог к площади и населению), 3 фактора географического положения (широта, долгота условного центра региона, расстояние до условного центра всей совокупности региона).

Сделаем три замечания по поводу перечисленных факторов:

наличие главных коэффициентов затрат в группе технологических факторов обуславливает возможность возникновения взаимозависимых уравнений регрессии и, следовательно, необходимость последующего использования более сложных, чем метод наименьших квадратов, методов оценки параметров уравнений;

факторы внешних связей региона как отраслевые, так и общерегиональные включены в исследование по результатам теоретического анализа одной модели с взаимозаменяемыми ресурсами [7]. Этот анализ показал, что коэффициенты материальных затрат прямо связаны с ввозом затрачиваемой продукции и обратно — с вывозом производимой продукции. Содержательная интерпретация этого формального результата достаточно очевидна, понятны и ограничения на проявление этих связей в реальной экономике;

факторы географического положения в территориальном анализе играют, очевидно, ту же роль, что и время в динамическом анализе, и так же, как и время в динамическом анализе, эти факторы опосредуют влияние других, неучтенных или неудачно измеренных факторов.

5. Построение уравнений регрессии. Для каждого главного коэффициента материальных затрат из исходной совокупности 39 факторов выбиралось небольшое число важных для данного коэффициента факторов и строилось регрессионное уравнение. Процесс шаговой регрессии организовывался следующим образом. В качестве критерия качества построенного уравнения использовалось отношение расчетной статистики Фишера к табличному значению. На каждом шаге процесса оценивались последствия включения в регрессионное уравнение всех не включенных ранее факторов и исключения из уравнения каждого включенного ранее фактора. Выбирался вариант, дающий максимальный прирост критерия качества. Процесс заканчивается, как только значение критерия перестает расти.

С формальной точки зрения процесс сводится к одновременному и идентичному преобразованию двух матриц размерности 40×40 (39 факторов и фактор-функция). Первая матрица — первоначально корреляционная, вторая — единичная. Включению фактора в уравнение соответствует гауссовское исключение строки этого фактора в первой матрице, исключение фактора — гауссовское исключение строки фактора во второй матрице.

Коэффициенты материальных затрат включались в уравнения в степенной шкале a^p . При этом показатель степени p , одинаковый для всех коэффициентов затрат одного уравнения, выбирался на заданном интервале $(-7, 7)$ с заданной точностью так, чтобы окончательное уравнение было лучшим в смысле описанного выше критерия качества.

Параметр ρ выбирался методом последовательного расчета и отбора уравнений регрессии в постепенно «сгущающихся» точках заданного интервала. Этот метод не гарантирует получение глобального экстремума. Аппарат линейной регрессии, в частности проверки статистических гипотез, применялся непосредственно к рядам a^p .

Заметим, что использование степенной шкалы в некоторых случаях дает возможность интерпретировать получаемые регрессионные уравнения как модификации производственных функций с постоянной эластичностью замены (см., например, [8]). В этих случаях величина $1/(1 - \rho)$ является оценкой эластичности замены затрачиваемых продуктов в способе производства, которая показывает степень свободы замещения одних ресурсов другими.

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Общая характеристика уравнений регрессии. Общие характеристики построенных уравнений приведены в первых трех строках таблицы, данные которой используются в этом и следующем разделе. В таблице представлены результаты анализа, проведенного в расширенной классификации. Операция сведения в агрегированную классификацию проводилась суммированием количественных характеристик (в стандартизованной шкале) отдельных уравнений регрессии и определением средних арифметических. С формально-статистической точки зрения эта операция условна, хотя отдельным показателям этой таблицы можно придавать смысл суммарных дисперсий и их долей, т. е. смысл категорий, используемых, например в факторном анализе.

Построено 435 регрессионных уравнений для 435 из 522 (87×6) главных коэффициентов материальных затрат. Остальные 87 главных коэффициентов не распределены нормально в используемой степенной шкале. В среднем, уравнения 2-, 3-факторные, максимальное количество факторов в одном уравнении — 5. Только одно из рассчитанных уравнений оказалось незначимым по критерию Фишера. Это уравнение исключалось из анализа. В среднем по уравнениям отношение расчетной статистики Фишера к табличному значению — критерий качества — составляет

Доли дисперсии главных коэффициентов материальных затрат

Показатели	Количество факторов в группе	Черная металлургия	Цветная металлургия	Топливная	Электротехника	Машиностроение	Химическая	Лесная и перерабатывающая	Строительных материалов	Легкая	Пищевая	В целом по промышленности
Количество значимых уравнений регрессии	2	28	6	23	5	151	44	35	44	36	57	434
Отношение расчетного значения статистики Фишера к табличному значению	11,5	14,5	8,5	9,0	8,9	5,1	6,4	5,6	4,7	6,5	10,4	6,6
Доля объясненной дисперсии (коэффициент детерминации)	39	0,848	0,729	0,814	0,722	0,722	0,755	0,709	0,721	0,718	0,751	0,740
В том числе:	7	0,469	0,625	0,306	0,366	0,304	0,399	0,395	0,325	0,339	0,437	0,359
Технологические факторы	5	0,377	0,404	0,045	0,225	0,220	0,307	0,273	0,232	0,251	0,323	0,252
Главные коэффициенты	1	0,092	0,098	0,235	0,144	0,083	0,092	0,109	0,091	0,072	0,105	0,100
Отраслевая материалоёмкость	10	0,072	—	0,215	0,068	0,172	0,140	0,195	0,189	0,139	0,116	0,154
Отраслевые факторы	1	0,026	—	0,098	0,045	0,012	0,025	0,031	0,021	0,021	0,022	0,023
Мощность производства	1	—	—	0,005	0,023	0,030	0,017	0,035	0,024	0,009	0,011	0,020
Относительный вывоз	6	0,046	0,142	0,112	—	0,106	0,070	0,102	0,127	0,090	0,076	0,093
Относительный ввоз	22	0,307	0,104	0,293	0,288	0,246	0,215	0,148	0,205	0,239	0,198	0,226
Общерегionalные	5	0,083	—	0,022	0,050	0,069	0,052	0,063	0,085	0,079	0,064	0,067
Уровень развития	4	0,096	—	0,115	0,108	0,042	0,088	0,024	0,030	0,031	0,056	0,061
Транспортная сеть	3	0,116	0,024	0,072	0,130	0,075	0,041	0,002	0,047	0,117	0,028	0,064
Географическое положение												

6,6. Средний коэффициент детерминации равен 74%, т. е. только 26% суммарной дисперсии коэффициентов затрат относится на случайные и неучтенные факторы.

Итак, региональные коэффициенты материальных затрат можно весьма точно описать статистическими соотношениями. Это обстоятельство позволяет с оптимизмом относиться к перспективе построения «работающих» эконометрических моделей коэффициентов затрат.

Если судить по показателю (критерию) качества и коэффициенту детерминации, то наиболее «удачны» регрессионные уравнения, полученные для черной металлургии, пищевой и топливной промышленности, а также для цветной металлургии, электроэнергетики и для химической промышленности. Наиболее «плохими» оказались уравнения для лесной и деревообрабатывающей промышленности и для промышленности строительных материалов.

При сравнении полученных результатов с показателями территориальной дифференциации коэффициентов материальных затрат выявляется следующая связь. Чем сильнее дифференцированы коэффициенты затрат в отрасли, тем хуже они описываются статистическими соотношениями (коэффициент ранговой корреляции — 0,7). Возможно, эта связь обусловлена тем, что высокая дифференциация коэффициентов нередко определена сильным влиянием факторов методики измерения на них, в котором «растворяется» влияние каких-либо иных факторов, в том числе учитываемых в нашем анализе.

2. Относительная значимость факторов. Анализ относительной важности факторов основывается на проведенном разложении дисперсий коэффициентов затрат по факторам. Известно, что доля фактора в дисперсии фактор-функции является точной характеристикой этого фактора, если он не скоррелирован с остальными факторами, входящими в регрессионное уравнение. Специального исследования на взаимную скоррелированность факторов не проводилось. Однако использованный метод шаговой регрессии не должен, как правило, приводить к включению в одно уравнение пары сильно скоррелированных факторов, так как исключение одного из таких факторов должно обеспечивать рост критерия качества уравнения. Поэтому рассчитанные нами доли факторов характеризуют, хотя и приближенно, действительную роль этих факторов в объяснении разброса изучаемых коэффициентов затрат.

Доли факторов и групп факторов приведены в таблице (см. с. 39).

На 7 технологических факторов приходится 36% суммарной дисперсии коэффициентов материальных затрат. На остальные (32 отраслевых и общерегиональных) факторы приходится 38% дисперсии, причем на 10 отраслевых — 15% и на 22 общерегиональных — 23%. Технологические факторы, на наш взгляд, наиболее важны для вывода коэффициентов затрат. Большее же значение общерегиональных факторов по сравнению с отраслевыми является, видимо, следствием большего количества первых. Для точного ответа на этот вопрос следовало бы определить количество ортогональных факторов, представляющих группу отраслевых и группу общерегиональных факторов. Порядок факторов по их значению: технологические, общерегиональные, отраслевые — характерен для всех отраслей за исключением лесной и деревообрабатывающей промышленности, где суммарное значение отраслевых факторов выше общерегиональных. Выделяются также цветная металлургия и топливная промышленность. Цветная металлургия занимает первое место «с большим отрывом» по доле технологических и последние места по доле отраслевых и общерегиональных факторов. В топливной промышленности, наоборот, влияние технологических факторов одно из самых незначительных, зато по доле отраслевых и общерегиональных эта отрасль занимает одно из первых мест.

Из технологических факторов наибольшее значение имеют сами главные коэффициенты (35,5% дисперсии) и отраслевая материалоемкость (10%). Доля фактора внутриотраслевой структуры весьма незначительна (следует помнить, что он был рассчитан лишь для трети производственных способов). Однако этот фактор оказался чрезвычайно важным в цветной металлургии (12%), представленной в классификации отраслей одной позицией. Группа факторов «главные коэффициенты» более важна, чем отраслевая материалоемкость во всех отраслях, кроме топливной промышленности. В топливной промышленности исключительно велико влияние отраслевой материалоемкости и практически отсутствует влияние главных коэффициентов. Возможно, это является следствием весьма значительной территориальной дифференциации цен в данной отрасли.

Отраслевой фактор масштаба производства определяет 2,3% дисперсии главных коэффициентов. Велика зависимость производственных способов от масштаба производства в электроэнергетике (4,5%) и особенно в топливной промышленности (9,8%). На факторы относительного ввоза (группа из 6 факторов) приходится 9,3% суммарной дисперсии, на фактор относительного вывоза — 2%. Причем наиболее значительна зависимость производственных способов от распределения перерабатываемой продукции на собственную и привозную (относительный ввоз) в промышленности строительных материалов (12,7%) и в топливной промышленности (11,2%), а от степени ориентации производства на вывоз (относительный вывоз) в деревообрабатывающей промышленности (3,5%) и в машиностроении (3%).

Общерегionalные факторы уровня (промышленного) развития объясняют 6,7% общей дисперсии. Влияние этих факторов, выражающее эффект территориальной общности промышленных отраслей, велико в промышленности строительных материалов (8,5%) и в черной металлургии (8,3%). Коэффициенты материальных затрат зависят от факторов развития транспортной сети. На них приходится 5,1% суммарной дисперсии. Значительная роль этих факторов в отраслях, связанных с большими объемами перевозок сырья и готовой продукции: в топливной промышленности (11,5%), черной металлургии (10,8%), электроэнергетике (9,6%). Факторы географического положения — одни из самых важных среди общерегиональных факторов, особенно в таких отраслях, как электроэнергетика (13%), черная металлургия (11,6%), легкая промышленность (11,7%). Средняя доля этих факторов 6,5%.

3. Характер влияния факторов. Основной вопрос этого раздела: положительно или отрицательно влияют те или иные факторы на коэффициенты материальных затрат. Анализ знака параметров регрессии проводится не по всем рассчитанным регрессионным уравнениям, а только тем, в которых отсутствуют незначимые параметры регрессии и показатель качества больше трех. Таких уравнений 287 из 434. Приведем в качестве примера наиболее типичные с точки зрения характера влияния факторов (параметры регрессии даны в стандартизованной шкале).

В производстве черных металлов:

$$(a_y)^{0,84} = -0,975(a_{\text{ч}})^{0,84} - 0,263x_{\text{н}} + 0,443x_{\text{ш}}, \quad (1)$$

где y , ч — индексы угля и черных металлов; $x_{\text{н}}$, $x_{\text{ш}}$ — городское население и широта условного центра региона.

В коксохимическом производстве:

$$(a_y)^{1,96} = 0,919a - 0,377(a_{\text{к}})^{1,96}, \quad (2)$$

где k — индекс кокса; a — отраслевая материалоемкость В производстве угля:

$$(a_{\text{эл}})^{0,35} = 0,784x_{\text{т}}, \quad (3)$$

где эл — индекс электроэнергии; $x_{\text{т}}$ — протяженность транспортных магистралей на единицу площади.

В производстве электроэнергии:

$$(a_{\text{н}})^{1,12} = 1,285a - 0,332v - 0,853(a_{\text{г}})^{1,12} - 1,697(a_y)^{1,12}, \quad (4)$$

где g , n — индексы газа и продукции нефтепереработки v — относительный вывоз электроэнергии.

В энергетическом машиностроении:

$$(a_{\text{э}})^{0,21} = -0,734(a_{\text{элт}})^{0,21}, \quad (5)$$

где элт — индекс электротехнической продукции.

В производстве оборудования для химической промышленности:

$$(a_{\text{элт}})^{0,28} = -0,751x_{\text{р}}, \quad (6)$$

где $x_{\text{р}}$ — расстояние от условного центра региона до условного центра совокупности регионов.

В горно-химическом производстве:

$$(a_y)^{-0,56} = -0,529w_y + 0,561x_{\text{д}}, \quad (7)$$

где w_y — относительный ввоз угля; $x_{\text{д}}$ — долгота условного центра региона.

В производстве шелковых изделий:

$$(a_x)^{1,05} = -0,743(a_{\text{ш}})^{1,05} + 0,247\mu + 0,620x_{\text{н}}, \quad (8)$$

где x , ш — индексы химического волокна и шелковых изделий; μ , $x_{\text{н}}$ — мощность производства, доля промышленности в совокупном продукте.

Анализ характера факторов привел к получению ряда парадоксальных с содержательно-технологической точки зрения результатов (см. следующий раздел). Здесь мы остановимся на характере влияния самих коэффициентов

затрат, факторов внешних связей и географического положения.

Материальные затраты в промышленном производстве, как правило, взаимозаменяются (связи между коэффициентами материальных затрат отрицательны). Так, взаимозаменяемость затрат имеет место во всех приведенных примерах (уравнения (1), (2), (4), (5), (8)). Чаще всего взаимозаменяются разные виды топлива. Например, уравнение (4) описывает взаимозаменяемость угля, нефти и газа в электроэнергетике. Взаимозаменяемость протекает с высокой эластичностью. Эластичность замены обычно выше единицы и нередко близка к бесконечности (линейная связь между коэффициентами затрат).

И относительный ввоз, и относительный вывоз чаще влияют отрицательно на коэффициенты материальных затрат. В регионах с более интенсивными внешними связями коэффициенты затрат, зависящие от факторов внешних связей, в целом более низкие. Например, уравнение (4) показывает, что коэффициент затрат нефти на производство электроэнергии меньше в регионах с высоким уровнем вывоза электроэнергии. Однако имеются интересные исключения. Относительный вывоз, как правило, положительно влияет на коэффициенты затрат электроэнергии и химической продукции, относительный ввоз — положительно влияет на коэффициенты затрат электроэнергии на вывозимую продукцию больше тратится электроэнергии и химической продукции, при переработке привозимого сырья повышено потребление электроэнергии.

Результаты теоретического анализа характера влияния факторов внешних связей (относительный вывоз влияет отрицательно, относительный ввоз — положительно) подтверждаются, если рассматривать не все связи ввоз — коэффициент затрат, а только связи ввоз — межотраслевой коэффициент затрат продукции той же, что и ввозимая. Ввоз продукции топливной, лесной и деревообрабатывающей промышленности, черной металлургии и некоторых других отраслей положительно влияет на межотраслевые коэффициенты затрат продукции этих отраслей (пример: уравнение (7)). Собственное производство продукции таких отраслей может быть ограничено природными условиями и, следовательно, дефицит такой продукции должен покрываться за счет ввоза. Отсюда положительное влияние ввоза.

Факторы географического положения связаны с коэффициентами материальных затрат следующим образом. Коэффициенты затрат, как правило, падают от центра к периферии (уравнение (6)), с запада на восток (уравнение (7)) и, в основном, с севера на юг (уравнение (1)). Эти направления сокращения коэффициентов затрат в целом совпадают с направлением территориального распространения процесса индустриализации в нашей стране. Одна из возможных трактовок этого результата будет дана ниже.

4. Влияние факторов методики измерения. В этом разделе прежде всего рассматривается ряд неожиданных результатов анализа характера влияния факторов на коэффициенты затрат: преимущественно положительное влияние масштаба производства (уравнение (8)), отраслевой материалоемкости (уравнение (2) и (4)), факторов уровня промышленного (уравнение (8)) и транспортного (уравнение (3)) развития региона. Все они парадоксальны с содержательно-технологической точки зрения и могут быть объяснены только влиянием факторов методики измерения.

Содержательно-технологическая интерпретация преимущественно положительного влияния масштаба производства означала бы, что промышленное производство характеризуется убывающей эффективностью материальных затрат. В большинстве же промышленных отраслей эффективность затрат растет. Полученный нами результат можно объяснить влиянием организационной структуры производства. С увеличением масштаба растет и уровень специализации производства, что ведет к сокращению внутривозового оборота и, как следствие, к росту коэффициентов материальных затрат, рассчитанных по валовой продукции (межотраслевые балансы построены именно по методу валовой продукции). Технологические нормы затрат материалов могут при этом сокращаться и в действительности, как правило, сокращаются. В результате возникает положительная связь между масштабом производства и коэффициентами материальных затрат межотраслевых балансов, объясняемая исключительно методом измерения коэффициентов.

Положительное влияние отраслевой материалоемкости на коэффициенты затрат, а также отдельные факты отрицательной эластичности замены (например, уравнение (2)) свидетельствуют непосредственно о наличии абсолютно

неэффективных способов производства, т. е. способов, которые ни при каких условиях не должны использоваться в производстве. В межотраслевых же балансах показано использование этих «абсолютно неэффективных» способов и нередко с высокой интенсивностью. Полученный результат можно объяснить с позиции влияния цен. Проведенный нами пересчет исходных цен межотраслевых балансов привел к тому, что производимая продукция измеряется в ценах производителей, потребляемая — в ценах конечного потребления. Тогда возникновение «абсолютно неэффективных» способов производства может быть связано с большей территориальной дифференциацией цен производителей по сравнению с ценами конечного потребления.

Третий парадоксальный результат состоит в том, что в регионах, более развитых в промышленном и транспортном отношении, коэффициенты материальных затрат в целом выше, т. е. способы производства этих регионов формально менее эффективны. Такой результат, очевидно, является следствием влияния фактора внутриотраслевой структуры. Во внутриотраслевой структуре развитых регионов по сравнению с осваиваемыми регионами, как правило, преобладают высшие стадии переработки продукции, характеризующиеся более высокой материалоемкостью. В связи с этим, по-видимому, и возникает положительное влияние факторов уровня развития (освоения) на коэффициенты материальных затрат.

Теперь можно попытаться объяснить описанную выше связь между коэффициентами затрат и факторами географического положения. Уже отмечалось, что эти факторы обычно опосредуют влияние каких-то неучтенных факторов. Принимая во внимание только что описанный характер влияния факторов уровня развития, можно предположить, что факторы географического положения опосредуют влияние именно этих факторов, и объяснить связь между коэффициентами затрат и географическим положением следующим образом. Южные и восточные регионы, как правило, менее освоены в промышленном и транспортном отношении и материалоемкость производства в них ниже, чем в западных и центральных (северных) регионах.

Методику измерения можно привлекать и для объяснения общих результатов проведенного исследования: высокое качество уравнений регрессии, значительное влия-

ние самих коэффициентов материалоемкости, высокую эластичность замены. Приведем пример.

Пусть два двухингредиентных способа производства агрегируются в один:

$$\begin{bmatrix} a^r \\ b^r \end{bmatrix} = s^r \begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \end{bmatrix} + (1 - s^r) \begin{bmatrix} a_2 \\ b_2 \end{bmatrix},$$

причем исходные технологические нормативы затрат a_1, b_1, a_2, b_2 не различаются между регионами. Территориальные различия имеет только внутренняя структура s агрегатов.

Нетрудно заметить, что между агрегированными региональными коэффициентами затрат существует функциональная зависимость

$$b^r = \frac{b_2 a_1 - a_2 b_1}{a_1 - a_2} + a^r \frac{b_1 b_2}{a_1 - a_2}. \quad (9)$$

Регрессионный анализ региональных коэффициентов a^r и b^r приведет к получению регрессионного уравнения, близкого к (9). Качество уравнения будет весьма высоким, самым важным и единственным фактором окажется один из коэффициентов, и эластичность замены будет равна бесконечности. Это пример статистического исследования, результаты которого не имеют содержательно-технологической интерпретации и полностью объясняются влиянием факторов методики измерения.

Можно привести аналогичные примеры влияния цен, организационной структуры на коэффициенты затрат. Полученные нами результаты напоминают результаты таких гипотетических исследований. Поэтому некоторые из общих результатов проведенного исследования предопределены влиянием факторов методики измерения. Причина этого, как видно из примера, состоит в том, что схема измерения коэффициентов затрат нередко приводит к линейной функциональной зависимости коэффициентов затрат друг от друга, и регрессионный анализ может оказаться фактической попыткой статистической аппроксимации этих функциональных зависимостей. Однако следует иметь в виду, что рассчитанные нами уравнения все-таки отличаются от уравнений типа (9): они, как правило, нелинейны и коэффициенты затрат не являются единственными факторами, входящими в них.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование позволило установить некоторые свойства региональных коэффициентов материальных затрат. Эти свойства можно различным образом объяснять и интерпретировать, но нельзя игнорировать факт их существования, факт наличия среди них как «разумных» и естественных, так и нежелательных свойств. Нежелательны те свойства коэффициентов затрат, которые могут исказить окончательные результаты их использования, например результаты решения задачи оптимизации размещения производства, использующей эти коэффициенты в качестве исходной базы. Обсуждаемые в предыдущем разделе свойства коэффициентов затрат, которые определены схемой измерения, как раз и нежелательны. Покажем возможное влияние этих свойств коэффициентов на решение межотраслевой задачи оптимизации размещения.

В оптимальном плане такой задачи, решенной на базе исследованных коэффициентов затрат, некоторые производства, по-видимому, не разместятся в традиционных для них регионах, потому что способы производства в этих регионах «абсолютно неэффективны». Производство в целом переместится из развитых в промышленном и транспортном отношении регионов в недостаточно освоенные регионы. Такое решение может иметь хорошую содержательную интерпретацию (выравнивание уровня экономического развития и т. д.), но своим происхождением оно обязано исключительно некоторым свойствам исходных коэффициентов затрат, не имеющим содержательно-технологической интерпретации.

Полученные нами результаты о значительном влиянии факторов методики измерения на коэффициенты материальных затрат межотраслевых балансов, о наличии «нетехнологических» свойств коэффициентов затрат, определенных этим влиянием, о нежелательном воздействии таких свойств на решения экономико-математических задач, основанных на данных коэффициентах затрат, имеют, по-видимому, общеметодологическое значение. Коэффициенты затрат межотраслевых балансов нецелесообразно непосредственно использовать в качестве исходной базы межотраслевых оптимизационных моделей. Их надо предварительно корректировать. Причем инструментом такой корректировки могут служить статистические модели

коэффициентов затрат. Например, на базе рассчитанных нами регрессионных уравнений можно было бы «подправить» региональные коэффициенты материальных затрат, пересчитав их при гипотезе о равном уровне развития регионов и т. д.

* Продолжение описанного в данной работе исследования как по линии привлечения новой информации (межотраслевые балансы 1972 г. и т. д.), так и по линии использования дополнительных методов анализа (таксономия, двухшаговый метод наименьших квадратов и т. д.) может оказаться важным шагом на пути совершенствования методов и моделей исследования территориальных пропорций в народном хозяйстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нитрай В. Факторы, воздействующие на коэффициенты прямых затрат. Некоторые результаты исследования данных венгерских межотраслевых балансов. — В кн.: Межотраслевые исследования в Венгрии. М., «Статистика», 1973, с. 99—137.
2. Саколяц В., Вашархейн П. Экстраполяция матриц коэффициентов прямых затрат межотраслевого баланса. — В кн.: Межотраслевые исследования в Венгрии. М., «Статистика», 1973, с. 138—160.
3. Тейл Г. Прикладное экономическое прогнозирование. М., «Прогресс», 1970. 510 с.
4. Шаттелес Т. Современные эконометрические методы. М., «Статистика», 1975. 249 с.
5. Яременко Б. В., Ершов Э. Б., Смышляев А. С. Модель межотраслевых взаимодействий. — «Экономика и математические методы», 1975, т. XI, вып. 3, с. 421—438.
6. Межотраслевые балансы в анализе территориальных пропорций СССР. Новосибирск, «Наука», 1975. 303 с.
7. Суслов В. И. Формирование региональных коэффициентов в межрегиональной модели с взаимозаменяемыми ресурсами. — В кн.: Территориальные народнохозяйственные модели. Новосибирск, «Наука», 1976, с. 202—218.
8. Браун М. Теория и измерение технического прогресса. М., «Статистика», 1971. 208 с.

Н. М. ЖУРАВЕЛЬ, Н. П. ИОНИНА,
М. Л. ЛУКАЦКАЯ

РЕГИОНАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ПРОКАТЕ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Наиболее общая цель, диктующая необходимость в прогнозе региональной потребности, — повышение эффективности общественного производства. Если конкретизировать ее для задач, решаемых с помощью региональных прогнозов, то она трансформируется в две подцели: повышение эффективности экономики отдельных регионов и совершенствование планирования территориальных народнохозяйственных пропорций.

Экономическое пространство каждого региона, определяемое как совокупность производственных фондов, инфраструктуры и населения, развивается во времени путем удовлетворения постоянно меняющихся потребностей в ресурсах. Возможны два пути изучения региональной потребности: дифференцированный и унифицированный. Первый состоит в выявлении специфических факторов потребления для каждого региона и построении для них системы индивидуальных экономико-статистических моделей. Второй путь предполагает разработку единой модели на основе набора факторов, общего для всех регионов. Вследствие информационного дефицита наиболее реализуемым статистическими методами следует признать унифицированный способ моделирования, который и использован в статье.

Авторами статьи сделана попытка обобщить опыт исследований по прогнозированию региональной потребности в прокате черных металлов, проведенных в Институте экономики и организации промышленного производства совместно с Институтом экономики черной металлургии.

В исследованиях использована информация о производстве валовой продукции в промышленности, объеме строительно-монтажных работ, объеме валовой продукции машиностроения и металлообработки. Если учесть, что отрасли машиностроения и металлообработки, капитального строительства распространены повсеместно, поскольку отвечают интересам развития любого региона, то можно сделать заключение об общеэкономическом характере факторов, участвующих в исследовании, и достоверности результатов прогноза потребления проката, полученных на основе этих факторов.

МЕТОДИКА ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПОТРЕБНОСТИ

Необходимо заметить, что прогнозирование — это всегда в какой-то степени экстраполяция, различие же в методах прогнозирования зависит от того, что именно экстраполируется в данном конкретном случае, что считается устойчивым, стабильным во времени. Выбор методов существенно зависит и от характера исходной информации.

Прогнозная модель потребности может быть построена:

А) на основе анализа временного ряда этого показателя в течение определенного периода времени и

Б) на основе анализа многомерных временных рядов — потребности и факторов, влияющих на уровень и характер изменения этой потребности.

А. Приемы исследования временных рядов отдельного показателя давно разработаны и широко распространены. Имеется довольно богатый формальный аппарат: выявление тенденций методом скользящих средних, наименьших квадратов, линейного и нелинейного программирования (при наличии ограничений), прогнозирование случайной компоненты по авторегрессионной модели, выделение сезонных и циклических колебаний, методы экспоненциального сглаживания и гармонических весов и др. Их использование для прогноза означает экстраполяцию на будущее либо тенденции показателя, либо его сезонных и циклических колебаний, либо характера инерционной зависимости показателя от его значений в предыдущие моменты времени, т. е. эти методы применимы тогда, когда динами-

Набор оцениваемых моделей

Члены модели		Номер модели											
Тип 2	Тип 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$a_2 \cdot t^2$	$e^{a_2 \cdot t^2}$	0*	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
$a_1 \cdot t$	$e^{a_1 \cdot t}$	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
a_0	e^{a_0}	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
$b_1 \cdot Y(t-1)$	$Y^{b_1}(t-1)$	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
$b_2 \cdot Y(t-2)$	$Y^{b_2}(t-2)$	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0

* Нуль обозначает отсутствие коэффициента.

ка показателя носит стабильный характер и можно предположить ее сохранение в будущем. Такие предпосылки, как правило, с определенными допущениями, соблюдаются для интегральных показателей больших систем в целом (например, для спроса на массовую традиционную продукцию отрасли), но не для экономических показателей отдельного предприятия.

Если по временному ряду показателя $\{Y_t\}$ методом наименьших квадратов (или иным методом) найдена его аппроксимирующая функция $f(t)$ такая, что последовательность отклонений $\{\varepsilon_t = Y_t - f(t)\}$, $t = 1, \dots, T$, можно считать выборкой случайной величины, то при условии неизменности тенденции во времени $f(t)$ может быть использована как прогнозная функция. Но чаще всего эти отклонения не случайны и не независимы, тогда для них (отклонений) строится авторегрессионная схема и окончательно модель принимает вид

$$Y(t) = \sum_{j=1}^s b_j Y(t-j) + f(t) + \varepsilon. \quad (1)$$

Если в качестве тенденции $f(t)$ взята функция, линейная относительно неизвестных параметров, то все параметры модели (1) могут быть определены однократным применением метода наименьших квадратов [1].

Для построения прогнозной функции потребности черных металлов были использованы два типа моделей:

$$Y_1(t) = a_3 \cdot t^3 + a_2 \cdot t^2 + a_1 \cdot t + a_0 + \sum_{j=1}^s b_j \cdot Y(t-j) + \varepsilon_1; \quad (2)$$

$$Y_2(t) = e^{a_3 \cdot t^3 + a_2 \cdot t^2 + a_1 \cdot t + a_0} \cdot \prod_{j=1}^s Y(t-j)^{b_j} + \varepsilon_2. \quad (3)$$

Алгоритмом [2] предусмотрена возможность фиксировать один или группу коэффициентов из множества $\{a_3, a_2, a_1, a_0\}$ на нулевом уровне и, тем самым, получать различные виды тенденции (остальные коэффициенты оцениваются в процессе построения авторегрессионной модели). Некоторые из авторегрессионных коэффициентов b_j тоже могут быть заданы равными нулю, т. е. можно исследовать и оценивать неполные схемы авторегрессии.

Программа позволяет получить в чистом виде и тенденцию, и авторегрессионную схему любого порядка — для этого достаточно задать равными нулю все коэффициенты b_j ($j = 1, \dots, s$) или a_i ($i = 0, 1, 2, 3$).

Как видно из набора моделей (табл. 1), для исследования отбирались как чистая авторегрессионная модель (№ 9), тенденция изменения во времени (№ 11, 12), так и смешанные модели. Данные табл. 2 позволяют выбрать для прогноза потребностей проката модели с минимальными отношениями $\sigma_{\text{ост}}^2 / \sigma_{\text{общ}}^2$. Заметим, что значения $\sigma_{\text{ост}}^2 / \sigma_{\text{общ}}^2$ для регионов IV—VII по большинству моделей больше, чем по регионам I—III и по СССР.

Так, для расчета прогнозов по общесоюзной потребности в прокате более предпочтительны модели 1, 5—7, 11, 12. Ниже представлены данные прогноза потребления проката по СССР на пятилетний период (в индексах):

Номер модели	Потребление проката		Номер модели	Потребление проката	
	По модели 2	По модели 3		По модели 2	По модели 3
1	2,668	3,411	7	2,679	3,394
5	2,982	3,171	11	2,999	3,196
6	2,629	3,355	12	2,601	3,331

Наряду с моделями типа 2а, 2б исследовался подбор закономерностей изменения во времени потребностей в прокате по районам и регионам за 11-летний период

Таблица 2

Отношения остаточных дисперсий к первоначальной ($\sigma_{ост}^2/\sigma_{бм}^2$)

Наименование региона	Номер модели											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Север и Центр европейской части	0,036 0,033	0,048 0,046	0,064 0,061	0,043 0,046	0,033 0,033	0,040 0,033	0,037 0,036	0,053 0,051	0,048 0,066	0,044 0,054	0,036 0,035	0,044 0,035
Юг европейской части СССР	0,040 0,044	0,062 0,060	0,067 0,064	0,058 0,059	0,043 0,042	0,045 0,043	0,041 0,044	0,073 0,070	0,063 0,076	0,055 0,059	0,042 0,041	0,046 0,041
Урал-Поволжье	0,039 0,048	0,057 0,055	0,068 0,065	0,057 0,055	0,040 0,037	0,040 0,046	0,042 0,047	0,064 0,061	0,060 0,079	0,060 0,062	0,043 0,041	0,044 0,043
Казахстан	0,065 0,074	0,115 0,109	0,110 0,104	0,103 0,110	0,087 0,082	0,088 0,092	0,067 0,076	0,142 0,132	0,127 0,132	0,104 0,105	0,083 0,077	0,085 0,094
Средняя Азия	0,075 0,078	0,081 0,076	0,080 0,074	0,076 0,067	0,054 0,047	0,075 0,073	0,085 0,107	0,110 0,102	0,097 0,097	0,073 0,065	0,074 0,082	0,079 0,112
Сибирь	0,084 0,074	0,110 0,106	0,122 0,117	0,055 0,043	0,063 0,060	0,082 0,073	0,086 0,078	0,123 0,117	0,111 0,114	0,064 0,060	0,078 0,075	0,082 0,076
Дальний Восток	0,051 0,048	0,089 0,085	0,096 0,092	0,067 0,080	0,058 0,057	0,065 0,056	0,053 0,053	0,106 0,101	0,089 0,097	0,065 0,076	0,057 0,056	0,065 0,055
СССР	0,037 0,038	0,053 0,050	0,062 0,060	0,051 0,051	0,037 0,036	0,040 0,037	0,038 0,040	0,060 0,056	0,054 0,072	0,052 0,056	0,037 0,036	0,040 0,036

Примечание. Первая строка — отношение по модели типа 2, вторая — по модели типа 3.

Таблица 3

Прогноз потребления проката на 1980 г. (в индексах)

Регион	Вид модели			
	$Y=at+b$	$Y=at^2+bt+c$	$Y=aln^2t+bln^2t+clnt+d$	$Y=a \cdot b^t+c$
Север	2,386	3,003	—	2,948
Юг	2,716	3,149	—	3,554
Урал-Поволжье	2,681	2,957	2,324	3,529
Казахстан	3,072	2,606	—	4,194
Средняя Азия	3,787	3,091	—	6,113
Сибирь	2,220	2,807	2,920	2,557
Дальний Восток	2,782	3,524	2,525	3,686

еще по 15 видам кривых [3]. В табл. 3 приведены прогнозные значения потребления проката по некоторым из отобранных моделей для регионов, а также вид этих моделей.

Б. Применение методики множественного регрессионного анализа к информации, представленной в форме индексов, встречает некоторые трудности. Действительно, если информация задана в индексах, причем каждый регион отнесен к своему базисному основанию, то разные регионы оказываются несопоставимыми: при одном и том же индексе натуральные значения их могут сильно различаться. Например, индексу потребления проката, равному 1,03, соответствует в натуре в одном случае около 500 тыс., а в другом — 10 000 тыс. т.

Этот факт, а также наличие определенной неоднородности информации по районам и регионам потребовали разработки в ходе исследования некоторых приемов и методов, связанных как с решением проблемы неоднородности исходной совокупности, так и особенностями индексной информации.

Для построения многофакторных регрессионных моделей использовались следующие приемы:

- 1) взвешенный метод наименьших квадратов;
- 2) классификация районов и регионов и построение отдельных моделей по каждому классу.

Первый прием. Целесообразность применения взвешенного метода наименьших квадратов для индексной информации видна из следующих рассуждений. Параметры

регрессионного уравнения для индексов $(Y_{jt} = \sum_i \beta_{it} X_{ijt})$ для t -го года отыскиваются из условия минимизации

$$\sum_j (Y_{jt} - \sum_i \beta_{it} \cdot X_{ijt})^2.$$

При переходе к натуральным переменным по Y вместо индексов уравнение переписывается как

$$\sum_j \left(\frac{Y_{jt}}{Y_{j0}} - \sum_i \beta_{it} \cdot X_{ijt} \right)^2 = \min$$

или

$$\sum_j \left(Y_{jt} - \sum_i \beta_{it} (X_{ijt} \cdot Y_{j0}) \right)^2 \cdot \frac{1}{Y_{j0}^2} = \min.$$

Таким образом, приходим к взвешенному методу наименьших квадратов с весами по наблюдениям $P_{jt} = Y_{j0}^2$. Модель в индексах для прогноза будет $Y_{jt} = \sum_i \beta_{it} (Y_{j0} \cdot X_{ijt})$, поэтому необходимо минимизировать сумму

$$\sum_j \left(Y_{jt} - \sum_i \beta_{it} (Y_{j0} \cdot X_{ijt}) \right)^2,$$

т. е. модель в индексах необходимо строить свесовыми коэффициентами $P_{jt} = Y_{j0}^2$.

При построении прогнозных регрессионных моделей выделяются следующие этапы.

1. Учет зависимости потребления проката не только от первичных факторов, фактора времени t , но и от преобразованных факторов.

2. Расчет для каждого года матрицы коэффициентов корреляции по взвешенным наблюдениям и их анализ.

3. Построение регрессионных моделей для каждого года и анализ их параметров: коэффициентов регрессии в стандартизованном масштабе (β), множественных коэффициентов корреляции (R), остаточных дисперсий ($\sigma_{ост}^2$) и значений критерия Фишера.

4. Построение прогнозных функций потребностей проката по полученным ежегодным регрессионным моделям: для соответствующих коэффициентов модели конструируются динамические ряды и отыскиваются их аппроксимирующие функции.

Для каждого года с учетом преобразованной информации рассчитаны матрицы коэффициентов корреляции и регрессионные уравнения (табл. 4). Анализ уравнений показал, что влияние факторов по годам колеблется существенно. В качестве примера в табл. 5 приведены виды моделей и их характеристики для одного из годов. Для всех моделей расчетное значение критерия Фишера ($F_{расч.}$) меньше табличного, равного 19,43, что говорит о существенности регрессионных уравнений. С учетом динамики изменения коэффициентов регрессии для построения прогнозных моделей оставлены модели ± 8 , 12 и 13. Анализ остаточных дисперсий коэффициентов регрессии для некоторых видов аппроксимирующих функций и контрольные расчеты уровня потребления проката по моделям № 8, 12 и 13 показал, что более приемлемым оказывается прогноз с учетом линейного изменения коэффициентов. Таким образом, прогнозная функция потребления

Таблица 4

Перечень первичных факторов и их преобразований

Первичный фактор	Вид преобразования						
	x_i^2	$\ln x_i$	x_i^e	$1/x_i$	$\ln^2 x_i$	e^{2x_i}	$1/(1+\ln x_i)$
Валовая продукция промышленности (x_1)	x_1^2	$\ln x_1$	e^{x_1}	$1/x_1$	$\ln^2 x_1$	e^{2x_1}	$1/(1+\ln x_1)$
Объем строительно-монтажных работ (x_2)	x_2^2	$\ln x_2$	e^{x_2}	$1/x_2$	$\ln^2 x_2$	e^{2x_2}	$1/(1+\ln x_2)$
Валовая продукция машиностроения и металлообработки (x_3)	x_3^2	$\ln x_3$	e^{x_3}	$1/x_3$	$\ln^2 x_3$	e^{2x_3}	$1/(1+\ln x_3)$
Время (t)	t^2	$\ln t$	e^t	$1/t$	$\ln^2 t$	e^{2t}	$1/(1+\ln t)$

Таблица 5

Характеристика моделей

Вид модели	R	$\sigma_{\text{ост}}^2$	F _{расч}
1. $y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2$	0,779	0,00129	12,297
2. $y = a + b_1 \cdot x_2 + b_2 \cdot x_3$	0,805	0,00115	14,714
3. $y = a + b_1 \cdot x_1^2 + b_2 \cdot x_2^2$	0,780	0,00129	12,377
4. $y = a + b_1 \cdot x_2^2 + b_2 \cdot x_3^2$	0,799	0,00119	14,092
5. $y = a + b_1 \cdot \ln x_1 + b_2 \cdot \ln x_2$	0,777	0,0013	12,160
6. $y = a + b_1 \cdot \ln x_2 + b_2 \cdot \ln x_3$	0,811	0,00113	15,304
7. $y = a + b_1 \cdot e^{x_1} + b_2 \cdot e^{x_2}$	0,780	0,00128	12,378
8. $y = a + b_1 \cdot 1/x_2 + b_2 \cdot 1/x_3$	0,816	0,00110	15,860
9. $y = a + b_1 \cdot \ln^2 x_1 + b_2 \cdot \ln^2 x_2$	0,800	0,00118	14,182
10. $y = a + b_1 \cdot \ln^2 x_2 + b_2 \cdot \ln^2 x_3$	0,731	0,00153	9,178
11. $y = a + b_1 \cdot e^{2x_1} + b_2 \cdot e^{2x_2}$	0,780	0,00128	12,481
12. $y = a + b_1 \cdot e^{2x_2} + b_2 \cdot e^{2x_3}$	0,790	0,00123	13,277
13. $y = a + b_1 \cdot 1/e^{x_2} + b_2 \cdot 1/e^{2x_3}$	0,811	0,00112	15,374
14. $y = a + b_1 \cdot \frac{1}{1 + \ln x_1} + b_2 \cdot \frac{1}{1 + \ln x_2}$	0,773	0,00132	11,919
15. $y = a + b_1 \cdot \frac{1}{1 + \ln x_2} + b_2 \cdot \frac{1}{1 + \ln x_3}$	0,819	0,00108	16,275

проката, например по модели № 8, выглядит так:

$$G(t) = (b_0 + b_1 \cdot t) + (b_{01} + b_{11} \cdot t) \cdot 1/x_2 + (b_{02} + b_{12} \cdot t) \cdot 1/x_3.$$

Потребность в прокате по регионам, рассчитанная по такой модели, составит (в индексах):

Север	2,73	Средняя Азия	2,65
Юг	2,76	Сибирь	2,83
Урало-Поволжье	2,79	Дальний Восток	2,73
Казахстан	2,93	СССР	2,73

Второй прием повышения адекватности моделей изучаемым процессам потребления проката предусматривает разбиение общей совокупности районов на группы, близкие по характеру потребления проката, и моделирование внутри таких групп. Здесь возможно использование как многочисленных методов многомерной классификации

районов по исходной информации, так и методов, основанных на анализе результатов моделирования по всей изучаемой совокупности. Поскольку первые широко применяются и общеизвестны, остановимся подробнее на классификации районов с помощью анализа отклонений фактических значений функции потребления от ее линейной аппроксимации на общей совокупности.

Основу способа составляют исследования характера зависимости фактических значений моделируемого показателя $Y_{\text{ф}}$ от рассчитанных по уравнению регрессии $Y_{\text{р}}$. Последние, по существу, представляют собой линейную комбинацию вектора независимых переменных ($\vec{x}$). Если зависимость $Y_{\text{ф}}$ от $Y_{\text{р}}$ представить графически, то по оси абсцисс мы ранжируем объекты соответственно величине комбинации их входных характеристик, а по оси ординат объекты располагаются в соответствии со значением выходного показателя.

В идеальном случае при функциональной линейной зависимости y от x точки должны располагаться на биссектрисе координатного угла. По характеру отклонений фактических точек от этой прямой можно судить о степени близости реальной зависимости к линейной. Выделим два момента: а) общий разброс точек, являющийся оценкой аппроксимирующей способности уравнения регрессии, и б) порядок расположения точек, позволяющий проверить гипотезу о близости реальной связи к линейной.

Действительно, если реальная зависимость близка к линейной, то разброс точек вокруг биссектрисы вызывается только недоучетом каких-то независимых переменных и последовательность в их расположении должна носить случайный характер. Если же в последовательности расположения точек может быть выявлена система, т. е. в определенных частях графика они концентрируются преимущественно выше или ниже биссектрисы, то это означает непригодность единой линейной модели для описания моделируемого явления. В этом случае можно предположить наличие неоднородности совокупности по одному или нескольким независимым переменным, нарушающим линейный характер зависимости.

Гипотеза о том, что совокупность отклонений $\Delta y = Y_{\text{ф}} - Y_{\text{р}}$ не случайна, может быть проверена соответствующими статистическими методами. Для подтверждения этой гипотезы упорядоченная вдоль биссектрисы коор-

Таблица 6

Характеристика классов

Номер класса	Величина относительного отклонения, %	Число районов и регионов в классе	Наименования регионов в классах
1	[-20, 20]	7	Юг, Сибирь
2	[20, 50]	4	Север и Центр, Казахстан
3	[-20, -50]	3	Урало-Поволжье
4	Более 50	7	Средняя Азия, Дальний Восток

динатного угла последовательность точек ($y_{\phi} - y_p$) каким-либо приемом (таксономией, визуально и т. п.) разбивается на группы. Полученная группировка используется либо для корректировки единой модели с помощью искусственного квазипризнака, либо для построения набора частных моделей групп. В первом случае объектам, попавшим в каждую группу, присваивается цифровой код, который и вводится в модель. Полученный при «квазипризнаке» коэффициент используется затем для коррекции свободного члена уравнения регрессии. Более подробно этот прием изложен в работе [4].

При прогнозировании региональной потребности в прокате нами был избран второй путь. Сначала были получены общие регрессионные модели $y = f(x_1, x_2, x_3)$ за каждый из трех лет по всей совокупности районов; вычислены относительные отклонения $(y_p - y_{\phi})/y_{\phi}$ для каждого района за каждый год. Анализ относительных отклонений позволил сформировать 4 класса (табл. 6).

По каждому из 4 классов проведены расчеты большого числа регрессионных моделей. Анализ значений множественного коэффициента корреляции, остаточной дисперсии, стандартизованных коэффициентов и их дисперсий позволил отобрать ряд моделей. Для классов 1—3 ими оказались модели вида:

$$1) y = a_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot t;$$

$$2) y = a_0 + b_1 \cdot \ln x_3 + b_2 / (1 + \ln x_2);$$

$$3) y = a_0 + b_1 / x_2 + b_2 / x_3;$$

$$4) y = a_0' + b_1 / e^{x_1} + b_2 / (1 + \ln x_2);$$

$$5) y = a_0 + b_1 \cdot \ln x_1 + b_2 \cdot t;$$

$$6) y = a_0 + b_1 \cdot \ln x_2 + b_2 \cdot e^t;$$

$$7) y = a_0 + b_1 \cdot \ln x_3 + b_2 \cdot t.$$

Для 4-го класса отобраны модели:

$$1) y = a_0 + b_1 \cdot \ln x_3 + b_2 \cdot e^t;$$

$$2) y = a_0 + b_1 \cdot \ln x_3 + b_2 / e^{2t}.$$

Пример прогноза потребления проката по 1- и 5-й моделям (в индексах) приведен в табл. 7.

Итак, для прогнозирования региональной потребности целесообразно использовать комплекс моделей, чтобы иметь возможность сопоставить различные варианты будущего потребления того или иного ресурса и количественно оценивать их различия. В частности, по результатам изложенного исследования можно рекомендовать следующий набор моделей.

1. Смешанная модель авторегрессии и тенденции во времени для общесоюзной и региональной потребности ресурса.

2. Общесоюзные множественные регрессионные модели, построенные с учетом динамики исходной информации и коэффициентов регрессии статических моделей.

3. Система региональных регрессионных моделей, получаемых после классификации районов и регионов по близости действия факторов потребления.

Как правило, наибольшего доверия заслуживают прогнозы, получаемые на основе моделей третьей группы.

Таблица 7

Прогноз потребления проката

Вид модели	1-й класс		2-й класс		3-й класс
	Юг	Сибирь	Север	Казах-стан	Урало-Поволжье
$y = a_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot t$	3,14	3,61	2,45	3,07	2,97
$y = a_0 + b_1 \cdot \ln x_1 + b_2 \cdot t$	2,79	2,87	2,13	2,27	2,98

Таблица 8

Результаты прогноза для некоторых характерных районов

Район	Тип модели		
	$y=a \cdot t+b$	$y=b_0(t)+b_1(t)/x_2+b_2(t)/x_3$	$y=b_0+b_1 \cdot x_1+b_2 \cdot x_4$
Юг	2,72	2,76	3,14
Урало-Поволжье	2,68	2,79	2,97
Сибирь	2,22	2,83	3,61
СССР	2,60	2,73	—

И только в случае резкого уменьшения числа степеней свободы для расчета параметров модели вследствие разбиения на классы следует ориентироваться на модели второй группы. Прогнозы по моделям первой группы используются как база для сравнений, по ним можно судить об уровне потребления проката при сохранении сложившихся закономерностей формирования потребностей.

Как видим, для данных районов отмечается повышение уровня потребления металла по мере возрастания сложности модели, что характерно и для СССР в целом. Однако имеются районы, для которых эта закономерность не соблюдается, например для Казахстана прогнозы по всем трем моделям близки, т. е. лежат в пределах их доверительных интервалов. Для Средней Азии наблюдается обратная закономерность; наиболее высокий уровень потребления дает линейная тенденция. Следовательно, дифференцированное моделирование региональной потребности оправдано, поскольку дает индивидуальные прогнозы по регионам, отличные от общесоюзных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мот Ж. Статистические предвидения и решения на предприятии. М., «Прогресс», 1966. 501 с.
2. Ульянова Г. П. Программа «Динамика анализа временных рядов». — В кн.: Алгоритмы статистической обработки информации. Новосибирск, 1974, с. 40—55.
3. Ульянова Г. П. Подбор тенденций и прогноз (на α -языке). — В кн.: Статистические алгоритмы и программы. Новосибирск, 1970, с. 194—234.
4. Розин Б. Б., Журавель Н. М. Об одном способе анализа и улучшения линейной аппроксимации. — В кн.: Вопросы построения и применения статистических моделей экономических показателей предприятий. Новосибирск, 1971, с. 68—78.

И. Н. ВОЕВОДА, Н. М. ЖУРАВЕЛЬ

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НОРМАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО АГРЕГИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

Анализ современного состояния народного хозяйства и отраслей, его слагающих, на основе экономико-математических и статистических методов показывает, что неизбежность агрегирования информации по мере перехода с одного уровня иерархии на другой требует дальнейшей разработки теоретических основ и информационного обеспечения процедуры агрегирования.

Используемая на практике процедура агрегирования может быть формализована и оптимизирована на базе имитационного агрегирования, теоретические основы которого изложены в работах [1—4]. Кратко предшествующие результаты сводятся к следующему.

1. Высказана идея о возможности оптимального согласования различных уровней планирования с помощью информационного подхода на базе методики динамического программирования. Применительно к системе иерархически связанных моделей принцип оптимальности Беллмана в информационном подходе означает, что нужно оптимизировать только верхний уровень и каждый переход от вышележащего уровня к нижележащему, смирившись с тем положением, что на каждом переходе неизбежны определенные информационные потери.

Неизбежность информационных потерь на абстрактном уровне моделирования соответствует свойству эластичности реальной системы народного хозяйства, которое реализуется за счет резервирования различного рода ресурсов. Резервы, запасы покрывают то неизбежное рассогласование между результатами решений, принятых

на верхнем уровне по агрегированной информации, и реализацией этих решений по детализированной номенклатуре на нижнем уровне. Весь вопрос в том, чтобы уровень рассогласованности и, следовательно, соответствующие ему информационные потери при планировании и необходимые резервы ресурсов в реальной жизни были минимальными. Тогда решения, полученные на каждом уровне, будут автоматически согласованы друг с другом оптимальным образом.

В этой ситуации *переход*, естественно, рассматривается не как простая передача результатов решений с одного уровня на другой, а как содержательная процедура со своей постановкой задачи и со своими методами.

По-видимому, постановка задачи таких переходных процедур состоит в имитации *реальных различий* в содержаниях задач разных уровней. Операционально это проявляется в преобразовании конечной информации одного уровня в начальную другого уровня, т. е. задача переходных процедур заключается в оптимальном, до требуемой размерности, сжатии информационных массивов, при котором потери информации минимальны. Исползоваться для этих целей должны *статистические методы классификации*, во внутренний механизм которых закладываются определенные критерии качества разбиения и сжатия.

Наличие трех моментов в переходной процедуре — имитации, оптимального сжатия информации и статистических методов классификации — позволяет определить эти процедуры как *имитационное агрегирование статистическими методами*.

2. Сформулированы общие принципы построения процедуры имитационного агрегирования:

1) использование априорных структур, т. е. знаний о составе и соотношениях отраслей, подотраслей или других совокупностей, подлежащих агрегированию;

2) принцип физической однородности объединяемых элементов, следствием которого является необходимость формирования классов по входу;

3) взаимосвязь иерархии объектов и иерархии соизмерителей: чем выше ступень объединения объектов, тем более общие соизмерители используются (по цепочке: физические — условно-натуральные — трудовые — денежные);

4) принцип балансировки через «прочие элементы», заключающийся в объединении редких элементов в один класс.

3. Дана расширенная трактовка понятия «агрегат» как обобщенного описания каждого класса в противовес традиционному представлению его в виде единичной усредненной величины. Обобщенное описание заключается в замене всей информации о значениях каждого показателя вероятностными характеристиками их распределения (хотя бы первыми двумя моментами).

4. Построено дерево целей исследования по имитационному агрегированию.

5. Начата реализация идей имитационного агрегирования применительно к агрегированию продукции при системном моделировании процессов народнохозяйственного планирования. Общая характеристика его для этого случая дана на схеме.

6. Создан основной каркас имитационной модели. Для формирования ее структуры рассмотрены принципы, которые заложены в международную классификацию лесных продуктов, Всесоюзный классификатор продукции, прейскуранты и ценники. Для формирования описания выработана внешняя цель агрегирования (получение групп продуктов, близких по назначению, затратам основных ресурсов и условиям производства) (рис. 1).

7. Для реализации машинного эксперимента разработаны:

1) тендем алгоритмов, работающий в спаренном режиме и включающий *программу ДАДП*, основанную на сочетании идей дисперсионного анализа и динамического программирования и используемую в имитационном агрегировании для классификации объектов, и *алгоритм группировки факторов* по результатам предварительной классификации объектов, реализующий оптимальную схему решения задачи «о назначениях». Этот алгоритм используется для итеративного сжатия максимального набора факторов;

2) критерий минимума потерь информации (критерий МПИ), функционал которого рассчитывается с помощью дисперсионных показателей разброса индивидуальных значений группируемых величин. Работоспособность алгоритмов и действенность критерия МПИ проверена экспериментально.

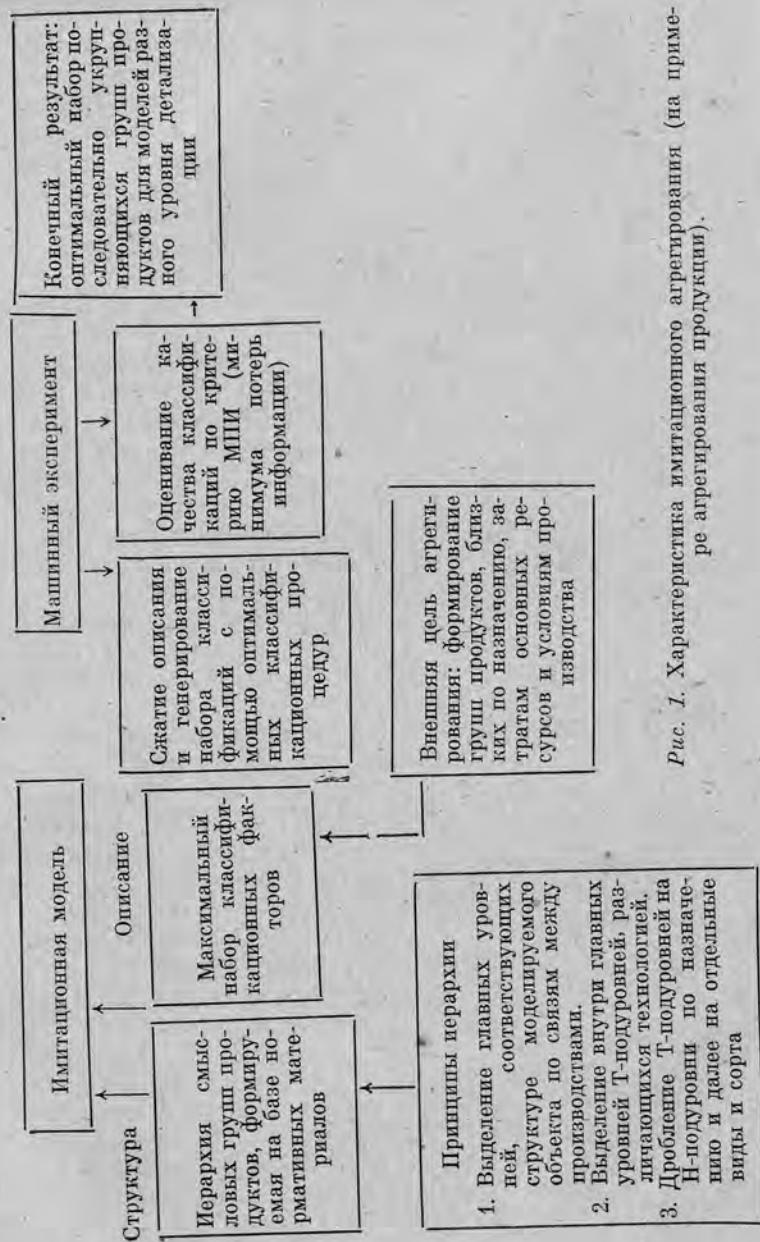


Рис. 1. Характеристика имитационного агрегирования (на примере агрегирования продукции).

Данная статья отражает дальнейшее развитие идей имитационного агрегирования в области информационного и методического обеспечения имитационной модели.

Как было показано в работе [4], при анализе понятийного аппарата, используемого в рамках системного моделирования территориально-производственного планирования, для проведения имитационного агрегирования необходимо наличие информации по следующему максимальному набору факторов: затраты основных ресурсов на производство; наличие продукции; условия производства. То, что этот набор действительно максимально необходим для того, чтобы с достаточной надежностью приступить к решению проблемы агрегирования для целей совершенствования планирования, подтверждается выводами ряда исследователей, непосредственно связанных с вопросами разработки народнохозяйственных планов. Так, в работе [5], посвященной вопросам совершенствования номенклатуры планируемой продукции черной металлургии, говорится, что имеются существенные противоречия между имеющимися номенклатурами этой продукции:

- 1) планируемой Госпланом СССР (по прокату, например, 56 наименований);
- 2) устанавливаемой ЦСУ СССР для годовых сводных отчетов (200 наименований);
- 3) детальной номенклатурой Союзглавметалла, специфицируемой в нарядах-заказах (около 4 млн. позиций).

Увязка плана производства, потребностей и материальных ресурсов на всех уровнях планирования и во всех звеньях народного хозяйства ставит задачу унифицирования действующих номенклатур с тем, чтобы была обеспечена их постоянная сопоставимость, сопрягаемость и согласованность. Есть попытка решить эти вопросы созданием общесоюзного классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции. Но анализ высших классификационных группировок, заложенных в ней, показал, что они построены на базе номенклатуры ЦСУ СССР и сохраняют все ее недостатки. Поэтому в работе ставится вопрос о необходимости существенной корректировки высших классификационных группировок с учетом необходимости единообразного подхода к их построению. По мнению авторов, в состав каждой группы следует включать только продукцию, сходную по условиям производства, назначению и свойствам. Из признаков следует

выбирать наиболее существенные, связанные со специализацией станков и стадией переработки продукции.

Вопрос о содержании группировок классификатора тесно переплетается с принципами агрегирования номенклатуры планируемой продукции предприятий и отрасли. Правильная классификация позволит не только улучшить планирование и распределение проката, но и лучше использовать имеющиеся производственные мощности, а также более экономно использовать металлопродукцию в народном хозяйстве.

В работе [6] также подчеркивается, что действующая система планирования объемов производства и распределения продукции в укрупненной номенклатуре не согласована с показателями трудоемкости и материалоемкости продукции в детализированной номенклатуре, что приводит к неувязкам между общим объемным показателем — реализованной продукцией — и выполнением плана производства продукции в номенклатуре. Формировать план сразу в детализированной номенклатуре с учетом дифференцированных показателей ее трудоемкости не реально, поэтому речь должна идти о формировании таких групп продукции, которые отвечают *требованиям единства технологий, незначительно различаются по затратам ресурсов* (станко-часов, человеко-часов, сырья, материалов, заработной платы).

Каковы источники информации по указанным трем группам максимального набора факторов?

Основой для формирования данных по затратной группе являются отчетные калькуляции важнейших видов продукции в совокупности с действующей в каждой отрасли системой переводных коэффициентов для расчета затрат по видам продукции близкой технологии, но различающимися типоразмерами, сортом, маркой и т. п. На основе этой первичной информации можно получить обобщенные показатели среднеотраслевой себестоимости и районных различий в затратах.

Информация о назначении продукции и условиях производства, связанных с технологией, может содержаться в ряде источников статистической отчетности, например, в формах об использовании оборудования, в проектной документации и в нормативных материалах (ГОСТ, ТУ, ценники). В наших исследованиях продолжено решение задачи об извлечении указанной информации из норматив-

Таблица 1

Марка целлюлозы	Марка бумаги и картона		
	газетная	писчая	упаковочная
Сульфатная беленая			
АС—0		1 1 1	
АС—I		1 1 1	
АС—II			
БС			1 1 1

ных материалов в формализованном виде на примере продукции целлюлозно-бумажной промышленности.

Каждый ГОСТ содержит словесную характеристику назначения той или иной марки, входящей в этот ГОСТ, и матрицу технических требований к свойствам продукции в виде количественной нормы различных измерителей этих свойств. На наш взгляд, возможна следующая постановка задачи о наиболее полном использовании этой информации в имитационном агрегировании:

1. Словесная характеристика назначения продукции должна быть использована для неформального (на поисковом этапе) и формализованного (после окончательной отработки путей формализации) закрепления связей между уровнями иерархии имитационной модели. Формализованный путь может заключаться в построении матрицы смежности графа связей объектов двух смежных уровней, приведем ее фрагмент (табл. 1). Подобную матрицу можно использовать для взаимного согласования самостоятельных классификаций объектов смежного уровня. Не исключена возможность привлечения для формализованной обработки таких матриц аппарата теории графов, если нужно выявить степень предпочтительности формирования групп верхнего уровня. Чтобы оценить расстояние по дуге графа, можно использовать распределение назначений объекта нижнего уровня для производства объектов верхнего уровня.

2. Информация, содержащаяся в матрице технических требований ГОСТов, может быть использована только для классификации объектов одного уровня. В связи с широким спектром назначений продукции для объектов одного уровня может нормироваться значительное количество

измерителей свойств. Так, по целлюлозе их количество равно 48, по картону — 63, по бумаге — 102. Можно выделить два пути использования этой информации для формализованного процесса получения набора последовательно укрупняющихся классификаций:

А. Использование всей информации. В этом случае отсутствующие у того или иного продукта характеристики берутся на нулевом уровне. Такой путь трудоемок, так как потребуются значительное число итераций для сокращения первоначального набора характеристик.

Б. Предварительный качественный отбор наиболее существенных характеристик. Согласно общей цели поиска наиболее однородных по назначению групп продукции в первую очередь отбираются наиболее часто встречающиеся характеристики и отдельные представители профессионально сформированных групп характеристик. В этом случае, однако, необходим дополнительный анализ первых результатов классификаций по отобранному набору на предмет необходимости расширения первичного набора за счет включения каких-либо специальных характеристик.

Нами в исследовании использовался в основном второй путь. Проиллюстрируем его на примере формирования факторного набора на базе характеристик ГОСТа по картонным продуктам (табл. 2).

Всего в ГОСТах содержится 64 фактора, но 53 из них встречаются один раз. Для предварительного качественного отбора сформированы 5 групп характеристик, которые отражают различные стороны назначения продукции:

I. Структурно-размерные показатели:

- 1) объемный вес;
- 2) масса;
- 3) толщина;
- 4) гладкость верхнего слоя;
- 5) сорность на 1 м².

II. Механические и упруго-пластические свойства:

- 1) предел прочности при растяжении по двум направлениям;
- 2) линейная деформация в поперечном направлении;
- 3) пластическая деформация;
- 4) предел прочности при растяжении в поперечном направлении;
- 5) излом в среднем по двум направлениям.

Таблица 2
Характеристика ГОСТов по картонным продуктам

ГОСТ	Количество		
	марок	факторов	
		всего в ГОСТе	общих для всех ГОСТов
8618-62 (марки КМ-1, КМ-2, КМ-3), картон для стереотипных матриц.	3	10	1
6983-54. Прессшпан (марки А, Б)	2	7	1
7950-71. Картон переплетный (марки А, Б, В)	3	9	1
4408-75. Картон строительный многослойный	1	6	1
10367-63. Картон чемоданный (марки А, В)	2	6	1
4194-68. Картон электроизоляционный для аппаратов с машинным заполнением (марки А, Б, В, Г)	4	9	1
2824-75. Картон электроизоляционный (марки ЭВС, ЭВП, ЭВТ, ЭВ)	4	8	1
1933-73. Картон калиброванный	1	5	1
3246-74. Картон жаккардовый	1	5	1
7278-74. Картон каркасный	1	6	1
3697-47. Картон билетный	1	7	1
9347-74. Картон прокладочный (марки А, Б)	2	8	1
7933-75. Картон коробочный (марки А, Б, В, Г, Д)	5	11	1
7420-69. Картон для гладких слоев гофрированного картона (марки К ₀ , К ₁ , К ₂ , К ₃ , К ₄)	5	8	1
6659-73. Картон обивочный водостойкий (марки ВВ-1, ВВ-2)	2	9	1
6722-65. Картон фильтровальный технический	1	7	1
8740-74. Картон облицовочный	1	7	1
10367-63. Картон чемоданный	1		

И еще 32 показателя, которые редко встречаются.

III. Гидрофобные или гидрофильные свойства:

- 1) впитываемость воды при температуре $20 \pm 1^\circ\text{C}$ за 10 мин;
- 2) влажность;
- 3) впитываемость за 6 ч: воды, бензина, масла при полном погружении.

И еще 6 редко встречающихся показателей.

IV. Композиция картона:

- 1) содержание α -целлюлозы;
- 2) зольность;
- 3) белизна верхнего слоя;
- 4) зольность верхнего слоя.

V. Специальные свойства для картона:

- 1) количество отливок стереотипов с матрицы;
- 2) прокладка, мм;
- 3) воздухопроницаемость;
- 4) гигроскопичность после выдержки в камере в течение 24 ч;
- 5) коэффициент теплопроводности;
- 6) сопротивление току воздуха;
- 7) электропроводность водной вытяжки;
- 8) стойкость картона к воздействию испытательного напряжения, перпендикулярного к поверхности картона;
- 9) стойкость картона к воздействию разрядов;
- 10) электрическая прочность после сушки.

Группы перечислены в порядке убывания их важности для внешней цели агрегирования, поскольку композиция картона и формируемые ею специальные свойства в большей мере характеризуют специфику в назначении продукции, нежели объединяющие отдельные виды продуктов свойства. Поэтому в качестве информативного первичного набора выбраны 4 наиболее часто встречающихся представителя первых трех групп:

- 1) толщина, мм;
- 2) объемный вес, г/см³;
- 3) предельная прочность при растяжении по двум направлениям, кгс/мм²;
- 4) влажность, %.

Помимо перечисленных факторов в набор включен один совокупный затратный показатель — цена листового картона за 1 т.

Для обеспечения приемлемой заполняемости исходной матрицы данных использованы следующие приемы.

1. Если значения признака не допускаются по ГОСТу или такие значения отсутствуют, то в этих случаях введены нулевые значения.

2. Если в исходных материалах дан интервал колебаний признака, то значение признака берется на уровне среднего.

3. Показатели себестоимости рассчитывались на основе оптовых цен для каждой марки и отраслевой себестоимости, приводимой в статистической отчетности в целом по ГОСТовской группе марок, с помощью пересчетного коэффициента:

$$k = \frac{\text{среднеотраслевая цена группы марок}}{\text{среднеотраслевая себестоимость группы марок}}$$

4. У некоторых видов картона имеется несколько допустимых показателей толщины, прочности при растяжении, цены. Такие «подвиды» картона выделялись в самостоятельные объекты.

Важной составной частью проблемы имитационного агрегирования является статистическая характеристика выбранных признаков. Состояние исследуемого объекта — картонных продуктов — описывается с помощью набора зафиксированных признаков. Следовательно, каждый продукт можно рассматривать как многомерную случайную величину:

$$x_j = \begin{pmatrix} x_j^{(1)} \\ x_j^{(2)} \\ \vdots \\ x_j^{(p)} \end{pmatrix}$$

в p -мерном признаковом пространстве. Здесь $x_j^{(i)}$ — величина i -го признака по наблюдению j . В нашем случае рассматривается 68 наблюдений в 5-мерном признаковом пространстве. Плотность распределения наблюдений может быть оценена по гистограммам каждого признака (рис. 2). Верхняя часть контура гистограммы образует статистический аналог для плотности вероятности. Первый и четвертый признаки имеют j -образное распределение, причем отмечаются разрывы в значениях признака. Это служит, в известной мере, указанием на качественную природу отобранных классификационных признаков.

В нашем случае приближенное к нормальному распределение имеют второй, третий и пятый признаки. Для них характерно сосредоточение наблюдений в центральных интервалах. Предварительное оценивание характера распределения позволяет в дальнейшем ориентироваться на

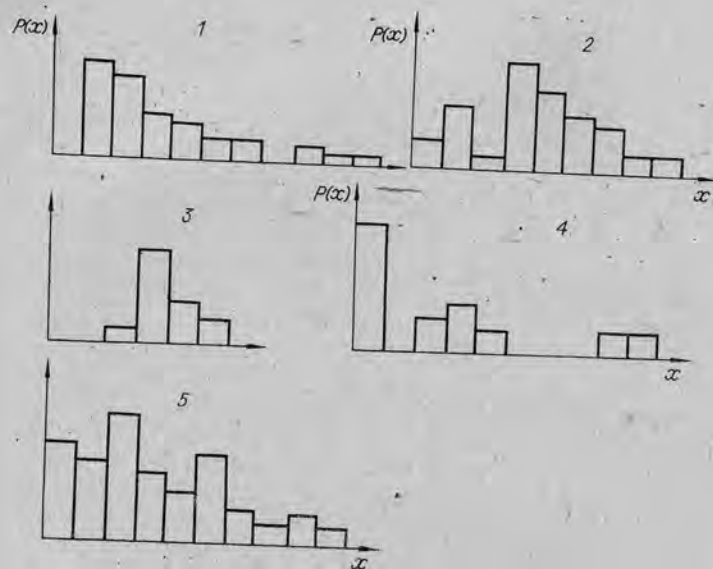


Рис. 2. Статистическое описание наборов признаков картона.

выбор таких алгоритмов классификации, которые соответствуют экспериментальному материалу. Причем для сопоставления и дублирования результатов классификации методически целесообразно использовать несколько алгоритмов. В частности, нами использованы алгоритмы древовидной классификации на базе качественных признаков [7] и алгоритм ДАДП [3].

Методика преобразования ГОСТовских характеристик в качественные признаки состоит в следующем.

1. Выбирается порог. Под порогом подразумевается обычно то число, с которым сравнивается расстояние между объектами или мера близости объектов для того, чтобы определить, можно ли отнести рассматриваемые два объекта к одному классу.

2. Каждый признак с помощью порога разбивается на соответствующее число градаций.

3. Исходная матрица свойств заменяется на матрицу, элементами которой являются номера принадлежности значения признака по каждому продукту к выделенным градациям.

В наших исследованиях применены два вида порогов: а) стабильный — выбирается, исходя из анализа распределения ГОСТовских характеристик;

б) скользящий — количество градаций соответствует числу дискретных значений ГОСТовской характеристики.

Алгоритм древовидной классификации осуществляет последовательное разбиение совокупности объектов путем выбора на каждой итерации собственного группировочного признака. Этот выбор реализуется двояким образом: либо с помощью формального критерия, в качестве которого выступает максимум коэффициента качественной вариации Q , либо с помощью шкалы предпочтений признаков, которая формируется исходя из априорной информации о содержательной ценности качественных признаков по отношению к внешней цели агрегирования.

Группировочный признак на каждой итерации выбирается по шкале предпочтения из числа признаков, величина Q для которых лежит в интервале $(Q_{\max} \pm \epsilon)$. Меняя величину ϵ , при выборе группировочного признака можно регулировать глубину связи между формальным критерием и шкалой предпочтений.

В результате группировки по картону выделяются 6 групп (табл. 3). Следует сказать, что полученные группы довольно устойчивы, так как при увеличении числа итераций деления полученных классов не происходит.

Классификация продуктов картона алгоритмом ДАДП по названному набору факторов проводилась при $K = 2, 3, 4, 5, 6$ (где K — число классов для внутрифакторного разбиения). Такой выбор числа классов сделан на основе значений факторов и их повторяемости.

В результате получена серия последовательно детализируемых классификаций. При $K = 2$ число классов минимально (14). Для дальнейшего укрупнения применяется тендем алгоритмов: венгерский алгоритм для сокращения классификационного набора, ДАДП — для последующей классификации.

Конечный результат имитационного агрегирования формулируется как получение оптимального набора последовательно укрупняющихся групп продуктов (номенклатур) для моделей разного уровня детализации. Каково назначение и реальные границы номенклатур, получаемых в результате классификации по ГОСТовским характеристикам?

Характеристика классификации картона по качественным признакам

Вид картона	Характеристика картона	Среднее значение признаков по группам				
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41	Картон для гладких слоев гофрированного картона марок K_0, K_1, K_2, K_3 (при толщине 0,35 мм)	0,44	0,25	4,7	0	77,06
42, 52, 53, 54, 55	Картон коробочный марок Г, Д; картон для гладких слоев гофрированного картона марки K_4 (при толщине 0,5 мм)	0,86	0,53	8	0	114,42
5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 31, 32, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 60, 61, 62, 63	Картон переплетный, картон строительный многослойный, картон прокладочный, картон жаккардовый, картон коллировальный, картон для гладких слоев гофрированного картона марок А, Б, В	4,35	0,73	8,9	4,275	299,99
1, 2, 3, 4, 15, 16, 17, 18, 21, 29, 30, 56, 57, 64	Картон для стереотипных матриц; пресшпан, ГОСТ 4194-68 (электроизоляционный марок А, Б толщина 1,5 мм, Г), картон обливочный водостойкий	1,45	0,88	7,5	0,535	489,6
19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 43	Картон электроизоляционный (по ГОСТу 4194-68 марок В, Б, Г), картон электроизоляционный марок ЭВС, ЭВП, ЭВТ, ЭВ, картон билетный	1,062	1,15	8,5	0	469
58, 59	Картон чемоданный	0,975	1,6	8	0	195,5

В связи с тем, что объектами исходной совокупности для получения номенклатур выступают отдельные марки, виды и сорта продуктов, описываемых в каждом ГОСТе, получаемые номенклатуры могут предназначаться для моделей нижних уровней (предприятий, районов, отрасли). Нижний предел номенклатур — это полностью детализированная номенклатура, соответствующая неукрупненной исходной совокупности. Верхняя граница — это незначительное число (от 2 до 15, в зависимости от числа ГОСТов по производству той или иной продукции) группировок самих ГОСТовских групп. Полный же перечень их рассматривается нами как своеобразная экспертная классификация, которая должна быть обязательно включена в качестве промежуточной в иерархию получаемых классификаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавель Н. М. Статистические методы и сферы их применения в системном моделировании производства. — В кн.: Проблемы экономико-статистического моделирования отдельных объектов и отраслевого звена в целом. Новосибирск, «Наука», 1976, с. 25—41.
2. Журавель Н. М. О некоторых подходах к агрегированию при системном моделировании производства. — В кн.: Проблемы экономико-статистического моделирования отдельных объектов и отраслевого звена в целом. Новосибирск, «Наука», 1976, с. 104—115.
3. Журавель Н. М., Ионин В. Г., Ионина Н. П. Использование процедур оптимизации при классификации объектов и факторов. — В кн.: Экономико-статистические модели в прогнозировании и планировании промышленного производства. Новосибирск, «Наука», 1978, с. 147—161.
4. Журавель Н. М., Ионина Н. П. О критерии минимума потерь информации в имитационном агрегировании. — В кн.: Экономико-статистические модели в прогнозировании промышленного производства. Новосибирск, «Наука», 1978, с. 127—146.
5. Приходько Р. В., Макаров А. П. Совершенствование номенклатуры планируемой продукции черной металлургии. — В кн.: Экономика черной металлургии. М., «Металлургия», 1974, с. 232—236.
6. Проценко О. Д., Соловейчик Д. И. Обеспечение пропорциональности в производстве и снабжении. — «ЭКО», 1977, № 2, с. 39—45.
7. Журавель Н. М., Журавель Ф. А. Последовательная группировка на основе качественных признаков. — В кн.: Распознавание образов и регрессионный анализ в экономических исследованиях. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 45—59.

Л. А. СЕРГЕЕВА, М. А. ЯГОЛЬНИЦЕР

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ АКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Нефтегазодобывающая промышленность занимает важное место в экономике страны: она обеспечивает основной прирост добычи топлива в топливно-энергетическом балансе. В минувшем пятилетии ежегодно топливно-энергетические ресурсы страны увеличивались на 65—70 млн. т условного топлива. При этом более половины прироста добычи и производства энергии обеспечивала нефть.

Задачи, стоящие перед нефтяниками в десятой пятилетке, четко сформулированы в решениях XXV съезда партии. Добычу нефти вместе с газовым конденсатом в 1980 г. предстоит довести до 620—640 млн. т. Будет продолжено формирование крупнейшего территориально-производственного комплекса в Западной Сибири с увеличением в 1980 г. добычи нефти до 300—310 млн. т и газа до 125—155 млрд. м³. Дальнейший быстрый рост добычи нефти в Западной Сибири «...должен обеспечиваться не только за счет новых запасов, но и за счет прогрессивных методов разработки, позволяющих увеличить темпы и полноту извлечения» [1, с. 4].

Имеются следующие пути в решении этого вопроса. Первый путь состоит в отыскании наилучших вытесняющих агентов для повышения коэффициента вытеснения и конечного коэффициента нефтеотдачи. Второй — поиск наилучших систем воздействия и отбора с целью улучшения охвата залежи нефти процессом разработки и повышения характеристик ее отбора. Третий путь использует экстраполяцию опыта разработки нефтяных месторождений ближайшей Волго-Уральской нефтеносной провинции.

Этот путь позволяет более полно учесть геолого-промысловые характеристики, однако при этом мы ограничены в наборе применяемых систем разработки (управляющих параметров) и не имеем достаточно надежного обоснования правомочности экстраполяции. Отсюда следует, что необходим комплексный подход к решению указанных проблем, так как при этом существенно снижается вероятность грубых ошибок.

В предлагаемой работе изучается комбинированный подход к анализу динамики нефтедобычи. При этом основное внимание уделяется экономико-статистическому моделированию добычи нефти на основе учета геолого-промысловых характеристик эксплуатируемых месторождений Западной Сибири (экстраполяция опыта разработки) с широким привлечением управляющих параметров, позволяющих активно управлять процессом нефтедобычи (отыскание наилучших систем воздействия и отбора).

Статистические методы анализа процесса нефтедобычи широко использовались учеными в исследовании данного процесса. Отметим работы [2—4], в которых непосредственно рассматривалась зависимость нефтеотдачи от различных геолого-промысловых или технико-технологических факторов. При этом преимущественно строились модели анализа. Цель данного исследования — построить управляемые экономико-статистические модели, учитывающие влияние комплекса природных, управляющих и временных факторов на динамику нефтедобычи.

В связи с этим возможны два методических подхода к исследованию динамики нефтедобычи с помощью экономико-статистических методов.

I. Построение имитационной модели работы программы гидродинамического расчета [5].

II. Исследование и моделирование фактической работы объектов (построение экономико-статистических моделей на фактическом материале).

В данной статье рассматривается второй подход к исследованию динамики нефтедобычи с помощью экономико-статистических моделей, которые позволят не только пассивно предсказывать поведение процесса, но и активно влиять на него.

При создании имитатора — дискретно-непрерывных моделей — сложной гидродинамической программы [5]

в качестве входных переменных имитатора (ДНМ) выступали геолого-промысловые характеристики нефтяных месторождений. Единственный параметр управления — плотность сетки скважин — использовался неявно: он косвенно учитывался при построении дискретной части модели (классы различных управлений: 9, 24, 36, 48 и 64 га).

Полученные модели позволяют, зная геолого-промысловые характеристики месторождений, указать годовой уровень добычи нефти для той или иной системы размещения и плотности сетки скважин. Однако модели такого вида являются практически неуправляемыми, поскольку почти целиком определяются геолого-промысловыми факторами. Управление такими моделями, в принципе, возможно при помощи изменения плотности сетки скважин, но это связано с огромными материальными затратами. Следовательно, использование одного управляющего параметра — плотности сетки скважин — еще не позволяет активно управлять процессом нефтедобычи.

В этой работе мы попытаемся расширить набор факторов управления процессом нефтедобычи и построить такие ДНМ, с помощью которых можно было бы активно влиять на нефтедобычу. В качестве дополнительных управляющих факторов можно использовать: число эксплуатационных скважин, число нагнетательных скважин, интенсивность воздействия на пласт, объем закачиваемой жидкости и т. п. Эти факторы отражают объективные особенности технологии разработки залежи, могут количественно измеряться и систематически регистрироваться в обычной отчетности управлений, их можно регулировать. Кроме того, на наш взгляд, геолого-промысловые характеристики будут оказывать существенную роль на добычу только в первые годы эксплуатации месторождений, в дальнейшем их роль уменьшится и резко возрастет роль факторов управления.

Построение ДНМ будем проводить следующим образом: дискретную часть модели (классификацию) формируем исходя из геолого-промысловых факторов. В результате будут выделены пласты примерно с одинаковыми геологическими характеристиками, что позволит также максимально объединить многопластовые месторождения в один объект эксплуатации. Последнее замечание является также одним из основных требований к созданию

совершенных систем проектирования нефтяных месторождений [1]. Далее, при оценке непрерывной части модели внутри выделенных по геолого-промысловым характеристикам классов строится линейная модель годового объема добычи нефти от факторов управления, а также от тех геолого-промысловых факторов, которые в определенной степени связаны с факторами управления.

Объектом изучения при моделировании фактической динамики нефтедобычи выступала совокупность 15 действующих месторождений Западно-Сибирской нефтегазонамной провинции. Ниже представлен набор исследуемых характеристик, который подразделен на 2 основных вида — геолого-промысловые и технико-технологические характеристики:

Геолого-промысловые характеристики

Нефтенасыщенная мощность, м	x_1
Проницаемость, дарси	x_2
Коэффициент продуктивности, т·см ² /кгс·сут	x_3
Вязкость нефти, спз	x_4
Относительная вязкость, б/р	x_5
Давление насыщения, кгс/см ²	x_6
Газовый фактор, м ³ /т	x_7
Коэффициент расчлененности, б/р	x_8
» песчанности »	x_9
Средняя эффективная мощность, м	x_{10}

Технико-технологические характеристики

Фонд эксплуатационных скважин, шт.	x_{11}
» нагнетательных »	x_{12}
Закачка воды, тыс. м ³	x_{13}
Добыча нефти, тыс. т	x_{14}
Темп добычи, б/р	x_{15}
Плотность сетки скважин, га	x_{16}
Интенсивность воздействия на залежь, б/р	x_{17}

Моделировалась зависимость показателя годовой добычи нефти от перечисленного набора факторов за 1, 2, 5-й годы работы нефтяного месторождения с момента его пуска в эксплуатацию.

Этапу непосредственного построения моделей предшествовал этап изучения взаимосвязей выделенных характеристик и выбора из них наиболее существенных, а также исследования совокупности месторождений на однородность. В результате предварительного просмотра

Таблица 1

Группы связанных факторов (1-й год)

Показатель	Коэффициент корреляции					
	x_1	x_6	x_8	x_5	x_7	x_{14}
x_1	1	0,75	0,70	0,12	0,03	-0,09
x_6		1	0,88	-0,34	0,42	-0,27
x_8			1	-0,26	0,38	-0,43
x_5				1	-0,95	0,22
x_7					1	-0,30
x_{14}						1

были исключены дублирующие факторы (x_4 и x_{10}). Так как x_4 — вязкость нефти — функционально связана с относительной вязкостью x_5 , а x_{10} — средняя эффективная мощность — с нефтенасыщенной мощностью x_1 , это позволило исключить их из дальнейшего рассмотрения. Оставшийся набор факторов был исследован при помощи методов корреляционно-регрессионного анализа.

Для выбора наиболее значимых факторов нефтедобычи анализировались матрицы их парных взаимосвязей соответственно за 1, 2 и 5-й годы эксплуатации месторождений.

Анализ матрицы связей для 1-го года позволил выделить следующие две группы наиболее взаимосвязанных факторов ($r_{ij} \geq 0,8$): x_1 , x_6 , x_8 и x_5 , x_7 . В табл. 1 эти группы выделены контурами.

В модель необходимо включить по одному представителю от каждой группы. Из первой группы можно взять x_8 , поскольку он наиболее тесно связан с функцией x_{14} ($r_{8,14} = -0,43$). А из второго набора в модель могут быть включены либо x_5 , либо x_7 , так как их связь с функцией x_{14} примерно одинакова. Окончательный выбор фактора (x_5 или x_7) при построении модели проводится путем сравнительного анализа его связи с остальными включенными в модель факторами.

Анализ матрицы связей для 2-го года эксплуатации нефтяных месторождений, позволил выделить три группы взаимосвязанных факторов: x_1 , x_6 , x_8 ; x_2 , x_5 , x_7 ; x_{11} , x_{12} , x_{16} , x_{17} (табл. 2). Сопоставление данных табл. 1 и 2 показало, что к двум комплексам природных факторов, вы-

Таблица 2

Группа связанных факторов (2-й год)

Показатель	Коэффициент корреляции													
	x_1	x_6	x_8	x_2	x_5	x_7	x_{11}	x_{12}	x_{16}	x_{17}	x_{14}			
x_1	1	0,79	0,81	0,29	0,05	0,14	-0,41	-0,29	-0,17	-0,35	-0,07			
x_6		1	0,94	0,07	0,30	0,41	-0,32	-0,43	-0,02	-0,36	-0,24			
x_8			1	-0,06	-0,18	0,33	-0,40	-0,48	-0,13	-0,41	-0,41			
x_2				1	0,77	-0,84	-0,71	-0,28	0,14	-0,62	0,09			
x_5					1	-0,93	-0,40	-0,07	-0,10	-0,31	-0,40			
x_7						1	0,52	0,13	-0,11	-0,43	-0,04			
x_{11}							1	0,73	-0,47	0,97	-0,13			
x_{12}								1	-0,57	0,82	-0,18			
x_{16}									1	-0,62	0,69			
x_{17}										1	-0,18			
x_{14}											1			

Таблица 3

Группа связанных факторов (5-й год)								
Показатель	Коэффициент корреляции							
	x_1	x_8	x_5	x_7	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
x_1	1	0,76	0,08	0,29	0,23	0,27	0,53	0,48
x_8		1	0,33	0,45	0,24	0,11	0,57	0,54
x_5			1	-0,89	-0,40	-0,24	-0,29	-0,32
x_7				1	0,68	0,43	-0,41	0,37
x_{11}					1	0,81	0,56	0,52
x_{12}						1	0,71	0,67
x_{13}							1	0,96
x_{14}								1

деленных для 1-го года эксплуатации, добавляется на 2-й год еще комплекс из факторов управления: фонд эксплуатационных скважин x_{11} ; фонд нагнетательных скважин x_{12} ; плотность сетки скважин x_{16} ; интенсивность воздействия на залежь x_{17} . Причем из этих трех комплексов при построении модели должны быть исключены факторы x_1 , x_8 , x_7 и x_{11} , как наименее связанные с моделируемым показателем. Оставшиеся факторы могут в различных сочетаниях вводиться в модель.

Анализ матрицы связей факторов для 5-го года позволил выделить четыре группы тесно связанных факторов: x_1 , x_8 ; x_5 , x_7 ; x_{11} , x_{12} ; x_{13} , x_{14} (табл. 3). Факторы — представители из выделенных контуров для модели данного года эксплуатации месторождений — выбирались точно так же, как и для рассмотренных матриц. Для дальнейшего анализа из каждого контура были отобраны факторы x_8 , x_5 или x_7 ; x_{12} , x_{14} (табл. 4).

Анализ исследуемых месторождений на однородность позволил выделить из них уникальные по среднегодовому дебиту нефти: месторождения с очень высокими и очень низкими дебитами. Включение этих месторождений в моделируемую совокупность вызывает увеличение неадекватности построенной модели, поэтому динамика добычи нефти на этих месторождениях должна анализироваться другими методами.

Таблица 4

Набор факторов для моделирования		
Фактор	Обозначение	Год включения в модель
Проницаемость	x_2	1, 2, 5-й
Коэффициент продуктивности	x_3	То же
Относительная вязкость	x_5	»
Давление насыщения	x_6	2-й, 5-й
Газовый фактор	x_7	1-й, 5-й
Коэффициент расчлененности	x_8	1, 2, 5-й
» песчанности	x_9	То же
Фонд нагнетательных скважин	x_{12}	2-й, 5-й
Добыча нефти	x_{14}	1, 2, 5-й
Плотность сетки скважин	x_{16}	То же
Интенсивность воздействия на залежь	x_{17}	2-й, 5-й

Для каждого исследуемого года были сформированы однородные подсовокупности объектов по комплексу моделируемых показателей:

	1-й год	2-й год	5-й год
Объем выборки, шт.	11	8	14

Исходя из того, что объем подсовокупностей незначителен, а количество факторов велико, необходимо включить в модель такое число факторов, чтобы получить достаточно устойчивые оценки параметров модели. Так, при построении моделей для 1-го года эксплуатации нефтяных месторождений был сформирован максимальный набор из четырех факторов. В качестве геолого-промысловых факторов были включены в набор в различных комбинациях проницаемость x_2 , относительная вязкость x_5 , газовый фактор x_7 , коэффициент расчлененности x_8 и коэффициент песчанности x_9 , а в качестве факторов управления для 1-го года эксплуатации месторождений — плотность сетки скважин x_{16} . По максимальному набору факторов были построены три модели нефтедобычи (табл. 5). Анализ этих моделей позволил выбрать из них

Таблица 5

Модели нефтедобычи 1-го года эксплуатации

Вариант	Набор факторов	R^2	$\bar{S}^2$	F	a_0	Коэффициент регрессии для факторов*							
						x_2	x_3	x_4	x_7	x_8	x_9	x_{16}	
I	x_2, x_5, x_9, x_{16}	0,616	606,3	2,41	-44,57	0,614 88,800	—	—	—	-0,367 -5,644	-0,095 -17,860	0,300 1,737	
II	x_2, x_7, x_8, x_{16}	0,655	545,7	2,84	-98,71	0,690 99,710	—	—	0,264 0,396	-0,411 -6,315	—	0,350 2,030	
III	x_2, x_3, x_8, x_{16}	0,632	582,0	2,57	-52,98	0,639 92,410	—	-0,165 -1,644	—	-0,366 -5,629	—	0,309 1,891	
IV	x_2, x_3, x_8	0,541	622,2	2,75	29,26	0,636 91,980	—	-0,130 -1,292	—	-0,414 -6,357	—	—	
V	x_2, x_7, x_8	0,544	617,6	2,78	7,35	0,656 94,780	—	—	0,157 0,236	-0,437 -6,720	—	—	
VI	x_2, x_8	0,527	560,3	4,46	23,74	0,589 85,120	—	—	—	-0,383 -5,890	—	—	
VII	x_2, x_8, x_{16}	0,610	527,9	3,65	-55,78	0,579 83,75	—	—	—	-0,330 -5,070	—	0,293 1,700	

* Первая цифра — данные в стандартизованном масштабе (β), вторая — в натуральном (b).

наилучшую, которая описывала зависимость добычи нефти в 1-м году эксплуатации месторождений от проницаемости, газового фактора, коэффициента расчлененности и плотности сетки.

Для оценки влияния на моделируемый показатель отдельно геолого-промысловых факторов были построены три модели, приведенные в табл. 5 (IV, V, VI). Эти модели включали следующие наборы геолого-промысловых факторов: x_2, x_5, x_8 ; x_2, x_7, x_8 ; x_2, x_8 . Можно заметить, что почти все они равнозначны по своей адекватности (коэффициенты детерминации равны соответственно 0,54; 0,544; 0,527). Вместе с тем последняя из них включает меньшее количество факторов, поэтому ею можно пользоваться без существенных потерь точности. К этому набору геолого-промысловых факторов был добавлен фактор управления x_{16} и построена окончательная модель для 1-го года нефтедобычи (см. табл. 5, VII).

Анализируя модели нефтедобычи 1-го года эксплуатации нефтяных месторождений, можно отметить, что наибольшее влияние на добычу нефти в этом году оказывают геолого-промысловые факторы, а из них особенно проницаемость ($\beta_{x_2} = 0,58$, $\beta_{x_8} = 0,33$). Такое заключение не противоречит действительности. Опыт эксплуатации большинства нефтяных месторождений показывает, что преобладающая доля в добыче нефти на 1-й год принадлежит фонтанному способу добычи, т. е. основная роль в определении объема добычи приходится на геолого-промысловые факторы.

Для выбора модели, наиболее адекватной нефтедобыче 2-го года эксплуатации месторождений, первоначально была построена модель, включающая набор из пяти факторов — $x_5, x_8, x_9, x_{12}, x_{16}$ (табл. 6). Анализ влияния факторов на моделируемый показатель позволил исключить из данного набора фактор относительной вязкости x_5 ($\beta_{x_5} = 0,03$). Построенная модель оказалась адекватной предыдущей ($R^2 = 0,62$). Затем анализировалось влияние на нефтедобычу факторов управления (x_{12}, x_{16}, x_{17}) в сочетании с наиболее значимыми геолого-промысловыми факторами (см. табл. 6, II, III). Установлено, что более всего на нефтедобычу влияет плотность сетки скважин x_{16} ($\beta_{x_{12}} = 0,01$; $\beta_{x_{16}} = 0,79$; $\beta_{x_{17}} = 0,22$).

Дальнейшее исследование было направлено на выявление влияния на моделируемый показатель геолого-про-

мысловых факторов (см. табл. 6, IV и V) и факторов управления (вариант VI). Анализ этих моделей привел к важному выводу о значительном влиянии на 2-м году эксплуатации месторождений факторов управления и уменьшении влияния геолого-промысловых факторов на нефтедобычу по сравнению с 1-м годом эксплуатации (для 1-го года $\beta_{x_2}^1 = 0,58$; $\beta_{x_{16}}^1 = 0,29$ и соответственно для 2-го года $\beta_{x_2}^2 = 0,03$, $\beta_{x_{16}}^2 = 0,65$). Этот результат позволяет надеяться, что в последующие годы эксплуатации добыча нефти на месторождениях будет определяться в основном управляющими факторами и теми геолого-промысловыми характеристиками, которые связаны с факторами управления, например перепадом давления, давлением насыщения и т. п. Все это создает возможность строить активные (управляемые) модели формирования вариантов нефтедобычи с выбором оптимальных вариантов.

Максимальный набор факторов для моделей нефтедобычи 5-го года эксплуатации включал в себя шесть факторов (табл. 7). Анализ коэффициентов значимости уравнения регрессии позволил сократить этот набор до четырех факторов (см. табл. 7, II и III) без существенной потери адекватности модели ($R_1^2 = 0,93$; $R_2^2 = 0,86$, $R_3^2 = 0,86$). Как и в предыдущих случаях, для 1-го и 2-го годов (см. табл. 5 и 6) был проведен анализ влияния отдельно геолого-промысловых характеристик (см. табл. 7, IV, V, VI) и факторов управления (варианты VII, VIII) на нефтедобычу. Рассмотрение моделей, включающих только геолого-промысловые факторы, показало, что из пяти анализируемых факторов (x_2, x_5, x_6, x_7, x_8) несколько большее влияние на нефтедобычу оказывает x_2 . Вместе с тем рассмотренные наборы различных сочетаний указанных факторов позволяют получить модели, примерно одинаково описывающие реальные изменения нефтедобычи ($R_1^2 = 0,67$; $R_5^2 = 0,67$, $R_6^2 = 0,68$).

Из факторов управления анализировались следующие: фонд нагнетательных скважин, плотность сетки скважин и интенсивность воздействия на залежь. Сопоставительный анализ этих моделей с моделями, включающими факторы управления, для 2-го года эксплуатации показал, что влияние некоторых факторов, в частности плотности сетки скважин, заметно уменьшилось (с 0,9 во 2-м году

Таблица 6

Модели нефтедобычи для 2-го года эксплуатации

Вариант	Набор факторов	R^2	$\bar{S}^2$	F	a_0	Коэффициенты регрессии для факторов						
						x_2	x_5	x_6	x_7	x_8	x_{12}	x_{16}
I	$x_5, x_8, x_9, x_{12}, x_{16}$	0,662	4082,2	0,658	148,73		-0,032 -0,645	-0,274 -6,781	0,488 112,200	-0,024 -0,663	0,622 5,955	
II	x_8, x_9, x_{12}, x_{16}	0,621	2726,9	1,230	164,47			-0,254 -6,300	0,499 118,600	-0,005 -0,159	0,636 6,084	
III	x_8, x_9, x_{16}, x_{17}	0,640	2590,7	1,330	-248,74			-0,439 -3,451	0,201 119,910		0,792 7,575	0,224 2,703
IV	x_2, x_8, x_9	0,252	4038,7	0,449	45,98	0,480 53,360		-0,307 -7,607	0,290 173,240			
V	x_8, x_9	0,221	3363,1	0,711	92,32			-0,315 -7,797	0,244 146,000			0,937 8,964
VI	x_{16}, x_{17}	0,577	1827,0	3,411	-236,87							0,393 4,741
VII	x_8, x_{16}, x_{17}	0,607	2123,8	2,057	-153,33			-0,223 -5,511				0,800 7,653
VIII	x_9, x_{16}, x_{17}	0,630	1998,8	2,269	-312,88			-0,333 -8,240	0,238 142,000			0,866 8,292
IX	x_2, x_8, x_{16}	0,589	2216,7	1,915	-76,01	0,026 7,643						0,948 6,198

Модели нефтедобычи для

Вариант	Набор факторов	R^2	S^2	F	a_0	Коэффици-
						x_2
I	$x_2, x_3, x_6, x_7, x_8, x_{12}$	0,925	295550,5	14,44	7118,0	0,416 2942,9
II	x_2, x_5, x_8, x_{12}	0,861	426243,3	13,98	-1126,9	0,517 3654,3
III	x_2, x_5, x_8, x_{12}	0,858	437684,2	13,56	-6283,8	0,385 2722,7
IV	x_2, x_7, x_8	0,671	909071,0	6,813	-2907,5	0,680 4810,3
V	x_2, x_5, x_8	0,665	925792,3	6,630	112,02	0,666 4711,9
VI	x_2, x_5, x_8	0,677	892818,1	6,998	-5551,5	0,519 3670,86
VII	x_{12}, x_{16}	0,446	1394288,1	4,423	930,4	
VIII	x_{16}, x_{17}	0,134	2177594,6	0,854	6236,7	
IX	x_2, x_8, x_{12}	0,809	525949,7	14,2	-1813,8	0,388 2745,6
X	x_2, x_6, x_{12}	0,811	522894,2	14,31	-7623,3	0,247 1744,4
XI	x_6, x_{12}	0,751	625153,9	16,63	-7284,5	
XII	x_8, x_{12}	0,668	834771,7	11,07	-789,4	

5-го года эксплуатации

коэффициент регрессии для факторов

x_3	x_5	x_6	x_7	x_8	x_{12}	x_{13}	x_{17}
0,021 8,291		0,382 56,502	0,202 12,242	0,289 207,02	0,412 68,768		
	-0,281 -138,32			0,493 352,9	0,476 79,38		
	-0,269 -132,480	0,488 72,28			0,458 76,32		
			0,494 29,88	0,448 320,54			
	-0,455 -224,1			0,514 368,03			
	-0,430 -211,63	0,525 77,760					
					0,655 109,21	-0,037 -8,955	
						-0,259 -61,80	-0,271 -197,2
				0,555 396,860	0,553 92,300		
		0,551 81,65			0,528 88,110		
		0,564 83,55			0,560 93,37		
				0,476 340,5	0,615 102,6		

до 0,04 в 5-м). Вместе с тем влияние других управляющих факторов возросло. При этом следует отметить, что из всего набора факторов управления для 5-го года эксплуатации нефтяных месторождений наибольшее влияние на добычу нефти оказывает фонд нагнетательных скважин x_{12} ($\beta_{x_{12}} = 0,65$). Это подтверждает, что для нефтяных месторождений Западной Сибири характерно применение интенсивных систем поддержания пластового давления. Однако по сравнению с моделями, включающими только факторы управления для 2-го года, аналогичные модели 5-го года менее точны (коэффициенты детерминации для

моделей 2-го года равны 0,6 а для 5-го года меняются от 0,1 до 0,5). Это дает возможность предположить, что перераспределение роли факторов управления в оценке уровней нефтедобычи влечет за собой изменение и роли геолого-промысловых факторов, связанных с этими факторами управления. Для подтверждения этого предположения были построены модели, включающие наиболее значимый фактор управления (фонд нагнетательных скважин) и геолого-промысловые факторы: проницаемость x_2 , давление насыщения, коэффициент расчлененности (см. табл. 7, IX—XII).

Анализ полученных моделей показал, что использование комбинированного набора из трех факторов существенно увеличивает адекватность моделей (коэффициент детерминации возрастает с 0,45 до 0,81). Кроме того, из геолого-промысловых факторов можно исключить без существенной потери точности модели проникаемость (x_2).

В результате приходим к сокращенным двухфакторным моделям, включающим один из геолого-промысловых факторов: или давление насыщения, или коэффициент расчлененности и фактор управления — фонд нагнетательных скважин x_{12} (см. табл. 7, XI, XII). В качестве модели нефтедобычи для 5-го года эксплуатации нефтяных месторождений можно рекомендовать вариант XI (см. табл. 7), который характеризуется набором x_6 и x_{12} ($R^2 = 0,75$).

Структура окончательно выбранной модели нефтедобычи для 5-го года эксплуатации месторождений еще раз подтверждает высказанное ранее предположение об определяющем влиянии на добычу нефти в последующие годы эксплуатации факторов управления и тех геолого-промысловых факторов, которые в той или иной мере связаны с управлением.

Итак, в результате анализа вариантов моделей нефтедобычи для некоторых периодов эксплуатации можно сделать вывод о том, что наиболее перспективными для целей формирования вариантов развития действующих месторождений являются дискретно-непрерывные многофакторные экономико-статистические модели. Эти модели позволяют отразить изменения динамики добычи нефти не только от временного фактора, но и от набора характеристик геологии, технологии и организации производства. С их помощью можно не только пассивно анализировать (исследовать) динамику добычи нефти на месторождении, но и активно управлять этим процессом, выбирая оптимальную стратегию развития.

В дальнейшем можно попытаться поставить задачу оптимального управления процессом нефтедобычи на месторождении. Возможна также постановка более широкой задачи — оптимальное управление процессом нефтедобычи на уровне района, отрасли, народного хозяйства в целом. В этой задаче модель нефтедобычи на место-

рождении может выступать в качестве нижнего уровня системы взаимосвязанных моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Совершенствование систем разработки нефтяных месторождений Западной Сибири. Свердловск, Средне-Уральское кн. изд-во, 1975. 176 с.
2. Борисов Ю. П., Войнов В. В., Рябинина З. К. Особенности проектирования разработки нефтяных месторождений с учетом их неоднородности. М., «Недра», 1976. 286 с.
3. Вороновский В. Р., Максимов М. М. Система обработки информации при разработке нефтяных месторождений. М., «Недра», 1975. 231 с.
4. Пермяков И. Г. Экспресс-метод расчета технологических показателей разработки нефтяных месторождений. М., «Недра», 1975. 128 с.
5. Берсенева Г. Т., Сазонова Т. Р., Сергеева Л. А., Ягольницер М. А. Имитационное моделирование динамики нефтедобычи (на примере Западной Сибири). — В кн.: Экономико-статистические модели в прогнозировании и планировании промышленного производства. Новосибирск, «Наука», 1978. 207 с.

М. Л. ЛУКАЦКАЯ, О. Г. АНТИПОВА

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛЕСПРОМХОЗОВ КАК ЭЛЕМЕНТ МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ

При оптимизации развития лесопромышленного комплекса (ЛПК) целесообразно представить его в виде двухуровневой системы моделей, на верхнем уровне которой формируется модель отрасли, а на нижнем — модели отдельных производств ЛПК (лесозаготовок, лесопереработки, лесного хозяйства и т. д.).

Система может включать модели различных типов. Так, модель лесоперерабатывающего производства удобно рассматривать как стандартную линейно-программную. А для лесозаготовительного производства оправдало себя построение оптимизационных экономико-статистических моделей (оптимизационных ЭСМ). Использование статистических связей позволяет дать более полное описание моделируемых объектов за счет отражения в модели гораздо большего числа факторов, в том числе качественных, характеризующих особенности их производственно-хозяйственной деятельности. (В данном случае проводилось построение оптимизационной динамической дискретно-непрерывной экономико-статистической модели лесозаготовительного производства Красноярского края.)

Использование ЭСМ лесозаготовительного производства как моделей нижнего уровня в двухуровневой системе оптимизации лесопромышленного комплекса предъявляет к ним определенные требования, обуславливающие применение того или иного метода построения.

Прежде всего должна быть обеспечена общность моделируемых показателей с переменными отраслевой мо-

дели, что позволяет включить ЭСМ в используемую схему координации и обеспечить соответствующий обмен информацией. Обычно модель отрасли представляет собой линейно-программную модель, которая учитывает ограничения по общим ресурсам системы — основным производственным фондам и труду, а также плановое задание по выпуску продукции. Этим объясняется выбор в качестве предопределенных переменных ЭСМ следующих четырех показателей производственно-хозяйственной деятельности леспромхозов (ЛПХ): объем основных производственных фондов, численность промышленно-производственного персонала, годовой объем производства, удельная себестоимость продукции.

Необходимо также учитывать особенности функционирования других звеньев ЛПК. Если при локальной оптимизации отрасли лесозаготовок задача ставилась таким образом, что в результате ее решения необходимо было определить плановое задание в общем объеме заготавливаемой древесины (вал) с минимальными затратами, то сейчас такой результат является уже недостаточным. Существенной задачей оптимизации ЛПК становится эффективная заготовка каждой из имеющихся пород древесины в объеме, необходимом для удовлетворения потребностей звена лесопереработки, так как породный состав имеющегося сырья обуславливает и выбор технологии для его переработки, и набор конечных продуктов, которые можно из него произвести.

Поэтому в ЭСМ лесозаготовительного производства необходимо учитывать породный состав заготавливаемой древесины. В предшествующих исследованиях при построении ЭСМ функционирования леспромхозов породный состав принимался во внимание, но лишь как *входной* показатель, влияющий на формирование общего объема заготовок, их себестоимости и других результирующих показателей. При наличии же в данной системе блока деревопереработки необходимо учитывать этот фактор на *выходе*. В связи с тем, что существующая практика отчетности ЛПХ об их производственно-хозяйственной деятельности не позволяет собрать необходимую информацию об объемах заготавливаемой древесины по породам, непосредственное статистическое моделирование этого показателя как результирующего пока не представляется возможным.

Характеристика устойчивости группировки

ЛПХ	I этап			II этап			III этап			Всего
	1 гр. (С+Е)	2 гр. (П+К)	3 гр.	1 гр. (С+Е)	2 гр. (П+К)	3 гр.	1 гр. (С+Е)	2 гр. (П+К)	3 гр.	
Общее количество	11	7	4	8	6	4	4	6	7	52
Устойчивые	9	6	3	7	3	2	4	6	7	47

В работе делается попытка учесть влияние породного состава косвенным образом, применив метод дискретно-непрерывного моделирования. Процесс построения дискретно-непрерывных моделей делится на две части: выделение однородных совокупностей объектов и построение для каждой из них систем регрессионных уравнений по результирующим показателям [1, 2].

Предыдущими исследованиями [1, 3] была установлена этапность функционирования лесозаготовительного предприятия, и поэтому при статистическом моделировании лесозаготовительного производства целесообразно разбить исходную совокупность ЛПХ на три класса, соответствующих их уровню развития. Это существенно повышает однородность выборки и позволяет для каждого этапа строить более адекватные ЭСМ леспромхозов и использовать их для любого конкретного леспромхоза; границы изменения факторов при этом определяются исходя из производственных характеристик данного предприятия.

Особенность построения ЭСМ лесозаготовительного производства заключается в том, что ЛПХ классифицируются не только по трем этапам развития, но и по породному составу имеющейся сырьевой базы. Это позволит в дальнейшем учесть косвенным образом породный состав на выходе.

В исходной информации породный состав для каждого ЛПХ представлен формулой, где указывается доля каждой из семи пород (сосны, кедра, ели, пихты, лиственницы, березы, осины). Вместе они составляли 10 частей. В силу близости технологических параметров разделки некоторых видов сырья, а также дифференциации технико-экономических показателей, характеризующих собственно процесс лесозаготовки, решено было сгруппировать эти породы по трем укрупненным группам: первая — сосна + ель; вторая — пихта + кедр; третья — береза + осина + лиственница.

В соответствии с этим изменились и формулы породного состава. На основании такого модифицированного породного состава проводилась статистическая группировка ЛПХ, после чего решалась задача таксономии, которая в основном подтвердила результаты первоначальной группировки. Окончательная классификация по породному составу содержала три класса; в первый вошли ЛПХ, основное место в которых занимают сосна и ель

(С + Е), во второй — ЛПХ, в которых наибольшее значение имеют пихта и кедр (П + К) третий класс был представлен ЛПХ с более или менее равномерным составом пород. Таким образом, было сформировано 9 классов леспромхозов, различающихся по уровню развития и породному составу лесосырьевой базы.

Исходной информацией для статистического моделирования служили данные, характеризующие деятельность 58 леспромхозов Красноярского края за 7 лет. Так как эту и без того немногочисленную совокупность необходимо было разбить еще на несколько более мелких групп, для построения ЭСМ применялся метод «заводо-лет», когда каждое предприятие выступает в качестве самостоятельного наблюдения несколько раз (по числу лет рассматриваемого периода). Правомочность использования этого метода обеспечивается в данном случае тем, что в результате проводимой классификации и по этапам, и по породному составу он применяется для сравнительно однородных совокупностей объектов.

Группировка по породам исследовалась на устойчивость во времени. Устойчивыми считались те ЛПХ, которые по данным за весь период были объединены в один класс; учитывались лишь те предприятия, для которых имелась информация хотя бы по трем годам (их было 52 из 58). Из табл. 1 видно, что 47 ЛПХ на протяжении всего учитываемого для них периода входят в один и тот же класс, и лишь 5 переходят из группы в группу. Причем большинство из них переходит из группы с лучшим породным составом в группу с худшими породами, что вполне объяснимо с точки зрения динамики функционирования лесозаготовительных предприятий. Характерно, что среди леспромхозов, находящихся на третьем этапе

развития, переходов не наблюдается, т. е. породный состав сырьевой базы ЛПХ, заканчивающих свое функционирование, практически не меняется.

Для каждой из 9 полученных групп леспромхозов строилась система регрессионных уравнений по выше-названным четырем показателям, характеризующим деятельность ЛПХ.

При построении ЭСМ возникает затруднение, какие факторы следует учитывать в модели. Поскольку этот вопрос довольно широко освещался в литературе [4, 5], в данной работе подробно не рассматривается. Набор факторов, полученный в результате предшествующих исследований, дополнен нами факторами, учитывающими специфику конструируемых экономико-статистических моделей (более подробное представление породного состава, товарность насаждений и т. п.).

Была построена динамическая модель. Динамика развития ЛПХ учитывалась несколькими способами. Во-первых, она учитывалась уже тем, что объекты группировались по этапам функционирования. Во-вторых, динамику в модели непосредственно отражают два фактора — календарное время и возраст предприятия (год основания ЛПХ). В-третьих, часть результирующих показателей была включена в число независимых переменных с лагом в один год.

Окончательный набор учитываемых показателей и факторов деятельности леспромхозов выглядел следующим образом:

- X_1 — основные производственные фонды;
- X_2 — численность промышленно-производственного персонала;
- X_3 — годовой объем производства;
- X_4 — себестоимость кубометра древесины;

породный состав:

- X_5 — для сосны и ели,
- X_6 — для пихты и кедра,
- X_7 — для березы, осины и лиственницы;
- X_8 — средний объем хлыста;
- X_9 — среднее расстояние вывозки;

пункт примыкания:

- X_{10} — процент вывозки по железной дороге;
- X_{11} — процент поступлений к потребителям;

- X_{12} — товарность насаждений;
- X_{13} — износ основных фондов;
- X_{14} — календарное время;
- X_{15} — фондовооруженность;
- X_{16} — фондоемкость;
- X_{17} — объем производства в предшествующем году;
- X_{18} — основные фонды в предшествующем году;
- X_{19} — численность занятых в предшествующем году;
- X_{20} — год основания леспромхоза.

Лучшие показатели и лучшие условия производства (табл. 2) имеют ЛПХ, у которых в составе преобладает первая группа пород (сосна, ель). Они имеют наибольший объем хлыста, самую высокую товарность насаждений на всех этапах. Поэтому при приблизительно тех же, что и в других ЛПХ, объемах производственных ресурсов (труда и фондов) эти предприятия заготавливают значительно больше древесины с более низкой себестоимостью.

Сравнивая значения лаговых переменных в табл. 2, можно видеть их динамику на каждом этапе. Так, на I этапе по всем группам предприятий основные фонды, численность занятых и объем производства в предшествующем году в среднем меньше соответствующих величин, взятых без лага. На II этапе они приблизительно одинаковы, а на III наблюдается обратная картина. Это также подтверждает этапность развития ЛПХ. Нетрудно заметить, что все эти четыре результирующих показателя тесно связаны между собой, причем эта связь не ограничивается лишь пересекающимися наборами влияющих на них факторов, но имеет и непосредственный характер. Так, формирование основных промышленно-производственных фондов предприятия и определение численности его рабочих происходит в тесной зависимости друг от друга и от масштаба предприятия; в свою очередь, от величины этих двух показателей зависит объем производства и, наконец, от всех трех — удельная себестоимость. Таким образом, выбранные нами выходные показатели представляют собой взаимозависимые переменные.

В подобных случаях экономико-статистическая модель должна быть представлена в виде системы структурных уравнений. Применение обычного метода наименьших квадратов для оценивания коэффициентов регрессии в системе структурных уравнений приводит к несостоятельным и смещенным оценкам. Для оценки параметров

Таблица 2

Средние значения показателей и факторов производства

Показатели и факторы	I этап			II этап			III этап		
	1 гр.	2 гр.	3 гр.	1 гр.	2 гр.	3 гр.	1 гр.	2 гр.	3 гр.
X ₁	2283	3143	2545	2526	2479	2381	2777	2225	2610
X ₂	478	542	741	868	746	741	825	658	821
X ₃	313,1	190,1	260,7	362,8	244,0	298,3	333,7	211,8	294,3
X ₄	6,6	10,3	10,0	6,9	8,5	9,0	6,9	9,1	8,1
X ₅	8,5	1,9	4,2	7,8	1,2	4,7	8,1	1,14	3,4
X ₆	0,2	7,3	3,8	0,7	7,9	3,4	0,5	7,3	3,8
X ₇	1,3	0,8	2,0	1,5	0,9	1,9	1,0	1,5	2,8
X ₈	0,78	0,49	0,51	0,88	0,53	0,51	0,81	0,50	0,56
X ₉	35,0	31,6	62,8	41,6	41,2	64,5	29,7	39,4	32,6
X ₁₀	1,4	62,3	43,6	16,8	41,3	25,2	0,07	26,8	23,1
X ₁₁	20,6	62,0	46,9	22,8	36,1	45,2	22,0	22,7	25,7
X ₁₂	84,9	81,8	83,1	83,1	82,5	88,9	85,9	79,6	79,3
X ₁₃	15,0	14,1	11,8	12,8	13,1	11,2	10,4	15,1	18,0
X ₁₄	4,6	4,7	4,5	3,9	4,2	4,0	4,0	3,9	3,7
X ₁₅	5,6	5,2	3,5	3,1	3,4	3,4	3,7	3,4	3,19
X ₁₆	8,1	15,1	10,6	7,2	10,7	8,1	8,6	11,1	8,9
X ₁₇	275,0	160,0	233,1	367,8	248,3	289,1	329,3	225,2	303,7
X ₁₈	1882	2690	2222	2559	2571	2298	2794	2235	2596
X ₁₉	435	468	677	922	771	768	913	688	846
X ₂₀	63,8	64,4	63,7	53,3	52,3	55,3	35,8	37,5	34,8
Количество наблюдений	50	36	24	52	30	23	28	44	41

таких моделей разработан ряд методов и соответствующих вычислительных программ: двухшаговый метод наименьших квадратов для оценки одного структурного уравнения в системе; трехшаговый метод наименьших квадратов в случае совместного оценивания систем структурных уравнений [6, 7].

Выявление структуры каждого строящегося уравнения модели, т. е. отбор аргументов, существенно влияющих на функции, для каждого уравнения проводилось с помощью критерия Стьюдента (t -критерия): аргумент признавался значимым, если отношение стандартизованного коэффициента регрессии к его среднеквадратическому отклонению превышало табличное значение $t_{n-p-1, \alpha}$ (n — число наблюдений в выборке, p — число аргументов в модели, α — вероятность ошибки или уровень значимости). Попутно проводился анализ матрицы парных коэффициентов корреляции, чтобы исключить одновременное попадание в модель мультиколлинеарных факторов (в качестве порога бралось 0,8).

Анализ выявленной таким методом структуры моделей показывает, что, во-первых, все модели предстают в форме рекурсивных систем и, во-вторых, разному классу ЛПХ соответствует различный набор аргументов, т. е. каждая из девяти построенных моделей характеризуется своей индивидуальной структурой.

Непосредственное оценивание коэффициентов уравнений системы проводилось трехшаговым методом наименьших квадратов по программе [7]. Она позволила получить для каждого уравнения:

d — коэффициент Дарбина — Уотсона, с помощью которого можно распознать наличие автокорреляции и судить о правильности выбора формы модели и ее структуры (при отсутствии автокорреляции $d \approx 2$);

R — оценку множественного коэффициента корреляции;

b_i — оценки параметров в натуральном масштабе;

σ_{b_i} — стандартные ошибки этих оценок.

На основании отношения b_i/σ_{b_i} повторно проверялись на значимость введенные в модель факторы, так как структура моделей, выявленная с помощью критерия Стьюдента, на самом деле может быть не совсем точной. Действительно, понадобилась некоторая перестройка — часть аргументов, признанных ранее значимыми, из модели исключена, но, в свою очередь, введены некоторые из первоначально отсеянных факторов (последнее проводилось в основном для уравнений с невысоким множественным коэффициентом корреляции).

Проиллюстрируем рассмотренный процесс построения ЭСМ на примере лесозаготовительных предприятий II этапа второй группы (с преобладанием в породном составе

Таблица 3

Оценки коэффициентов регрессии и их среднеквадратических отклонений

Функция Аргумент	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	—	1,13(0,16)*	0,8(0,46)*	0,4(0,55)
X_2	0,72(0,4)**	—	—	—
X_3	0,27(0,15)**	—0,26(0,2)	—0,54(0,23)**	0,27(0,15)*
X_4	0,12(0,16)	—0,18(0,2)	0,032(0,18)	—0,4(0,43)
X_5	—0,14(0,07)*	0,083(0,12)	—0,063(0,12)	—0,19(0,12)*
X_6	0,002(0,07)	—0,063(0,08)	—0,08(0,2)	—0,01(0,22)
X_7	—0,019(0,09)	—0,032(0,12)	—0,29(0,2)*	—0,1(0,22)
X_8	0,19(0,12)*	—0,32(0,12)**	0,37(0,26)	0,73(0,21)*
X_9	—0,29(0,15)*	0,325(0,18)**	0,048(0,25)	0,47(0,23)*
X_{10}	—0,16(0,14)	0,29(0,16)**	—0,11(0,12)	—0,24(0,11)*
X_{11}	0,067(0,07)	—0,088(0,085)	0,23(0,13)*	—0,27(0,24)
X_{12}	0,16(0,08)*	—0,19(0,09)*	0,3(0,13)*	0,44(0,12)*
X_{13}	—0,07(0,09)	0,066(0,11)	—0,68(0,32)*	—0,57(0,37)*
X_{14}	0,67(0,09)*	—0,83(0,12)*	—0,39(0,17)*	0,03(0,22)
X_{15}	0,22(0,1)*	—0,14(0,15)	0,14(0,15)	0,29(0,14)**
X_{16}	0,099(0,08)	—0,41(0,105)	—0,014(0,15)	0,054(0,16)
X_{17}	0,17(0,08)*	—0,19(0,1)**	—0,0078(0,17)	—0,1(0,18)
X_{18}	0,07(0,09)	—0,025(0,12)	0,097(0,08)	0,062(0,09)
X_{19}	—0,014(0,051)	0,027(0,06)		
X_{20}				

Примечание. В скобках указаны среднеквадратические отклонения стандартизованных коэффициентов регрессии. Знаком * обозначены те факторы, для которых выполняется критерий Стьюдента и которые были включены в модель при первоначальном отборе, знаком ** — факторы, которые были отброшены из-за мультиколлинеарности.

Таблица 4

Оценки параметров систем регрессионных уравнений трехшаговым методом наименьших квадратов (натуральный масштаб)

Функция Аргумент	X_1	X_2	X_3	X_4
d	1,7	1,7	2,5	2,5
R	0,87	0,97	0,9	0,92
b_0	1157,8(580)	835,8(256,6)	365,1(68)	11,9(5,4)
X_1	—	0,26(0,016)	—	—
X_2	—	—	—	—
X_3	—	—	—	—
X_4	6,57(61,4)+	*	*	—0,004(0,003)
X_5				0,12(0,11)
X_6				
X_7				
X_8			*	*
X_9	—5,21(5,0)	—0,23(0,5)+	2,36(0,45)	
X_{10}	6,81(4,18)	*		0,03(0,004)
X_{11}				0,04(0,01)
X_{12}				—0,07(0,06)
X_{13}	—51,7(21,3)	0,22(2,24)+	1,08(2,08)+	*
X_{14}	*		7,95(4,55)	0,34(0,1)
X_{15}	110,2(115,6)+	170,7(13,6)	—22,2(10,1)	—0,28(0,21)
X_{16}	73,7(38,1)		—10,8(3,5)	
X_{17}				
X_{18}	0,3(0,16)			
X_{19}	*	*		
X_{20}				

Примечание. В скобках указаны среднеквадратические отклонения оцениваемых параметров.

пихты и кедра). В табл. 3 приведены стандартизованные коэффициенты регрессии (β_i) и их среднеквадратические отклонения (σ_{β_i}), полученные методом наименьших квадратов.

Затем производилась оценка указанных параметров трехшаговым методом наименьших квадратов (табл. 4).

Оценки параметров системы регрессионных

Функция	Группа 1				Группа 2	
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_1	X_2
d	1,65	2,04	1,75	1,74	2,17	2,05
R	0,954	0,954	0,959	0,941	0,99	0,98
b_0	551,9	102,1	578,3	5,71	-13,5	235,9
X_1		0,12				
X_2			-0,12	0,003		
X_3				-0,004		
X_5	-91,1			-0,2	115,2	
X_6						
X_8		268,2	71,9			89,05
X_9		2,06		0,02		
X_{10}						
X_{11}						
X_{13}					-33,8	
X_{14}	-46,6			-0,31	-139,8	-16
X_{15}	160,1	-42,7			344,3	
X_{16}			-18,7	0,17		-6,93
X_{17}	2,24		0,6			
X_{18}	0,52	-0,04	0,03		0,76	
X_{19}	0,41	0,33				0,6
X_{20}			-5,43			

Из таблицы видно, какие ранее введенные факторы следует исключить из модели (они обозначены знаком +). В то же время на основе анализа парных коэффициентов корреляции, а также существа рассматриваемых факторов было признано целесообразным включить в модель ряд ранее неучитываемых факторов (в табл. 4 они обозначены знаком *). Некоторые из них впоследствии также оказались незначимыми.

Аналогичным образом проводилось построение систем регрессионных уравнений для остальных восьми классов

Таблица 5

уравнений трехшаговым м. н. к. (этап I)

та 2		Группа 3			
X_3	X_4	X_1	X_2	X_3	X_4
1,82	2,05	1,19	2,48	2,11	3,02
0,976	0,638	0,981	0,648	0,769	0,947
1147	8,1	-17876	969,3	-85,6	37,3
	-0,0002		-0,285		
				0,15	
	-0,5				-0,003
			-79,7		
106,3		1051			
0,54		16,6		2,52	
			-3,71		0,009
-1,32			-5,93		
	0,26	7,74			
			-29,1	25,2	
		502,5			
-2,64	0,13			-17	0,31
0,78					
				0,05	0,0004
	0,004	1,25	1,43		
-16,7		252,6			-0,51

леспромхозов. В результате для ЛПХ, отличающихся как уровнем развития, так и породным составом имеющейся сырьевой базы, построены системы уравнений, различные по своей структуре и количественным оценкам параметров (табл. 5—7).

Приведенные системы уравнений леспромхозов предназначены для использования в двухуровневой системе оптимизации ЛПК, где они составляют дискретно-непрерывную модель лесозаготовительного производства. Однако эти системы имеют и самостоятельное значе-

Оценки параметров системы регрессионных

Функция	Группа 1				Групп	
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁	X ₂
d	1,58	2,68	1,94	1,49	1,71	1,82
R	0,945	0,895	0,916	0,943	0,884	0,969
b ₀	-713	665	220,4	3,59	1865	697,9
X ₁		0,13				0,25
X ₂				-0,013		
X ₃						
X ₅		-33,1				
X ₇	-59,7					
X ₈						
X ₉						
X ₁₀				0,021	7,43	
X ₁₁			-0,94	0,028		
X ₁₂						
X ₁₃			2,06	0,044	-49,3	
X ₁₄	-24,3			0,47	-81,4	
X ₁₅		-154,5				-167,3
X ₁₆	218,8		-7,48		73,8	
X ₁₇	3,72	0,68	0,54			
X ₁₈	0,19			0,0002	0,24	
X ₁₉		0,38				
X ₂₀						

ние. С их помощью можно выявить особенности развития лесозаготовительного предприятия в динамике, проанализировать влияние породного состава лесонасаждений на функционирование леспромхоза, провести сравнительный анализ значимости факторов для разных групп рассматриваемых объектов.

уравнений трехшаговым м. н. к. (этап II)

па 2		Группа 3			
X ₃	X ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
2,54	2,89	1,94	1,77	1,91	2,93
0,901	0,929	0,928	0,981	0,774	0,978
431,5	15,5	2588	493,8	-109,3	9,91
0,04			0,25		
					0,008
	-0,007				
	0,16				
					0,29
					-1,56
-2,48			0,92		0,02
	0,04				
	0,03				
	-0,12	20,5		3,02	-0,09
	-0,06	-12,3		-2,07	
5,38	0,32				0,36
-18,5	-0,41		-128,5		
-10,5		2582			
		4,42		0,63	-0,007
			0,23		

Так, породный состав древостоя оказывает существенное влияние на формирование основных производственных фондов и численности промышленно-производственного персонала предприятия в начале его функционирования на I этапе, а также на III этапе в первой группе (с преобладанием в породном составе сосны и ели). При-

Оценки параметров системы регрессионных

Функция	Группа 1				Групп	
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁	X ₂
d	2,52	2,91	2,42	1,58	1,37	1,74
R	0,964	0,973	0,989	0,836	0,953	0,942
b ₀	-354,3	-595,7	251	9,32	-1436,5	151,2
X ₁			0,12			
X ₂						
X ₃				-0,004		
X ₅						15,3
X ₇	122	107,8	-5,42			
X ₈						
X ₉			75		6,89	1,72
X ₁₁						-1,02
X ₁₂						
X ₁₃		4,51				
X ₁₄				0,35		
X ₁₅		-210,1			483,4	
X ₁₆	108,7		-38	0,71		-4,88
X ₁₇	2,61				4,82	0,47
X ₁₈		0,16			0,24	0,02
X ₁₉	0,89					0,48
X ₂₀	100,9	44,2				

чем если на первом этапе здесь важна доля первой группы пород (сосна + ель) — чем она больше, тем больше дается фондов этому предприятию, то в конце функционирования такое действие в основном оказывает третья группа пород (береза, осина, лиственница) — чем она больше, тем больше требуется производственных ресурсов для

Таблица 7

уравнений трехшаговым м. н. к. (этап III)

па 2		Группа 3			
X ₃	X ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1,24	1,49	2,1	2,69	2,17	1,43
0,965	0,927	0,884	0,99	0,833	0,932
181,4	8,27	-2248,4	648,92	153,9	5,69
0,05			0,22		
				0,11	
	-0,015				
5,11	0,24		-11		
32,1	1,59	711		115,6	
0,19	0,05	9,35	-8,91		
-0,67	-0,03				0,044
				-1,39	
	0,33				0,45
		274,2	-183,9		
-12,1	0,08			-16,2	0,06
		2,6		0,42	
		0,35			
0,15			0,31		
-1,54		45,9		3,2	

заготовки древесины. Положительное воздействие на масштабы предприятия оказывает средний объем хлыста лесонасаждений, особенно в начале его производственной деятельности и меньше в конце. На втором этапе, когда в развитии ЛПХ наблюдается стабилизация, этот фактор теряет свое значение. Из структуры моделей также видно,

что во всех девяти классах большое влияние на формирование основных фондов и трудовых ресурсов предприятия оказывают факторы, характеризующие технический прогресс — фондовооруженность и фондоемкость производства, причем значение их повышается с ухудшением сырьевой базы. Видно также, что рассматриваемые показатели везде испытывают некоторое влияние запаздывающих переменных, причем наибольшее значение из них имеет объем производства в предшествующем году.

Посмотрим теперь, какие факторы имеют решающее значение при формировании годовых объемов производства. В связи с тем, что данные ЛПХ имеют приблизительно одинаковый породный состав сырьевой базы, он практически не оказывает влияния на исследуемый показатель. Существенное влияние имеет здесь средний объем хлыста, за исключением групп ЛПХ, находящихся на II этапе развития с относительно стабильным объемом производства. Весьма значимым фактором является фондоемкость продукции, особенно для групп ЛПХ с лучшим породным составом, где улучшение использования основных фондов дает наибольший эффект. Из лаговых переменных наибольшее влияние также оказывает объем производства в предшествующем периоде. Для формирования показателя объема заготовок древесины большое значение приобретают факторы, характеризующие динамику — время и год основания ЛПХ. Особенно большой вес имеют они на I этапе функционирования, показывая рост объемов заготовок с течением времени. На II этапе их значение убывает, а на III этапе год основания вновь приобретает большое значение. Причем для леспромхозов III этапа третьей группы (с худшим породным составом) положительный знак при этом коэффициенте указывает на снижение объема заготовок по мере старения ЛПХ.

Большой интерес представляет анализ формирования показателя удельной себестоимости заготовки древесины. Прежде всего отметим, что для всех ЛПХ существенное значение имеет временной фактор. Он характеризует тенденцию роста себестоимости во времени, что вполне объяснимо для сырьевой отрасли. Из построенных моделей видно также, что на себестоимость оказывают влияние и природные факторы (породный состав, средний объем хлыста, среднее расстояние вывозки). Характерно, что увеличение доли пород, не преобладающих в породном составе

данного ЛПХ, а также лиственных пород, ведет к росту себестоимости, что связано, по-видимому, с применением в этом случае выборочных способов рубок, требующих повышенных затрат. Исключение составляют леспромхозы I этапа, когда применяются в основном сплошные рубки. Средний объем хлыста приобретает влияние для ЛПХ II и III этапа с невысоким качеством породного состава сырьевой базы, где увеличение значений данного фактора существенно уменьшает затраты на заготовку.

На I этапе существенное влияние на себестоимость продукции оказывает фондоемкость производства, так как в этот период фондозатраты составляют значительную часть общих затрат в связи с наращиванием производственных мощностей, строительством новых объектов, расширением парка машин и т. п. Концентрация производства способствует снижению удельной себестоимости древесины в ЛПХ с преобладанием хвойных пород, причем значение этого фактора повышается от этапа к этапу. Это связано с тем, что у крупных предприятий больше возможностей для выявления резервов производства, а их использование к концу функционирования ЛПХ имеет большое значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистические модели в оптимальном отраслевом планировании. М., Статистика, 1975. 191 с.
2. Экономико-статистическое моделирование в промышленности. Новосибирск, «Наука», 1977. 239 с.
3. Кулешов В. В., Лукацкая М. Л., Талышева Л. П. Исследование некоторых особенностей динамики функционирования лесозаготовительных предприятий. — В кн.: Распознавание образов и регрессионный анализ в экономических исследованиях. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 179—198.
4. Кулешов В. В., Лукацкая М. Л. Исследование и отбор факторов для статистической модели лесозаготовительного предприятия. — В кн.: Распознавание образов в экономико-статистическом моделировании. Новосибирск, «Наука», 1974, с. 74—94.
5. Оптимизация и экономико-статистические методы в перспективном отраслевом планировании. Новосибирск, «Наука», 1975. 235 с.
6. Лизер С. Эконометрические методы и задачи. М., Статистика, 1971. 141 с.
7. Рогаткин А. П. Программа трехшагового метода наименьших квадратов. — В кн.: Вопросы построения и применения статистических моделей экономических показателей предприятий. Ч. II. Новосибирск, 1971, с. 123—124.

Е. М. ЛЕВИЦКИЙ, Е. И. МАТОВ,
А. В. РЕПИН

О ПОСТРОЕНИИ ЗАМКНУТОЙ, ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

В решениях XXV съезда КПСС указывается, что совершенствование планирования является первоочередной проблемой качественного улучшения управления всем хозяйственным механизмом страны. «Здесь, — говорил на XXV съезде партии Л. И. Брежнев, — широкое поле для приложения усилий экономической науки, для внедрения современных научных методов, в том числе экономико-математических...»¹.

Повышение научной обоснованности планирования всегда было в центре внимания нашей партии и государства. Поднять планирование на новую качественную ступень можно только на основе всестороннего изучения и правильного отражения тех закономерностей, которые проявляются в реальной экономике. Один из самых действенных инструментов — создание экономико-математических моделей (ЭММ) изучаемых объектов.

Не касаясь всего разнообразия существующих моделей и методов их построения, отметим, что ключевым моментом при этом, по-видимому, является учет фактора научно-технического прогресса. Пренебрежение этим фактором или экзогенный характер его учета нельзя считать удовлетворительным способом отражения экономической действительности на современном этапе. В описываемой ниже ЭММ отрасли машиностроения предлагается один из возможных вариантов учета указанного фактора.

¹ Материалы XXV съезда КПСС. М., Политиздат, 1976, с. 59.

Имея в виду важность этого вопроса, целесообразно начать описание ЭММ с определения фактора научно-технического прогресса и его экономической интерпретации. От этого зависит решение многочисленных задач управления развитием экономической системы, распределения финансовых, материальных и трудовых ресурсов, применение экономических законов в регулировании.

Под научно-техническим прогрессом будем понимать не только собственно модернизацию техники, но и проявление любых других форм совершенствования производства, не вызванных непосредственно количественным увеличением ресурсов. Помимо изменений в технике он охватывает и другие качественные улучшения в экономике — рост образовательного уровня и квалификации работников, совершенствование методов организации и управления производством и т. д. Технический прогресс — важнейший фактор повышения эффективности общественного производства. Этот вывод приемлем в долгосрочном аспекте, поскольку эффективность прошлого труда в конце концов находит выражение через эффективность вновь прилагаемого труда. Таким образом, весь широкий комплекс явлений научно-технического прогресса можно оценить через рост производительности труда.

В настоящее время динамика производительности труда в стоимостном выражении характеризуется для промышленности в целом, исходя из показателя средней выработки валовой продукции на одного работающего в неизменных ценах. Вместе с тем динамику производительности труда в различных отраслях промышленности изучают на основе таких показателей: валовой, реализованной продукции, нормативной стоимости обработки, условно-чистой и чистой продукции.

С целью выявления единого синтетического показателя экономической сущности научно-технического прогресса нами был проведен специальный анализ, который состоял в изучении динамики различных показателей эффективности производства. При этом анализировались выработка валовой продукции на одного работающего, объем валовой продукции на 1 руб. заработной платы промышленно-производственного персонала (ППП), выработка чистой продукции на одного работающего, объем чистой продукции на 1 руб. заработной платы ППП, фондоотдача по валовой и фондоотдача по чистой продукции. Исследования

проводились по отрасли и по подотраслям. В результате анализа нормированных отклонений изучаемых показателей от их средних значений оказалось, что минимальный разброс, причем значительно меньший по сравнению с другими показателями, имеет чистая продукция на 1 руб. заработной платы ППП. Следует заметить, что сравниваемые подотрасли существенно различаются как по технологии, так и по организации производства. Кроме того, надо иметь в виду, что величина чистой продукции на 1 руб. заработной платы ППП никак не регламентируется и тем более не планируется.

Проведенный анализ позволил сделать следующий вывод: выработка валовой продукции на одного работающего не может однозначно определять экономический уровень технического прогресса отрасли или предприятия, поскольку ее объем зависит от многих факторов, не имеющих отношения к характеристике производительности труда, например от стоимости использованного сырья, материалов, топлива, электроэнергии, структуры цен между отраслями, организационной структуры, степени его кооперирования с другими предприятиями. Валовая продукция не выступает как результат деятельности только данного предприятия или данной отрасли, а включает в себе и перенесенную стоимость других предприятий и отраслей. Причем при существующей практике расчета эта перенесенная стоимость может повторяться в ней многократно.

По тем же причинам оказались неприемлемыми все показатели на основе валовой и товарной продукции, а также другие показатели, необъективно отражающие экономическую сущность технического прогресса.

В качестве искомого синтетического показателя в данной работе был принят объем чистой продукции на 1 руб. заработной платы ППП отрасли.

Минимальный разброс данного показателя для различных подотраслей нашей отрасли указывает на то, что он зависит в целом от меньшего числа факторов, чем другие показатели, и наиболее точно отражает экономическую сущность научно-технического прогресса. Главный довод в пользу применения этого показателя — затраты общественного труда наиболее точно отражаются в показателе чистой продукции. Против применения данного показателя, естественно, могут возникнуть противоречивые мнения. Общеизвестно, что по мере развития и совершен-

ствования производства производительность труда все больше и больше зависит от развития средств производства, от фондовооруженности труда, поэтому некоторые экономисты склонны при определении производительности относить произведенную продукцию к затратам живого и овеществленного труда.

Однако К. Маркс всегда подчеркивал, что именно «живой труд должен охватить эти вещи, воскресить их из мертвых, превратить их из только возможных в действительные и действующие потребительные стоимости» [1].

Ф. Энгельс в предисловии к 3-му тому «Капитала» писал: «Закон стоимости с самого начала направлен против возникшего из капиталистического способа представления взгляда, будто накопленный прошлый труд... не только есть определенная сумма готовой стоимости, но как фактор производства и образования прибыли обладает свойством создавать стоимость... закон стоимости прочно устанавливает, что такое свойство принадлежит только живому труду» [2]. Отсюда может быть сделан единственный вывод, что эффективность любого производства может быть измерена только по отношению к живому труду.

В то же время, если согласиться с тем, что при определении эффективности развития необходимо полученный результат производства относить к затратам овеществленного и живого труда, то, по всей видимости, чтобы быть последовательным до конца, необходимо в числитель поставить весь результат как от прошлого, так и от настоящего труда.

Однако при оценке эффективности следует учитывать вновь созданный результат, а поэтому и относить его только к затратам живого труда.

Дискуссионным моментом является то, что в знаменателе показателя экономической эффективности научно-технического прогресса стоит заработная плата, а не численность работающих. На наш взгляд, заработная плата более приемлема при отражении «живых» затрат, так как именно она отражает структурные и качественные изменения трудовых ресурсов, а также других внешних и внутренних факторов, которые влияют на величину общественно необходимых затрат живого труда.

Рассмотрим, от каких параметров зависит выбранная характеристика.

Научно-технический прогресс как процесс развития можно рассматривать с двух сторон:

независимость существования научно-технического прогресса от воли и сознания человека можно интерпретировать как зависимость его от времени;

стимулирование развития его со стороны общества можно интерпретировать как функцию научно-технического прогресса от доли специально выделенных средств на научно-исследовательские, технические разработки в ежегодных затратах на производство, представляющих сумму средств, идущих на его расширение (прирост оборотных средств и капиталовложения) и на оплату труда работников промышленно-производственного персонала. Таким образом ²,

$$d_n = \frac{I_n}{K_n + \Delta O_c + Z_n} \quad (1)$$

и можно записать, что

$$R = f(t; d_n).$$

На наличие аналогичной связи указывают некоторые ученые [3].

Проанализируем зависимость R от каждого фактора. Развитие научно-технического прогресса и его неуклонный рост во времени — процесс закономерный. Но в зависимости от того, на каком этапе развития, какие качественные и количественные изменения происходят в результате воздействия его на процесс общественного производства, будет определяться и динамика развития показателя экономической эффективности научно-технического прогресса.

Поэтому можно предположить, что в плоскости параметров R, t динамика развития будет иметь вид (рис. 1, а)

$$R = a \cdot t^\alpha, \quad d_n = \text{const.}$$

На возможность такого процесса развития показателя R указывают многие авторы (см., например, [4, 5]).

Фактор времени является внешним (экзогенным) параметром и отражает научно-технический уровень среды. Рассмотрим зависимость показателя R от доли средств, выделенных на развитие науки (см. рис. 1, б).

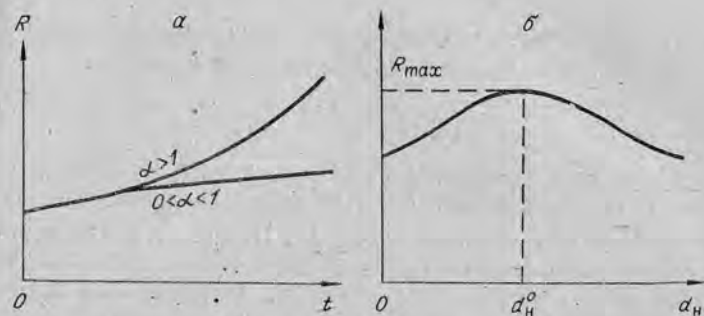


Рис. 1. Зависимость эффективности научно-технического прогресса от времени (а) и доли средств, выделенных на развитие науки (б).

Естественно предположить, что с увеличением доли средств, выделяемых специально на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, на первых порах эффективность производства, а следовательно, и эффективность НТП должна расти, причем кривая изменения R от d_n характеризуется не только ростом абсолютного значения R , но и приростом эффективности научно-технического прогресса. Такой процесс происходит до определенного момента, дальнейшее увеличение d_n приводит к уменьшению приростных значений R , а чрезмерное увеличение этой доли может привести и к обратному результату, т. е. к снижению эффективности.

Это может быть вызвано следующими причинами:

значительное падение доли средств, идущих в производство, образование разрыва между производственной и научной базами и, как следствие, неэффективное использование и внедрение результатов научных исследований; выбор неэффективных направлений научных исследований при формальном увеличении затрат на науку.

Таким образом, зависимость показателя R от доли средств в науку имеет экстремум в виде максимума, которому соответствует оптимальное соотношение доли затрат на НИОКР и основных производственных затрат.

Этот фактор выступает в роли эндогенного и является внутренним управляющим фактором научно-технического прогресса отрасли.

На основе исследования поведения показателя R в плоскости R, d_n наилучшие результаты аппроксимации

² Здесь и далее обозначения см. в конце статьи.

при выполнении теоретических предпосылок поведения R от величины d_n дает следующий вид функции:

$$R = a \cdot e^{b[d_n - d_n^0]^2}.$$

Исследование влияния на показатель R перечисленных факторов будет неполным, если не рассмотреть изменения поведения оптимальной доли d_n^0 . Это тем более важно в связи с проблемами оптимального управления научно-техническим прогрессом отрасли. Оптимальное соотношение ресурсов между НИОКР и производством становится решающим фактором эффективности и рентабельности процесса производства, обеспечения высоких темпов его развития.

Оптимальное значение d_n^0 не может быть постоянным и должно меняться в зависимости от уровня научно-технического развития, т. е. d_n^0 в свою очередь должна зависеть от времени. Поскольку процесс превращения науки в непосредственную производительную силу приобретает все более реальное значение и все ощутимей становятся результаты от научных исследований в производстве, естественно предположить, что доля d_n^0 со временем будет увеличиваться, причем кривая будет характеризоваться насыщением при $t \rightarrow \infty$, так как в будущем наука станет неотъемлемой частью производства и произойдет стирание грани между умственным и физическим трудом. Наиболее приемлемым в данном случае будет вид функции (рис. 2).

На такое поведение d_n указывают и результаты исследований, проведенные на фактическом материале по научно-техническому потенциалу развитых капиталистических стран [6].

Для общего математического описания функции экономической эффективности научно-технического прогресса немаловажное значение имеет выбор начала отсчета и определение значения начальных условий. Для пред-

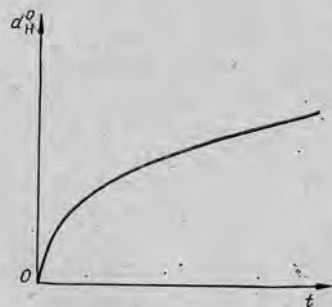


Рис. 2. Изменение доли средств на НИОКР с течением времени.

ставления общего математического вида функции экономической эффективности научно-технического прогресса принято:

$$R_0 = 1, \quad d_{n_0} = 0 \quad \text{при} \quad t_0 = 0,$$

т. е. заданы условия осуществления простого воспроизводства.

Изменение по оси времени принято:

$$t = 1965 \dots, 1976, 1977, \dots, T.$$

Таким образом, общий вид функции экономической эффективности научно-технического прогресса имеет вид

$$R = dt^{\alpha} e^{b(d_n - ct^{\beta})^2} + 1. \quad (2)$$

Обычно при использовании времени t в качестве независимой переменной его значения для описания настоящего периода принимают равными 0, 1, 2, ..., что в ряде случаев приводит к большим искажениям коэффициентов аппроксимации, а следовательно, к значительному снижению и адекватности описания. В имеющейся литературе по экономико-математическому моделированию вопрос о правильном выборе масштаба времени при построении моделей практически не освещен и влияние его на результаты моделирования не исследуется.

В данной работе предлагается один из возможных методов определения масштаба времени. Для его определения в исследуемой модели время принималось в виде $t = t' + a_0$, где a_0 определялось наряду с другими коэффициентами аппроксимации, $t = 0; 1; 2; \dots$

Проведенные нами исследования показали, что $a_0 \approx 1500$. Поэтому для удобства пользования принят реальный масштаб времени, т. е.

$$t = 0, 1, 2, \dots, 1976, 1977, \dots, T.$$

При определении коэффициентов аппроксимации функции $R = f(t; d_n)$ применялись методы направленного случайного поиска, метод Зейделя — Гаусса. Решение проводилось на ЭВМ.

Помимо данного вида функции нами исследовались и другие (полиномиальный, квадратичный и степенной вид). С точки зрения выполнения всех теоретических требова-

ний по поведению функции R в зависимости от выделенных факторов, а также наилучшей аппроксимации (наименьшее количество коэффициентов аппроксимации, минимум суммарного отклонения теоретических значений от фактических) представленный вид функции более точно подходит для описания взаимосвязи рассматриваемых величин.

Между экономическим эффектом в производстве и вложениями средств в науку, вызвавшими этот эффект, существует временной лаг. В данной работе величина временного лага не определялась из-за недостаточности статистической информации по данному направлению исследований.

Предлагаемая модель эконометрического типа представляет собой нелинейную динамическую взаимосвязанную систему уравнений, описывающую реальные экономические процессы расширенного воспроизводства развития отрасли.

Системному описанию объекта предшествовало теоретическое и практическое экономико-математическое исследование зависимостей технико-экономических показателей развития отрасли, увязка автономных моделей в единую систему.

Для отражения реального формирования элементов экономического роста технико-экономические показатели рассчитываются в текущих ценах. В противном случае общий процесс экономического роста распадается на несогласованные между собой элементы и исчезает предпосылки для обобщенного факторного анализа.

Рис. 3 иллюстрирует взаимосвязи основных технико-экономических показателей модели развития отрасли. В блоках, обведенных сплошной линией, приведены показатели, получаемые внутри модели (эндогенные переменные), сплошной и штриховой линиями — показатели, задаваемые либо получаемые вне модели (экзогенные переменные). Сплошными стрелками на схеме показаны взаимосвязи технико-экономических показателей и последовательность их расчета. Возможность директивного задания по капиталовложениям показана штриховыми линиями. На схеме отражено влияние научно-технического прогресса на процесс производства продукции отрасли. Для упрощения восприятия схемы взаимосвязь его с другими элементами экономического роста показана.

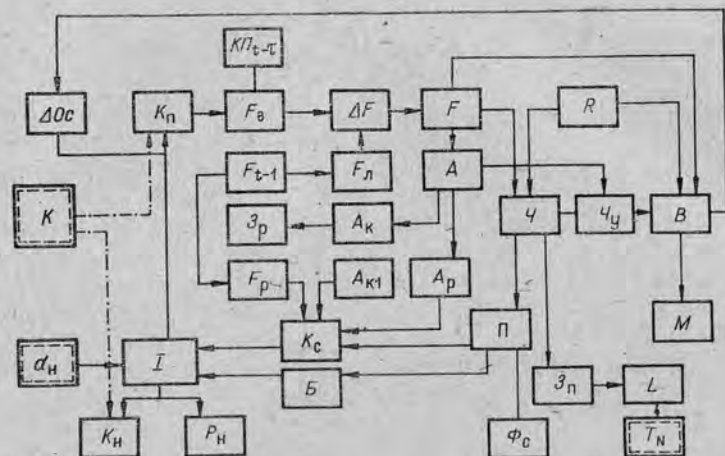


Рис. 3. Блок-схема взаимосвязей основных технико-экономических показателей моделей развития отрасли.

Общий вид уравнений, описывающих взаимосвязи технико-экономических показателей в модели, следующий.

Тождества:

$$B = U + M + A; \quad (3)$$

$$\Psi = \Pi + 3 + C; \quad (4)$$

$$Z_{\Pi} = Z + \Phi_M + C; \quad (5)$$

$$A = H \cdot F; \quad (6)$$

$$A_p = H_p \cdot F; \quad (7)$$

$$A = A_n + A_k; \quad (8)$$

$$A_p = A_{p_1} + A_{p_2}; \quad (9)$$

$$A_K = 3_p + A_{K*}; \quad (10)$$

$$\Phi = H_a \cdot A_p + H_\Pi \cdot \Pi + F_p; \quad (11)$$

$$K_c = \Phi + A_{n*} + A_{K*} + \Pi_K + \Pi_0 \quad (12)$$

$$I = K_H + \Delta O_c + I_H; \quad (13)$$

$$B = I - K_c; \quad (14)$$

$$R = \frac{\gamma}{3\pi}; \quad (15)$$

$$d_n = \frac{I_n}{K_n + \Delta O_c + \beta_n}. \quad (1')$$

Структурные уравнения:

$$R_t = a_1 \cdot t^{\alpha_1} e^{b(d_{nt} - ct^{\beta_1})^2} + 1; \quad (2')$$

$$F_{bt} = \beta_2 [K_{nt}(1 - \tau) + K_{nt-1}\tau]; \quad (16)$$

$$F_t = F_{t-1} + F_{bt} - a_2 \cdot F_{t-1}^{\alpha_2}; \quad (17)$$

$$\Psi_t = a_3 \cdot F_t^{\alpha_3} \cdot R_t^{\beta_3}; \quad (18)$$

$$B_t = a_4 \cdot F_t^{\alpha_4} \cdot R_t^{\beta_4}; \quad (19)$$

$$O_{ct} = a_5 \cdot B_t^{\alpha_5} \cdot R_t^{\beta_5}; \quad (20)$$

$$L_t = a_6 \cdot \beta_{nt}^{\alpha_6} \cdot R_t^{\beta_6}; \quad (21)$$

$$\Phi_{nt} = a_7 \cdot \beta_t \left(\frac{B_t - B_{t-1}}{B_{t-1}} \right)^{\alpha_7} \cdot \left(\frac{\Psi_t}{L_t} \right)^{\beta_7} \cdot \left(\frac{\Pi_t}{O_{ct} + F_t} \right)^{\gamma_1}; \quad (22)$$

$$\Phi_{ct} = a_8 \cdot \Pi_t^{\alpha_8} \cdot R_t^{\beta_8}; \quad (23)$$

$$H_{At} = a_9 \cdot d_{Ft}^{\alpha_9} \cdot d_{\Pi t}^{\beta_9}; \quad (24)$$

$$H_{\Pi t} = a_{10} \cdot d_{Ft}^{\alpha_{10}} \cdot R_t^{\beta_{10}}; \quad (25)$$

$$F_{Pt} = a_{11} \cdot F_{t-1}^{\alpha_{11}}; \quad (26)$$

$$H_t = a_{12} \cdot d_{Ft}^{\alpha_{12}} \cdot R_t^{\beta_{11}}; \quad (27)$$

$$H_{Pt} = a_{13} \cdot d_{Ft}^{\alpha_{13}} \cdot R_t^{\beta_{12}}; \quad (28)$$

$$\beta_{Pt} = a_{14} \cdot A_{Pt}; \quad (29)$$

$$d_{Ft} = 1 - \frac{1}{\ln(a_{15} \cdot t^{\alpha_{15}} + e)}; \quad (30)$$

$$\tau = a_{16} \cdot d_{Ft}^{\alpha_{16}} \cdot R_t^{\beta_{13}}; \quad (31)$$

$$d_{\Pi t} = \frac{a_2 \cdot F_{t-1}^{\alpha_2}}{F_t^{\alpha_2}}; \quad (32)$$

$$\Pi_{Kt} = a_{17} \cdot \Pi_t^{\alpha_{17}} \cdot \Pi_{Kt-1}^{\beta_{14}}; \quad (33)$$

$$\Pi_{0t} = a_{18} \cdot (F_t - F_{t-1})^{\alpha_{17}} \cdot \Pi_{0t-1}^{\beta_{15}}; \quad (34)$$

$$B_t = a_{19} \cdot \Pi_{Kt}^{\alpha_{19}} \cdot B_{t-1}^{\beta_{16}}. \quad (35)$$

Если параметры a_i , α_i , β_k , b , с структурных уравнений оценены, заданы или рассчитаны значения предопределенных (K_{nt-1} , F_{t-1} , B_{t-1} , O_{ct-1} , Π_{Kt-1} , Π_{0t-1} , B_{t-1}) и экзогенных (t , d_n) переменных, то система уравнений может быть решена итерационным методом на ЭВМ. Динамика технико-экономических показателей рассчитывается по шаговому принципу, величина шага равна одному году. Переменные последующего года полностью определяются результатами расчета показателей предыдущего года. Кроме показателей, вошедших в модель, могут быть рассчитаны производные качественные показатели, определяющие эффективность развития отрасли с различных сторон: производительность труда по валовой и чистой продукции, фондоотдача, фондовооруженность, рентабельность, доля прироста продукции за счет роста производительности труда, прирост средней заработной платы на 1% прироста производительности труда и темпы роста всех технико-экономических показателей развития отрасли по годам, пяти- и десятилеткам.

Согласно методике перспективного планирования развития отраслей народного хозяйства объемные показатели (например, валовая продукция) планируются в сопоставимых ценах, по этим показателям в модели проводятся параллельные расчеты в неизменной оценке, в методологии соответствующего года, что делает модель гибким инструментом в режиме долгосрочного планирования.

Рассмотрим некоторые особенности предлагаемой модели, которые существенно отличают ее от обычно применяемых в таких случаях. Так, отрасль рассматривается как саморазвивающаяся экономическая система, без явного учета ее взаимосвязи с другими отраслями, за исключением связи с бюджетом.

Некоторое возможное снижение точности описания объекта из-за отсутствия в модели межотраслевых связей вполне компенсируется небольшим объемом обрабатываемой информации, значительно меньшей трудоемкостью расчетов по модели, в которой значительная часть переменных взаимообуславливает друг друга как в статическом, так и в динамическом состоянии, а также возможностью проведения многовариантных расчетов с учетом различных внутренних и внешних ограничений.

Другая особенность модели состоит в следующем. Процессы производства, распределения, обмена, потреб-

ления и накопления в полной степени связаны с научно-техническим прогрессом. Поэтому возникает возможность единого экономического регулирования всего комплекса процессов воспроизводства в отрасли и оптимального распределения ресурсов между наукой и производством. Далее можно решить задачу рационального распределения ресурсов по различным направлениям НИОКР. Использование результатов непрерывного прогнозирования по модели в планировании и управлении позволит в этом случае приблизить реальную траекторию научно-технического прогресса к его оптимальной.

Принятый в модели вид производственной функции отличается от классического:

$$V = a \cdot L^{\alpha} \cdot F^{\beta} \cdot e^{\lambda t} \quad (36)$$

по ряду причин, которые искажают и затрудняют отражение реального процесса производства [7, 8]. В применяемых нами функциях результат производства, например валовая продукция, рассматривается как фактор двух переменных: показателя эффективности научно-технического прогресса и производственных фондов. Вместе с тем несложный анализ уравнений (15), (18), (21) модели указывает на однозначную связь между необходимыми трудовыми ресурсами и основными производственными фондами при заданном уровне научно-технического прогресса. Таким образом, в модели устраняются недостатки, присущие типовым производственным функциям.

В модели отражено получение фондов экономического стимулирования, зависящих и рассчитываемых от экономических результатов деятельности отрасли (см. (11), (22), (23)).

Из всех уравнений, включающих запаздывающие переменные, следует выделить модель ввода фондов. Особенность данной модели в том, что лаг определяется не в виде распределенного запаздывания, как это предложено в некоторых работах [8, 9], а в виде «среднего» временного лага. Такое допущение вполне обосновано, так как в реальной действительности существует множество временных лагов, процесс «созревания» капиталовложений имеет свою отраслевую и территориальную структуру, может охватывать как все капитальные вложения, так и отдельные технологические элементы [10].

Из условия

$$\beta \cdot \int_{t_0}^t K_{\Pi}(t) dt = \int_{t_0+\tau}^{t_1+\tau} F_{\Pi}(t) dt$$

было определено изменение длительности запаздывания во времени, выделены факторы, от которых зависит его изменение, и построена модель показателя τ (см. (31)).

Для $0 < \tau < 1$ модель ввода фондов приняла вид

$$F_{\Pi t} = \beta [K_{\Pi t} (1 - \tau) + K_{\Pi t-1} \cdot \tau],$$

где β — коэффициент, учитывающий потери при превращении K_{Π} в F_{Π} .

Анализ результатов такого моделирования вводов фондов дает меньшую точность приближения, чем использование моделей с распределенным запаздыванием. Однако предлагаемый подход позволяет выделить основные факторы, влияющие на эффективность капитальных вложений и более обоснованно проводить долгосрочный прогноз по модели.

Все параметры структурных уравнений (за исключением коэффициентов функции R) оценивались методом наименьших квадратов (табл. 1).

Описанная выше модель отрасли была положена в основу следующих расчетов.

1. Ретроспективный расчет за 1970—1975 гг.
2. Прогноз технико-экономических показателей на 1976—1990 гг.

При проведении ретроспективного расчета доли средств, вложенных в науку, принимались на уровне сложившихся. При прогнозных расчетах принимались различные сочетания следующих условий:

валовая продукция считалась заданной в соответствии с планом 10-й пятилетки;

доля средств в науку принималась изменяющейся по одной из гипотез с выходом ее на оптимальную траекторию; темпы роста численности трудоспособного населения по региону расположения отрасли задавались согласно прогнозу ЦСУ СССР;

проекты капитальных вложений принимались согласно перспективным планам.

Исходя из этих посылок, были проведены проверочные имитационные и прогнозныe расчеты. Исследования мо-

Таблица 1
Основные структурные уравнения и их статистические оценки ап-
проксимации

Номер урав- нения	Структурные уравнения	Корреляцион- ное отношение	Процент от- клонения тео- ретических значений от фактических	
			макси- мальный	сред- ний
2	$R_t = 0,80 \cdot t^{0,0035} \cdot e^{-199,97(dH_t - 0,16 \cdot t^{0,040})^2} + 1$	0,993	4,5	1,90
18	$q_t = 0,25 \cdot F_t \cdot R_t^{1,57}$	0,999	4,2	2,0
19	$B_t = 0,014 \cdot F_t^{1,29} \cdot R_t^{0,93}$	0,995	3,3	0,40
20	$OC_t = 26,24 \cdot B_t^{0,67} \cdot R_t^{0,13}$	0,983	3,7	1,90
22	$\Phi_{Mt} = 0,063 \cdot 3_t \left(\frac{B_t - B_{t-1}}{B_{t-1}} \right)^{0,26} \cdot \left(\frac{q_t}{L_t} \right)^{0,74}$	0,989	3,5	1,80
21	$L_t = 8983,71 \cdot 3_t^{0,29} \cdot R_t^{-0,036}$	0,999	0,1	0,06
27	$H_t = 0,57 \cdot d_{Ft}^{0,62} \cdot R_t^{0,13}$	0,874	3,0	1,20
31	$\tau = 0,92 \cdot d_{Ft}^{-2,97} \cdot R_t^{-6,10}$	0,808	5,4	3,10
16	$F_{bt} = 0,97[K_{пт}(1-\tau) + K_{пт-1}\tau]$	0,986	5,5	3,20

дели показали их достаточно высокую точность. При ретроспективных расчетах по таким показателям, как валовая и чистая продукция, среднегодовые промышленно-производственные фонды, заработная плата и численность работающих, погрешность не превышает 3%.

Экспериментальный прогноз развития отрасли на 10-ю пятилетку показывает, например, превышение теоретической численности промышленно-производственного персонала над плановой на 2,5% в 1980 г.

Однако по некоторым технико-экономическим показателям получились недостаточно точные результаты. Это связано с причинами, которые не позволяют пока улучшить приближение: переоценка стоимости фондов на 1972 г. и введение новых норм амортизации с 1975 г.

По некоторым показателям (например, фонд развития производства) небольшие динамические ряды исследования

и отсутствие четкой научной обоснованности и методики его определения [11, 12] не дали возможности выявить устойчивые связи.

В целом проведенные исследования, полученные зависимости, имитационные прогнозные расчеты показали принципиальную возможность использования предлагаемого подхода к моделированию основных технико-экономических показателей развития отрасли и применения его в предплановый период для оценки реальных возможностей отрасли и более обоснованного принятия перспективных плановых решений.

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- B — валовая продукция отрасли;
- $Ч$ — чистая продукция;
- $Ч_y$ — условно-чистая продукция;
- $П$ — балансовая прибыль;
- F — промышленно-производственные основные фонды;
- r'_b — ввод в действие промышленно-производственных основных фондов;
- d_F — удельный вес активной части фондов в стоимости промышленно-производственных основных фондов;
- $d_{л}$ — удельный вес ликвидации фондов в стоимости промышленно-производственных основных фондов;
- $K_{п}$ — капитальные вложения по объектам производственного назначения;
- K — проект капиталовложений в производство и науку;
- $З(З_{п})$ — фонд заработной платы промышленно-производственного персонала (с учетом выплат из фонда материального поощрения и начислениями на социальное страхование);
- C — отчисления на социальное страхование;
- P_n — текущие затраты в науке (заработная плата, материалы);
- L — численность промышленно-производственного персонала;
- O_c — средние остатки нормируемых оборотных средств;

- ΔO_c — прирост оборотных средств;
 Φ — фонд развития производства;
 Φ_M — фонд материального поощрения;
 Φ_c — фонд социально-культурных мероприятий;
 $A(A_p)(A_k)$ — сумма амортизационных отчислений (на реновацию, на капитальный ремонт);
 $A_{p_1}(A_{p_2})$ — амортизация на реновацию, направленная на образование фонда развития производства (на финансирование капитального строительства);
 Z_p — затраты на капитальный ремонт;
 A_{k_1} — амортизация на капитальный ремонт за минусом Z_p ;
 $H(H_p)$ — норма амортизации (на реновацию);
 $H_a(H_n)$ — норматив отчислений в фонд развития производства от амортизации на реновацию (от прибыли);
 F_p — выручка от реализации основных фондов;
 Π_k — взносы в банки из прибыли на капитальное строительство;
 Π_0 — использование прибыли на пополнение оборотных средств;
 I — средства, направленные на развитие отрасли;
 I_n — затраты на науку;
 K_n — капитальные вложения в науку;
 M — материальные затраты в производстве;
 K_c — собственные средства отрасли;
 B — поступления средств из бюджета на развитие отрасли;
 R — показатель эффективности научно-технического прогресса;
 d_n — соотношение ресурсов между НИОКР и производством;
 τ — временной лаг капитальных вложений;
 T_N — темп роста трудоспособного населения в регионе расположения отрасли.
 t — время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К. и Энгельс Ф. Собр. соч. Т. 23. Изд. 2-е. М., Госполитиздат, 1960. 194 с.
2. Маркс К. и Энгельс Ф. Собр. соч. Т. 25. Изд. 2-е. М., Госполитиздат, 1960, ч. I. 15 с.

3. Мэнсфилд. Прогнозирование научно-технического прогресса.— В кн.: Долгосрочное планирование и прогнозирование. (Материалы Конференции Международной Экономической Ассоциации, 1972. М., «Прогресс», 1975, с. 327—339.
4. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. М., «Прогресс», 1974. 586 с.
5. Браун М. Теория и измерение технического прогресса. М., «Статистика», 1974. 208 с.
6. Ковышева Л. А. Некоторые закономерности динамики и использования научно-технического потенциала.— В кн.: Проблемы долгосрочного прогнозирования развития народного хозяйства СССР. Под ред. А. И. Анчишкина. М., ЦЭМИ АН СССР, 1976, с. 192—215.
7. Ионеску К. и др. Статистические методы исследования корреляций в экономике. М., «Статистика», 1972. 160 с.
8. Адирим И. Г. и др. Система моделей прогнозирования роста народного хозяйства республики. Рига. «Знание», 1975. 191 с.
9. Седелев Б. В. Уравнения связи экономических процессов роста с обобщенным законом распределенного запаздывания и оценка их параметров.— В кн.: Статистический анализ экономических временных рядов и прогнозирование. Под ред. Э. Б. Ершова и А. А. Френкеля. М., «Наука», 1973, с. 68—86.
10. Анчишкин А. И. Прогнозирование роста социалистической экономики. М., «Экономика», 1973. 294 с.
11. Фонд развития производства. Под ред. В. А. Воротилова. Л., Лениздат, 1974. 102 с.
12. Будаев В. Ю. Экономические проблемы технического прогресса. М., «Мысль», 1974. 286 с.

А. В. БЕККЕР

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЕРВОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ

Для планирования важнейших показателей развития отрасли необходимо использовать систему экономических моделей, что обеспечивает оптимальность значений планируемых показателей. При этом рассматриваемые показатели должны исследоваться как единое целое, как единая взаимосвязанная система большого числа экономических показателей.

Чаще всего при планировании в целевых функциях математических моделей фигурируют показатели объема выпуска продукции. Увязывая последние в единое целое, необходимо исследовать именно те характеристики (индуцированные показатели), которые обеспечивают необходимый уровень прироста объемных показателей. Обычно это достигается за счет ввода дополнительных мощностей. Однако в данной работе исследуются пути достижения прироста выпускаемой продукции в результате увеличения производительности труда. При этом оба пути решения поставленной задачи не альтернативны, а взаимозависимы. Как уже отмечалось, увеличение производительности труда можно достигнуть за счет определения некоторых управляющих показателей (входных показателей предприятия.) Предлагаемое решение этой задачи несколько отличается от традиционных решений статистических задач, решаемых корреляционно-регрессионным анализом. Правильнее назвать эту задачу задачей управления.

Обычно задачи управления такого типа решают для одного конкретного предприятия, рассматривая историю

его развития за некоторый определенный временной интервал. Самое трудное, на наш взгляд, — собрать информацию во времени.

Таким образом, возникает потребность в разработке некоторой модели управления промышленным предприятием, основанной на обработке статистической информации.

Методы многофакторных корреляций и регрессий, применяемые многими авторами для обработки статистической информации, для наших целей не годятся, так как модели, полученные такими методами, дают возможность лишь исследовать изменение показателя эффективности при изменении входных параметров предприятия в определенных пределах. Нам же необходимо решить так называемую обратную задачу. Ее (нестрогая) формулировка заключается в следующем: какие значения входных параметров необходимо задать конкретному предприятию, чтобы значение показателя его эффективности попало в определенный интервал? Решение этой задачи осложняется тем, что число входных параметров велико и, главное, все эти показатели не независимы, а взаимосвязаны. Следовательно, для ее решения необходим метод, позволяющий учитывать эти связи. Даже при числе входных параметров больше двух эта задача не может решаться однозначно, традиционными методами корреляционно-регрессионного анализа.

Управление в указанном выше смысле заключается в сравнении некоторой группы рассматриваемых объектов с некоторым эталоном, выбранным для этой группы, у которого параметры подобраны каким-то образом оптимально.

Процесс развития объекта характеризуется изменением его выходных параметров. И в пространстве этих параметров можно наблюдать определенные сочетания их значений. Если рассматривать множество объектов управления, то можно выделить определенные комбинации выходных параметров, которые объединяют объекты в образы. Получающиеся образы можно упорядочить по качеству, которое отражается в комбинациях выходных параметров объекта. Значит, можно сказать, что имеются объекты низкого, среднего и высокого уровня.

В истории развития предприятия есть периоды, когда происходит резкое изменение характеризующих его па-

раметров. Это, прежде всего, реконструкция, после которой предприятие может перейти в другой класс или даже образовать новый класс (образ). В ряде случаев такой переход может быть вызван радикальными изменениями технологии. Задача управления состоит в том, чтобы найти набор значений, регулирующих параметры объектов из некоторого класса А таким образом, чтобы эти объекты перешли в другой класс Б, качество объектов которого выше, чем у объектов класса А.

Значит, существующие классы в пространстве выходных параметров должны быть упорядочены по степени выражения качества. Эта задача осложняется тем, что упорядочиваемые объекты характеризуются не одним каким-то показателем качества, а несколькими. В настоящей работе предлагается метод упорядочения объектов в многомерном пространстве. Рассмотрим эту задачу подробно. В литературе она известна как задача оценки эффективности многокритериальных систем.

Сейчас методы учёта факторов многокритериальности развиваются в двух основных направлениях. Первое связано с анализом отношений предпочтительности, задаваемых на векторах частных критериев (в нашем случае показателей). Этот подход позволяет достичь высокой степени формализации, но не гарантирует единственности получаемого решения. Второе направление основано на свертке набора частных критериев в один, интегральный критерий эффективности. Автор придерживается этого направления. Существующие методы построения интегральных критериев, на наш взгляд, разработаны недостаточно. В настоящей работе рассматривается метод построения интегрального критерия, основанный на обработке статистической информации.

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ

В работе [1] показано, что при выполнении ограничений 1°—3°, описанных ниже, интегральный критерий E выражается аддитивным функционалом

$$E = \sum_{i=1}^m x_i r_i.$$

Здесь x_i — частные критерии, а r_i — весовые коэффициенты.

Назовем эти ограничения.

1°. Частные критерии x_i количественно измеримы по непрерывной шкале, а их значения для всех объектов известны и удовлетворяют принципу «чем больше, тем при прочих равных условиях лучше».

2°. Важности частных критериев (т. е. степени их влияния на эффективность системы в целом) постоянны во всей рассматриваемой области их изменения.

3°. Интегральный критерий существует и является достаточно гладкой функцией своих аргументов, в силу чего E непрерывно дифференцируемо требуемое число раз.

Методология построения интегрального критерия, предложенная нами, предполагает выполнение еще одного дополнительного условия.

4°. Все частные критерии выражаются в одних и тех же единицах измерения либо безразмерны. Другими словами, это означает, что все частные критерии соизмеримы между собой.

Предположим, что по каждому из частных показателей имеется эталон. Тогда обозначим его через x_{aj} , $j = \overline{1, m}$. Здесь x_{aj} — значение критерия x_j для эталонного объекта, m — число частных критериев. Будем называть показатель «положительным», если он удовлетворяет принципу «чем больше, тем при прочих равных условиях лучше».

Если показатель удовлетворяет принципу «чем меньше, тем при прочих равных условиях лучше», то будем его называть «отрицательным». Чтобы статистическая информация удовлетворяла условиям 1° и 4°, преобразуем ее (для всех частных критериев x_j , $j = \overline{1, m}$) по следующему правилу:

$$x'_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{x_{aj}}, & \text{если } x_j \text{ — «положительный» показатель;} \\ \frac{x_{\max j} - x_{aj}}{x_{\max j} - x_{ij}}, & \text{если } x_j \text{ — «отрицательный» показатель.} \end{cases} \quad (1)$$

Здесь x_{ij} — значение j -го критерия для i -го объекта, $x_{\max j}$ — максимальное значение по критерию x_j ,

($i = \overline{1, N}; j = \overline{1, m}$); N — число рассматриваемых объектов.

• Если эталон не задан по какому-то из частных критериев x_j , то он рассчитывается на основании заданного числа M «лучших» объектов по этому критерию. В качестве эталона принимается средневзвешенное значение «лучших» точек.

Вес для точки $\hat{x}_{vj}$ рассчитывается по формуле

$$P(\hat{x}_{vj}) = \sum_{h=1}^N \exp \left\{ -\frac{1}{2\eta^2} \left(\frac{\hat{x}_{vj} - x_{hj}}{\sigma_j} \right)^2 \right\}, \quad (2)$$

где $\eta > 0$ — некоторый параметр, σ_j — среднеквадратичное отклонение для показателя x_j , вычисление по выборке; v — индекс лучшей точки, $v = \overline{1, M}$.

Величина (2) пропорциональна оценке плотности, построенной по выборке [2]. Тогда эталонное значение рассчитывается по формуле

$$x_{\theta j} = \sum_{v=1}^M \hat{x}_{vj} \frac{P(\hat{x}_{vj})}{\sum_{k=1}^M P(\hat{x}_{kj})}. \quad (3)$$

Далее будем считать, что выборка удовлетворяет условиям 1°–4°. Для каждого показателя (частного критерия) введем вес значимости по формуле

$$v(x_k) = \frac{P(x_{\theta k})}{\sum_{j=1}^m P(x_{\theta j})}. \quad (4)$$

Таким образом, если развитие некоторого критерия таково, что основная масса объектов группируется вокруг точки-эталона, то вес этого критерия большой.

Интегральный критерий выглядит следующим образом:

$$E = \sum_{j=1}^m x_j v(x_j). \quad (5)$$

Упорядочение объектов производится по значениям

$$E_k = \sum_{j=1}^m x_{kj} v(x_j), \quad k = \overline{1, N}. \quad (6)$$

Когда критерии x_j зависимы, можно учесть это, используя коэффициенты корреляции между критериями x_j , $j = \overline{1, m}$. Если обозначить коэффициент корреляции между k -м и l -м критерием через r_{kl} ($k = \overline{1, m}; l = \overline{1, m}$), то веса $v(x_j)$ можно несколько откорректировать по формуле

$$\hat{v}(x_j) = \sum_{l=1}^m v(x_l) \frac{r_{jl}^2}{\sum_{l=1}^m r_{jl}^2}. \quad (7)$$

Перейдем к определению резервов повышения эффективности производства.

Можно считать, что в базисный период совокупность предприятий отрасли распадается на S классов по качеству. Будем считать, что эти классы уже упорядочены и обозначим их через $A_1, \dots, A_s$. Следовательно, развитие объекта можно отождествить с его движением по классам $A_1, \dots, A_s$. При этом переход через несколько классов — довольно редкое явление. Обычно это связано с резким изменением регулирующих воздействий и не всегда возможно. Заметим, что переход объекта из класса в класс — процесс не полностью управляемый и развитие объекта происходит пассивно.

Мы же предлагаем метод активного управления процессом перехода объекта из класса в класс. Задача состоит в том, чтобы найти набор значений регулирующих параметров некоторого объекта из класса A_i таким образом, чтобы этот объект перешел в класс A_{i+d} . Заметим, что очень большим числом d не может быть, так как невозможно сделать переход из класса с низким «качеством» в класс очень высокого «качества». Это связано с трудностями, которые не поддаются управлению. Будем считать, что объекты характеризуются признаками (параметрами) z_j , $j = \overline{1, n}$, и что имеется всего два класса A_1 и A_2 .

Математически задача состоит в преобразовании выборки класса A_1 таким образом, чтобы ее значения соответствовали выборке из класса A_2 . Другими словами, средние значения по каждому из признаков и ковариационная матрица для преобразованной выборки из класса A_2 должны быть равны средним значениям и ковариационной матрице выборки из класса A_2 .

ПЕРЕВОД ОБЪЕКТОВ ИЗ КЛАССА В КЛАСС

Пусть C и B матрицы преобразования для выборки из класса A_1 . Обозначим матрицу, характеризующую выборку A_1 , через $Z_1 = \|Z_{1hj}\|$, $k = 1, N_1$, $j = 1, n$; N_1 — число объектов в классе A_1 . Соответственно матрица $Z_2 = \|Z_{2hj}\|$, $k = 1, N_2$; $j = 1, n$, характеризует класс A_2 ; N_2 — число объектов в классе A_2 .

Проведем преобразование выборки:

$$\hat{Z}_1 = Z_1 \cdot C + B.$$

Тогда, учитывая, что средние для $\hat{Z}_1$ и Z_2 должны быть равны, получаем

$$B = \bar{Z}_2 - \bar{Z}_1 \cdot C,$$

где $\bar{Z}_i$ — средние значения по признакам по i -й выборке, $i = 1, 2$.

Из условия равенства ковариационных матриц для преобразованной выборки из класса A_1 и A_2 следует уравнение для определения матрицы C

$$C' \Sigma_1 C = \Sigma_2,$$

где Σ_i — ковариационные матрицы, построенные по выборке Z_i , $i = 1, 2$.

Обозначим через Q_i и Λ_i матрицу собственных векторов и диагональную матрицу собственных значений для матрицы Σ_i , $i = 1, 2$. Тогда матрица определяется по формуле

$$C = Q_1' \sqrt{\Lambda_1} (\sqrt{\Lambda_2})^{-1} Q_2'^{-1},$$

где $\sqrt{\Lambda_i}$ — диагональная матрица, по диагонали которой стоят корни из собственных чисел матрицы Σ_i , $i = 1, 2$. Этот результат следует из общей теории матриц [3].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЕРВОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

В нашем случае в качестве показателя эффективности выступает производительность труда. Опишем поэтапно метод решения задачи определения резервов ее повышения.

Первый этап состоит в классификации предприятий рассматриваемой отрасли по выходному показателю — производительности труда. В результате такого деления получается упорядоченная система классов по выходному показателю. При переходе в пространство Z полученные классы могут уже пересекаться. Появляется некоторая неопределенность при отнесении объектов к полученным классам. Поэтому возникает задача определения вероятностей отнесения объектов к классам. Метод определения таких вероятностей описан в работе [2].

Так как задача состоит в сравнении объектов класса A_1 с объектами из класса A_2 , необходимо выделить именно те входные переменные z , которые определяют вариацию выходного показателя y в классе A_2 . Следовательно, необходимо построить экономико-статистическую модель показателя y в классе A_2 . Полученная модель позволит упорядочить и определить веса влияния каждого из входящих показателей на вариацию показателя y .

Второй этап состоит в корректировке вероятностей отнесения объектов к классам с учетом полученных весов по признакам.

Третий — это перевод объектов из класса A_1 в A_2 с учетом вероятностей отнесения объектов к классам. Другими словами, получаем новые значения входных показателей объектов из класса A_1 . При чем эти значения такие, что объект уже принадлежит к классу A_2 .

При переводе объекта из класса A_1 в класс A_2 в случае, когда имеются ненулевые вероятности p_i, q_i принадлежности этого объекта к классам A_1 и A_2 соответственно, мы поступаем следующим образом:

$$\hat{z}_{1ih} = \left(\sum_{i=1}^n z_{1ih} c_{ih} + b_h \right) \frac{p_i}{p_i + q_i} + z_{1ih} \frac{q_i}{p_i + q_i}.$$

Перейдем к определению резервов повышения производительности труда для предприятий отрасли.

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА МОДЕЛИРОВАНИЯ

В качестве исследуемой отрасли будем рассматривать отрасль приборостроения, изготавливающую электронные вычислительные машины, промышленные прибо-

ры, средства автоматизации производственных процессов, системы автоматического управления, контрольные и измерительные приборы, приборы для научных исследований и медицины, средства механизации и автоматизации управленческого и инженерно-технического труда, ювелирные изделия и товары культурно-бытового назначения. При этом номенклатура выпускаемой продукции насчитывает примерно 20 тыс. видов изделий, существенно отличающихся своим функциональным назначением и технологией производства. Так как приборостроительная промышленность в значительной степени определяет научно-технический прогресс во всех сферах народного хозяйства, она развивается быстрыми темпами с высоким процентом обновления номенклатуры выпускаемой продукции (за 9-ю пятилетку продукция отрасли обновилась примерно на 60%).

Было исследовано 168 предприятий, удельный вес товарной продукции которых в товарной продукции отрасли составляет 78,3%, удельный вес среднегодовых основных производственных фондов — 87,4, удельный вес численности промышленно-производственного персонала (ППП) — 88,5%. Таким образом, выбранная группа предприятий достаточно представительна для рассматриваемой отрасли.

Несмотря на принадлежность исследуемой совокупности предприятий к одной отрасли, все они имеют свои особенности и представляют набор существенно различных объектов. Эти различия выражаются в неодинаковом уровне специализации, масштабах производства, видах используемого оборудования и степени его прогрессивности, профессиональном уровне и структуре кадров.

Для всестороннего отражения вариации исследуемых объектов и определения резервов повышения производительности труда первоначально были выбраны 45 признаков, характеризующих различные аспекты функционирования промышленных объектов — рабочую силу, материально-вещественные элементы производства (орудия, предмет и продукт труда), технологию и организацию производства. Все эти признаки косвенно характеризуют не подлежащие измерению существенные стороны исследуемого объекта.

Тот или иной аспект функционирования промышленного объекта описывался не одним, а группой признаков,

тесно связанных друг с другом. Обнаружение и выделение таких относительно независимых групп позволило значительно сократить число переменных, сохранив из каждой группы один или несколько признаков-представителей. Такой отбор признаков-представителей проводится на основе матрицы корреляции, учитывающей корреляционную связь признаков друг с другом.

В результате применения алгоритма диагонализации корреляционной матрицы связей признаков друг с другом [2] отобран сокращенный набор признаков.

1. Среднегодовая заработная плата рабочего, руб.
2. Коэффициент сменности оборудования.
3. Среднегодовые основные производственные фонды, тыс. руб.
4. Отношение численности рабочих к численности ППП.
5. Отношение стоимости измерительных и регулирующих приборов и устройств лабораторного оборудования к стоимости рабочих машин и оборудования.
6. Удельный вес расходов на подготовку и освоение производства в полной себестоимости продукции, %.
7. Удельный вес материальных затрат в полной себестоимости продукции, %.
8. Удельный вес оборотных средств в производственных фондах, %.
9. Удельный вес покупных изделий, полуфабрикатов и услуг кооперативных предприятий в их сумме с сырьем и материалами, %.
10. Удельный вес оборудования в среднегодовых основных производственных фондах, %.
11. Удельный вес численности рабочих в численности ППП, %.
12. Фондовооруженность рабочих, тыс. руб./чел.
13. Удельный вес вновь введенных основных производственных фондов в стоимости среднегодовых производственных фондов, %.

В качестве показателя качественного развития предприятия нами был выбран показатель производительности труда, по которому все предприятия были классифицированы на два класса: A_1 и A_2 . Класс A_1 — это предприятия с низкой производительностью труда, а класс A_2 — с высокой.

Далее будем рассматривать эти два класса по признакам. Здесь полученные два класса могут пересекаться,

Номер объекта	Значения, определяющие входные показатели						Значения выходного показателя	
	фактическое z_3	расчетное z_3	фактическое z_4	расчетное z_4	фактическое z_5	расчетное z_5	фактическое y	прогнозируемое y
1	16,78	19,93	27,14	38,25	57,46	72,31	8007	13479,71
2	14,14	19,72	38,00	38,13	64,27	85,45	8326	13483,41
3	16,27	19,89	31,40	38,20	58,32	73,96	8475	13485,14
4	13,47	19,67	30,13	38,22	62,71	82,57	8805	13485,79
5	16,47	19,90	32,64	38,19	58,48	74,75	5539	13451,12

так как рассматриваются совсем в другом пространстве. Более того, эти классы могут быть неоднородными, а для целей такого исследования необходимо иметь однородные классы. Возникла необходимость корректировать классы таким образом, чтобы новые классы стали однородными. Разумеется, речь идет о допустимой степени однородности.

Классы корректировались следующим образом. Сначала вычислялись веса принадлежности каждого объекта к своему классу, затем в классах были оставлены объекты с большим весом (порог 0,8).

В описываемом примере для простоты решено рассматривать не вероятностную, а детерминированную классификацию.

Статистическая модель производительности труда в стандартизованном масштабе имеет вид

$$y = -0,257z_5 + 0,398z_8 + 0,424z_9 - 0,278z_{10}.$$

Ниже приведены значения средних для функции y и признаков z для обоих классов. Первые числа в этих последовательностях — средние значения для функции y .

7923,79; 1822,98; 1,44; 7133,39;
4,66; 16,73; 3,18; 49,83; 31,13;
58,51; 56,01; 75,01; 4,11; 16,24.
13467,17; 1893,57; 1,45; 7448,15;
3,82; 19,92; 3,01; 63,50; 38,20;
74,82; 51,35; 72,44; 4,29; 10,74.

Если посмотреть на значения показателей в обоих классах, то

легко заметить, что выборки, рассматриваемые в пространстве Z , неоднородны.

Следующий этап состоит в переводе объектов из класса A_1 в класс A_2 . Получаемые новые значения по всем входным показателям позволяют судить о том, насколько правильно была поставлена и решена задача определения резервов повышения производительности труда, а также вскрыть эти резервы. В таблице приведены фактические значения для 5 объектов, а также прогнозируемые значения показателя y для них. Все данные приведены в условных единицах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брук В. М. Построение интегрального критерия эффективности сложной системы. — В кн. Автоматизированные системы управления. Л., 1973.
2. Распознавание образов при построении экономико-статистических моделей. Под ред. Б. Б. Розина, Б. Г. Миркина. Новосибирск, «Наука», 1975. 92 с.
3. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. М., Физматгиз, 1963. 500 с.

В. С. ЗВЕРЕВ, М. Л. ЛУКАЦКАЯ

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕГИОНА МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Определение перспектив развития хозяйства экономического района — сложный процесс, в котором участвуют народное хозяйство в целом, отрасли и собственно район. Решения, принимаемые на уровне района, подлежат согласованию с решениями, принимаемыми на уровне отраслей и народного хозяйства в целом. Все это накладывает отпечаток на моделирование процесса развития хозяйства экономического района. К модели развития хозяйства района предъявляются одновременно требования особенностей его формирования и участия в более широкой процедуре принятия решений. Первое из этих требований предполагает детальное описание моделью внутрирайонных условий, второе — укрупненное представление этих условий ввиду необходимости в короткие сроки и с привлечением минимального количества дополнительной информации осуществлять расчеты вариантов развития хозяйства района.

Естественным выходом из этого положения служит разработка двух (взаимосвязанных) моделей, предназначенных для разных целей:

1) участия в процедуре выбора основных параметров развития хозяйства района, характеризующих крупные направления развития;

2) детализированного представления о перспективной структуре хозяйства района.

В данной работе рассматривается подход к построению моделей первого типа — имитационной модели развития хозяйства экономического района. Построение

имитационной модели методом планирования экспериментов состоит из нескольких этапов.

1. Отбор факторов для проведения эксперимента.
2. Выбор границ варьирования отобранных факторов.
3. Построение матрицы планирования эксперимента.
4. Выделение существенных факторов.
5. Построение уравнений регрессии.

1. На первом этапе в качестве инструмента для предварительного отбора факторов используется детальная модель производственной структуры экономического района. Она же используется в дальнейшем при получении результатов по матрице планирования эксперимента. Эта модель описывает задачу определения состава многоотраслевых комплексов, согласованного с потребностями народного хозяйства и его возможностями по выделению средств для развития хозяйства района, а также имеющимися в районе ресурсами. Для выбранного в качестве объекта экспериментальных исследований Ангара-Енисейского региона описываемая с помощью модели задача включала более 30 различных факторов, отраженных через состав многоотраслевых комплексов, структуру отдельных комплексов (их параметры), систему уравнений и неравенств, определяющих связи между различными многоотраслевыми и региональными комплексами, возможности использования районных ресурсов.

Расчеты по модели производственной структуры (при изменениях структуры потребностей народного хозяйства и величины выделяемых им региону ресурсов и некоторых других показателей) и анализ полученных решений позволили из всех факторов отобрать те, влияние которых на основные параметры развития хозяйства региона наиболее существенно. К числу таких факторов относятся масштабы развития ряда многоотраслевых комплексов: теплоэнергетики (ТЭ), лесного (лес), производства алюминия (АЛ), меди (М), свинца (С), черной металлургии (ЧМ), нефтепереработки (Н), производства фосфоросодержащих продуктов (Ф), электрохимии (Х), а также капитальные вложения в хозяйство региона (КВ) и трудовые ресурсы одной из зон (Приангарье) Ангара-Енисейского региона (ТР II).

2. На втором этапе — установление границ варьирования выделенных факторов — анализировались исходные данные и результаты расчетов по модели. В исходных

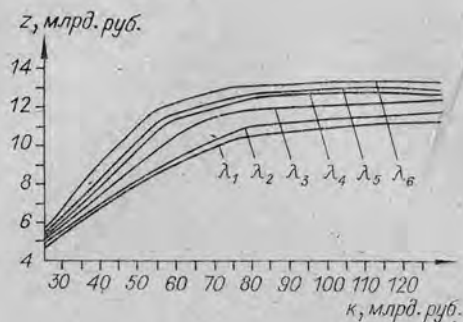


Рис. 1. Зависимость объема вывоза от величины капитальных вложений для развития разных структур.

вариантах развития многоотраслевых комплексов Ангаро-Енисейского региона предусматривались изменения масштабов производства от $Q_{i\min}$ до $Q_{i\max}$ (Q_i — масштабы производства в многоотраслевых комплексах).

Границы варьирования определяются по формулам:

$$\alpha_{i\max} = Q_{i\max} \times x_i / z_{\max}; \quad (1)$$

$$\alpha_{i\min} = Q_{i\min} \times x_i / z_{\min}, \quad (2)$$

где x_i — интенсивность функционирования многоотраслевого комплекса в регионе; $z_{\max}(z_{\min})$ — максимальный (минимальный) объем вывоза из региона (определяется в результате расчетов по модели); $i = \overline{1,9}$ — индекс многоотраслевого комплекса; $\alpha_{i\max}(\alpha_{i\min})$ — максимальный (минимальный) удельный вес i -го комплекса в структуре вывоза из региона. Исходя из особой роли теплоэнергетики для данного комплекса этот показатель не фиксировался (рассматривался в качестве свободного показателя). Ясно, что должно выполняться ограничение

$$\sum_{i=1}^9 \alpha_{i\max} \leq 1. \quad (3)$$

Максимальный и минимальный уровень капитальных вложений устанавливается на основании графического анализа зависимостей объема вывоза из региона от размеров капитальных вложений в хозяйство региона. На рис. 1 представлены эти зависимости для различных

Таблица 1

Удельный вес многоотраслевых комплексов в структуре вывоза из региона

Удельный вес	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
α_1	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460
α_2	0,240	0,232	0,226	0,200	0,186	0,186
α_3	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,123
α_4	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
α_5	0,012	0,020	0,020	0,020	0,020	0,017
α_6	0,016	0,020	0,030	0,050	0,070	0,070
α_7	0,090	0,086	0,080	0,060	0,040	0,042
α_8	0,070	0,050	0,004	0,004	0,004	0,002
α_9	0,035	0,057	0,040	0,060	0,080	0,090

структур $\lambda_j (j = \overline{1,6})$ многоотраслевых комплексов в регионе. Характеристика этих структур приведена в табл. 1.

Как видим, на осуществление самых необходимых мероприятий для развития хозяйства региона не хватает порядка 25 млрд. руб. При капитальных вложениях свыше 75 млрд. руб. происходит своеобразное «насыщение» — регион практически не может освоить за рассматриваемый период больших капитальных вложений. Таким образом, в качестве границ варьирования капитальных вложений для Ангаро-Енисейского региона можно взять 25 и 75 млрд. руб.

Верхняя и нижняя границы резервов трудовых ресурсов в Приангарье (ТР II) определялись на основе расчетов естественного и механического прироста населения. Резервы трудовых ресурсов этой зоны с учетом естественного прироста населения составили 29 тыс. чел. (нижняя граница), а с учетом естественного и механического прироста — 146 тыс. чел. (верхняя граница) (табл. 2).

3. Для построения матрицы планирования эксперимента по выделенным факторам использовался дробный факторный эксперимент. Десять отобранных факторов, границы изменения которых зафиксированы, произвольно разделены на две группы по пять факторов. Для пяти фак-

Таблица 2

Верхние и нижние границы изменения факторов

Фактор	Обозначение	Граница	
		верхняя	нижняя
ТЭ		Не фиксируется	
Лес	x_1	0,200	0,090
АЛ	x_2	0,150	0,020
М	x_3	0,009	0,008
С	x_4	0,021	0,001
ЧМ	x_5	0,171	0,006
Н	x_6	0,102	0,002
Ф	x_7	0,006	0,002
Х	x_8	0,140	0,022
КВ, млрд. руб	x_9	75	25
ТР II, тыс. чел.	x_{10}	146	29

торов построена полуреплика ($2^{5/2} = 16$ опытов); таких матриц с одинаковой структурой будет две (для первой и второй группы факторов): матрица $A(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ и матрица $B(x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10})$.

С помощью таблицы случайных чисел для выбора сочетания строк (т. е. для каждой строки матрицы A случайно выбиралась строка матрицы B) получена матрица планирования эксперимента для 10 факторов (табл. 3).

4. После проведения 16 расчетов по исходной модели с заданными значениями факторов, определяемых матрицей планирования эксперимента (см. табл. 3), из 10 рассмотренных факторов выделяются наиболее существенно влияющие на показатели. Эта процедура осуществляется следующим образом. При анализе определенного фактора для каждого показателя («выхода») выделяются совокупности его значений, соответствующих уровням (+) и (—). Сравнивая эти выходные значения в положительной (+) и отрицательной (—) зонах для каждого фактора, можно выявить их особенности и сделать некоторые выводы.

Для каждого из выходных показателей были начерчены соответствующие графики расположения точек в за-

Таблица 3

Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Фактор									
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
1	+	—	+	+	—	—	+	—	+	—
2	—	+	+	+	—	+	—	+	—	—
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	—	—	+	+	+	+	+	—	+	+
5	+	—	—	+	—	—	+	+	+	—
6	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—
7	+	+	—	+	+	+	—	+	+	—
8	—	—	—	+	+	—	—	—	+	+
9	+	—	+	—	—	—	—	+	+	+
10	—	+	+	—	—	—	—	+	—	+
11	+	+	+	—	+	+	+	—	—	+
12	—	—	+	—	+	—	+	+	—	—
13	+	—	—	—	—	+	+	+	—	+
14	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+
15	+	+	—	—	+	+	—	—	—	—
16	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—

Примечание. Верхняя граница изменения факторов обозначена (+), нижняя — (—).

висимости от минимального или максимального уровня факторов в проведенных 16 опытах. Один из этих графиков (для общего объема вывозимой продукции) приведен на рис. 2.

Расположение совокупностей точек в зонах может быть нейтральным (т. е. границы совокупностей точек в зонах для отдельного фактора находятся примерно на одном уровне, как, например, нефтепереработка (Н) и электрохимия (Х) на рис. 2) или ненейтральным (т. е. границы совокупности точек одной из зон могут быть шире другой, совокупности могут быть смещены вверх или вниз относительно друг друга, например лес, капитальные вложения (КВ) и трудовые ресурсы (ТР II на рис. 2)). Наличие смещения и его величина показывают направление

Таблица 4

Сводная таблица значимости факторов

Результат	Лес	АЛ	М	С	ЧМ	Н	Ф	Х	КВ	ТР П
Z	+	+-	+-	+-	+-	-	-	-	+	+
ТЭ	+	+	+	+	+	+	+-	+-	+	-
Лес	++	+-	+	-	-	+-	+-	+	+	+
АЛ	+-	++	+-	+	-	+-	+	+-	+	+
М	+	+-	+-	+	+-	-	-	-	+	+
С	-	-	+-	++	+	+	+-	-	+	+
ЧМ	+	+-	+-	++	++	-	+-	+-	+	+
Н	+-	+-	+-	+	+	++	+-	-	+	+
Ф	+-	+	-	+	+-	+-	+	+-	+	+
Х	-+	-	-	+	-+	-	-+	+	+	+
Итого	+	+	0	+	0	0	0	0	+	+

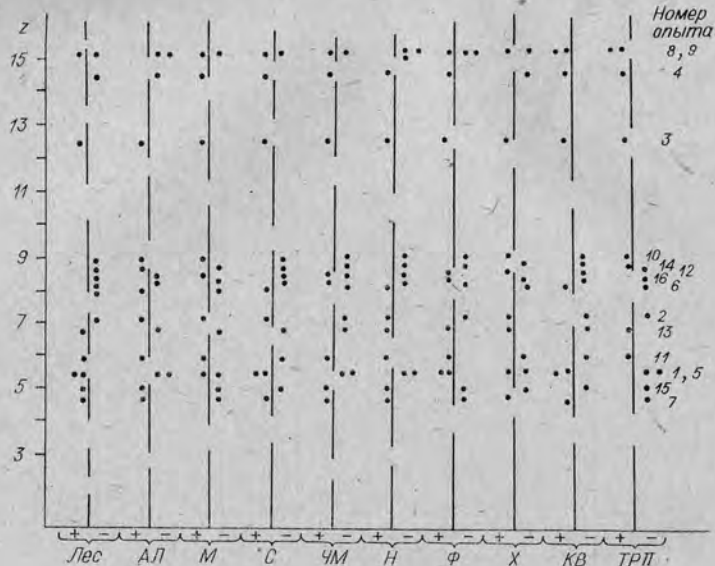


Рис. 2. Влияние факторов на объем вывозимой из региона продукции.

влияния и свидетельствуют о значимости фактора.

В результате анализа каждого графика выделяются наиболее значимые факторы. При этом используются следующие количественные (весьма приблизительные) оценки значимости факторов:

(+) — наиболее значимый фактор — преимущество одной из зон графика превышает 25% длины совокупности точек;

(+-) — менее значимый фактор — преимущество одной из зон на графике находится между 10 и 25% длины совокупности точек;

(-+) — почти не значимый фактор — преимущество одной из зон на графике между 10 и 5% длины совокупности точек;

(-) — незначимый фактор — почти нейтральное расположение совокупности точек.

Результаты анализа графиков приведены в табл. 4: наиболее существенными факторами являются масштабы развития производства лесной, алюминиевой, свинцовой

программы; объем капитальных вложений и размеры трудовых ресурсов зоны II Ангара-Енисейского региона.

5. На пятом этапе проводится полный факторный анализ для пяти выделенных факторов (лес, АЛ, С, КВ, ТР П), всего 32 опыта ($2^5 = 32$). Матрица планирования эксперимента приведена в табл. 5, границы варьирования факторов остаются прежними (см. табл. 2), а пять остальных закрепляются на среднем уровне. Используя эти значения факторов, проводятся 32 эксперимента, т. е. получаются 32 решения по исходной модели.

Результаты расчетов (решения) обрабатываются с использованием метода регрессионного анализа. В общем виде зависимость между выходными параметрами и масштабами развития многоотраслевых программ первоначально определялась как

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_4x_4 + b_9x_9 + b_{10}x_{10}, \quad (5)$$

где y — искомый показатель; x_i ($i = 1, 2, 4, 9, 10$) — выбранные нами наиболее значимые факторы; b_i ($i = 0, 1, 2, 4, 9$,

Таблица 5

Матрица планирования эксперимента (2⁵)

Номер опыта	x_1	x_2	x_4	x_9	x_{10}	z
1	+	—	+	+	—	4,1
2	—	+	+	+	—	7,8
3	+	+	+	+	+	13,1
4	—	—	+	+	+	15,2
5	+	—	—	+	—	4,3
6	—	+	—	+	—	8,6
7	+	+	—	+	+	13,4
8	—	—	—	+	+	16,0
9	+	—	+	—	—	4,1
10	—	+	+	—	—	6,3
11	+	+	+	—	+	5,1
12	—	—	+	—	+	7,5
13	+	—	—	—	—	4,3
14	—	+	—	—	—	6,5
15	+	+	—	—	+	5,2
16	—	—	—	—	+	7,7
17	+	—	+	+	+	14,2
18	—	+	+	+	+	15,1
19	+	+	+	+	—	4,1
20	—	—	+	+	—	7,8
21	+	—	—	+	+	14,5
22	—	+	—	+	+	15,1
23	+	+	—	+	—	4,3
24	—	—	+	+	—	8,6
25	+	—	+	—	+	5,6
26	—	+	+	—	+	6,5
27	+	+	+	—	—	4,1
28	—	—	+	—	—	7,0
29	+	—	—	—	+	5,8
30	—	+	—	—	+	6,7
31	+	+	—	—	—	4,3
32	—	—	—	—	—	7,4

10) — соответствующие коэффициенты регрессии — находятся по формулам:

$$b_0 = \sum_{j=1}^{32} y_j / 32, \quad b_i = \sum_{j=1}^{32} y_j e_{ij} / 32 \quad (6)$$

(y_j — значение показателя в j -м опыте, e_{ij} — единичный орт, знак которого соответствует знаку, стоящему на пересечении j -й строки и i -го столбца табл. 5, представляющей матрицу планирования эксперимента). Например, для

вывоза из региона уравнение регрессии имеет вид

$$z = 8,12 - 1,21 x_1 - 0,23 x_2 - 0,14 x_4 + 2,28 x_9 + 3 x_{10}. \quad (7)$$

Подобного вида уравнения регрессии были построены для объемов производства (масштабов развития) многоотраслевых комплексов Ангара-Енисейского региона.

Однако сделанные в ходе построения уравнений регрессии предположения, в частности о взаимной независимости факторов, о линейном характере зависимостей показателей от факторов, не позволяют считать полученную модель производственной структуры Ангара-Енисейского региона вполне удовлетворительной. Сопоставление показывает, что имеются расхождения между параметрами, полученными в результате расчетов по данной модели и по исходной.

Модель можно улучшить несколькими способами. Первый из них мог бы состоять в разбиении области варьирования факторов на несколько подобластей таким образом, чтобы получить отдельные линейные уравнения регрессии, для каждой совокупности приближающиеся к реальной зависимости. Однако этот процесс трудоемок, так как заранее не известно, сколькими отрезками можно аппроксимировать реальную зависимость и каковы границы этих отрезков и, следовательно, необходимо будет проводить несколько последовательных итераций.

Второй способ улучшения полученной модели — построение нелинейной регрессионной модели путем введения в нее слагаемых, отражающих взаимодействия факторов.

Для выявления и учета эффекта взаимодействия факторов с использованием данных табл. 5 была построена матрица планирования эксперимента некоторых произведений основных факторов — $x_1, x_2, x_4, x_9, x_{10}$ (табл. 6). На основе этой матрицы по формулам (6) определяются коэффициенты регрессии при соответствующих произведениях факторов. Коэффициент регрессии показывает степень взаимодействия факторов. Из табл. 6 видно, что самыми значимыми являются взаимодействия факторов x_1 и x_{10} , факторов x_9 и x_{10} . Они соответственно равны 0,44 и 1,91. Включение этих взаимодействий в модель может снизить остаточную дисперсию. Однако в отличие от взаимодействий

Таблица 6

Матрица планирования эксперимента взаимодействия факторов

Номер опыта	Фактор									
	$x_1 x_2$	$x_1 x_4$	$x_1 x_9$	$x_1 x_{10}$	$x_2 x_4$	$x_2 x_9$	$x_2 x_{10}$	$x_4 x_9$	$x_4 x_{10}$	$x_9 x_{10}$
1	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—
2	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+
5	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—
6	—	+	+	+	+	+	—	+	+	—
7	+	—	+	—	—	+	+	—	—	+
8	+	+	—	—	+	—	—	—	—	+
9	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+
10	—	—	+	+	+	—	—	—	—	+
11	+	+	—	+	+	—	+	—	+	—
12	+	—	+	—	—	+	—	+	+	—
13	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+
14	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+
15	+	—	—	+	+	—	+	+	—	—
16	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—
17	—	+	+	+	+	—	—	+	+	+
18	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+
19	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—
20	+	—	—	+	—	+	+	—	—	—
21	—	—	+	+	+	—	—	—	—	+
22	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+
23	+	—	+	—	—	+	—	—	+	—
24	+	+	—	+	+	—	+	—	+	—
25	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—
26	—	—	+	—	+	—	+	—	+	—
27	+	+	—	—	+	—	—	—	—	+
28	+	—	+	+	—	+	+	—	—	+
29	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—
30	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—
31	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+
32	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

$$b_i \quad | 0,04 | 0,03 | -0,16 | 0,44 \quad | 0,05 \quad | 0,07 \quad | -0,14 | 0,0015 | 0,04 \quad | 1,91$$

вия x_9 и x_{10} , взаимодействие x_1 и x_{10} оказывает существенно меньшее влияние на остаточную дисперсию, и, следовательно, это взаимодействие можно не включать в модель.

В результате учета слагаемых, отражающих взаимодействие факторов x_9 и x_{10} , полученные ранее уравнения регрессии расширяются. Например, уравнение регрессии для вывоза из Ангара-Енисейского региона (7) будет

иметь вид

$$z = 8,12 - 1,21 x_1 - 2,23 x_2 - 0,14 x_4 + \\ + 2,28 x_9 + 3 x_{10} + 1,91 x_9 x_{10}.$$

Уточненная модель значительно лучше отражает условия формирования структуры хозяйства Ангара-Енисейского региона. В то же время она довольно проста по структуре и позволяет за короткое время проанализировать возможное влияние развития отдельных многоотраслевых комплексов на объем вывоза из региона и масштабы производства в других многоотраслевых комплексах, провести корректировку основных направлений развития при изменениях в количестве трудовых ресурсов, привлекаемых в регион, и величине выделяемых ему капитальных вложений.

Укрупненное (агрегированное) представление в модели структуры хозяйства региона определяет и ее место в системе перспективного территориально-производственного планирования. Эта модель предназначена для использования на стадии разработки концепции долгосрочного плана развития хозяйства региона. При этом не только количественная зависимость, выраженная уравнениями регрессии, но и сам процесс формирования модели может иметь содержательную интерпретацию. В частности, он может рассматриваться как процесс выявления положений, характеризующих концепцию развития хозяйства региона.

Д. С. ШПИЛЬФОЙГЕЛЬ

К МЕТОДОЛОГИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В литературе, посвященной прикладным аспектам моделирования статистических зависимостей, встречаются предупреждения о необходимости сочетать конкретно-профессиональные знания о предмете моделирования со статистическими.

К сожалению, одними предупреждениями все и ограничивается. В одной из наиболее полных книг такого рода [4] содержится около двух десятков обращений к вопросу, однако все они варьируют одно и то же. Вот типичный пример общего характера: «Статистический анализ служит только инструментом, применяемым исследователем. Аналитик (т. е. статистик, — Д. Ш.) должен быть специалистом в своей области, он не может использовать свою статистическую подготовку, не разбираясь в существе анализируемых проблем, как плотник не может применить своего умения, не имея досок и не зная предмета, который нужно сделать» [4, с. 483].

Подобным же образом говорится о таких важных в прикладном статистическом моделировании вопросах, как исследование причин статистически наблюдаемых зависимостей и использование найденной закономерной связи для предсказания неизвестных событий.

В настоящей статье предпринимается попытка выяснить, каким образом соединяются предмет и метод в прикладном моделировании зависимостей и от чего зависит вариация моделируемых показателей.

ПРЕДМЕТ И МЕТОД В ПРИКЛАДНОМ СТАТИСТИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ

Практика прикладных статистических исследований вообще накопила богатый опыт, которым можно воспользоваться для изучения интересующего нас вопроса. При этом не обязательно опираться только на опыт моделирования статистических зависимостей. Соотношение предмета и метода носит достаточно типичные черты и в других областях статистики, где оно, кроме того, отличается большей наглядностью.

Большой интерес представляют статистические работы В. И. Ленина. Для наших целей достаточно ограничиться его исследованиями, посвященными развитию капиталистических отношений в России, а именно разложению крестьянства в пореформенную эпоху. Этот вопрос рассматривается в ранней работе «Новые хозяйственные движения в крестьянской жизни (по поводу книги В. Е. Постникова «Южно-русское крестьянское хозяйство»)» и значительно более глубоко и широко — в работе «Развитие капитализма в России». Как же он решается?

«Развитие капитализма в России» открывается теоретической главой, в которой с политэкономических позиций рассматривается среди прочих вопрос о разорении мелких товаропроизводителей как предпосылке возникновения внутреннего рынка. Вторая глава («Разложение крестьянства») непосредственно отталкивается от этого теоретического положения: «Мы видели, что основой образования внутреннего рынка в капиталистическом производстве является процесс распада мелких землевладельцев на сельскохозяйственных предпринимателей и рабочих... Следовательно, наша задача состоит в том, чтобы изучить основные черты этого явления и определить его значение» [2, с. 61].

Цель работы, таким образом, определяется, исходя из ее политэкономического аспекта. Переход к статистическим методам достижения этой цели следует сразу же после ее определения. Вот как это выглядит в статье «Новые хозяйственные движения в крестьянской жизни»: «...мы должны теперь заняться систематической сводкой... данных, чтобы... решить вопрос, кто прав — «городская

ли интеллигенция», рассматривающая крестьянство как нечто однородное, или Постников, утверждающий, что разнородность огромная? и затем насколько глубока эта разнородность? препятствует ли она общей характеристике крестьянского хозяйства со стороны политико-экономической, на основании одних только средних данных?» — [3, с. 9].

Прием, используемый В. И. Лениным для изучения основных черт дифференциации крестьянства, — так называемая типологическая группировка. Ее проведение требует, во-первых, выбора и обоснования признака группировки, во-вторых, количественной его характеристики и разбиения всего диапазона вариации на конкретные численные значения или группы значений и, наконец, в-третьих, численной характеристики полученного типа с помощью средней арифметической или объемных характеристик так, чтобы выделенные типы могли сравниваться между собой. Типологическая однопризнаковая группировка проводится несколько раз по различным признакам, характеризуя процесс расслоения крестьянства с различных сторон. Полученные в результате группы отличаются уже системой признаков. Анализ групп, сравнение их друг с другом по этой системе ведет, далее, снова к политэкономическому рассмотрению групп, их взаимоотношений и к выделению уже типов явлений. Политэкономический аспект проблемы, таким образом, как бы дает цель применению статистических приемов и выдвигается на первый план при подведении итогов, при осмыслении результатов их использования.

Рассмотрим внимательнее «Новые хозяйственные движения в крестьянской жизни».

Выбирая группировочный признак, В. И. Ленин сопоставляет признак «величина посева» с признаком «число десятин наделной земли» и показывает, что первый правильнее представляет реальное положение дел. По найденному существенному признаку проводится группировка и показывается разнородность совокупности, состоящей из нескольких групп. Эта разнородность подтверждается затем группировкой по землевладению и землепользованию, по распределению рабочего скота и мертвого инвентаря. Рассматривается и показывается связь распределения инвентаря с группировкой по числу десятин посева (чем крупнее хозяйство, тем оно лучше

обеспечено инвентарем). Затем, сводя данные, «характеризующие степень имущественного обеспечения крестьян и размеры их хозяйства в разных группах», В. И. Ленин переходит к рассмотрению характера хозяйства крестьян различных групп, способа их ведения.

Начиная с эффективности затрат и устанавливая, что в высших группах на данную площадь посева приходится меньше рабочего скота и расходов на мертвый инвентарь, продуктивный скот и на душу работника по сравнению со средними и низшими, В. И. Ленин обращается к доходам и расходам хозяйств, выделяет из всей используемой земли «рыночную» площадь и показывает, что денежный доход в высших группах существенно выше. «Высшие группы ведут уже коммерческое хозяйство; целью производства хлеба является получение дохода. Наоборот, в низших группах земледелие не покрывает необходимых нужд семьи...» [3, с. 31]. Далее говорится о том, что низшие группы прибегают к продаже рабочей силы, а высшие — к покупке ее, и непосредственно начинается обсуждаться вопрос о качественном описании расслоения крестьянства: «Если у одной части крестьян целью земледелия является коммерческая выгода и результатом — крупный денежный доход, а у другой — земледелие не покрывает даже необходимых потребностей семьи, если высшие группы крестьян основывают свое улучшенное хозяйство на разорении низших, если зажиточное крестьянство в значительной степени пользуется наемным трудом, а бедное вынуждается прибегать к продаже своей рабочей силы, — то это уже, несомненно, качественные различия, и нашей задачей теперь должно быть группировать крестьянство по различиям в самом характере их хозяйства (разумея под характером хозяйства особенности не техники, а экономики)» [3, с. 35—36].

Сводя все выделенные группы в три большие: низшую, среднюю и высшую, В. И. Ленин получает возможность дать характеристику экономического положения каждой из этих групп в отдельности и «выявить, таким образом, размеры и причины экономической розни в крестьянстве».

Низшая группа очень бедна, ее хозяйства находятся в «крайне печальном положении», в полном упадке, ведутся случайно: высевается то, что есть, где и как

попало. Главная черта этой группы — продажа рабочей силы.

К средней группе относятся хозяева, живущие исключительно на доходы от своего посева, размер которого едва покрывает необходимые потребности семьи. Недостаток живого и мертвого инвентаря делает хозяйство крестьян этой группы непрочным, шатким, особенно ввиду угрожающей тенденции высшей группы к вытеснению низшей и средней.

Высшую группу составляет зажиточное крестьянство. У них средства производства «значительно выше среднего», труд значительно более продуктивен, оно «является главным, преобладающим над остальными группами, производителем сельскохозяйственных продуктов во всем районе». По характеру своему хозяйство этой группы — «коммерческое, основанное в весьма значительной степени на эксплуатации наемного труда» [3, с. 61].

Каковы причины дифференциации крестьянства и усиления экономической розни в нем, имеющие важнейшие последствия? Ответ таков: «...почвой, на которой вырастают вышеописанные явления, является производство продукта на продажу. Основная причина возникновения в крестьянстве борьбы экономических интересов — существование таких порядков, при которых регулятором общественного производства является рынок» [3, с. 66].

В «Развитии капитализма в России» ход мысли такой же, но там используется гораздо более обширный материал и выводы о расслоении крестьянства получаются более весомыми. Характеристика типов крестьянских хозяйств там тоже более подробная, а вывод о росте производства на продажу, т. е. о роли рынка как регуляторе производства, обосновывается и со многих других точек зрения.

Итак, политэкономия определила цели статистического исследования и дала истолкование его результатам. Этим взаимоотношения теоретического, качественного и количественного аспектов не ограничиваются. В рассматриваемых работах В. И. Ленина правильное использование статистических приемов опирается на широкий спектр знаний из различных областей. Экономика и технология сельскохозяйственного производства, история и право, экономико-географические особенности различных районов страны, экономическая статистика, в частности

сельскохозяйственная, — такой круг наук используется им при выборе и обосновании признаков группировки, разбиении их на интервалы или отдельные количественные значения, при подсчете средних и объемных обобщающих величин, при истолковании результатов, при сопоставлении группировок друг с другом по различным признакам и районам. Обобщая на примере исследования разложения крестьянства, проведенного В. И. Лениным, взаимоотношения статистики с политэкономией и другими науками в целом, мы можем сказать, что здесь политэконом мыслит статистическими образами, а статистик не может не быть экономистом и политэкономом.

Это особенно ясно видно на примере использования В. И. Лениным такого приема, как вычисление средней. Еще в «Новых хозяйственных движениях в крестьянской жизни» он задается вопросом о том, препятствует ли «разнородность крестьянского хозяйства его общей характеристике со стороны политэкономической на основании одних только средних». Полный ответ на этот вопрос дается в «Развитии капитализма в России».

Приводя данные о живом и мертвом инвентаре по группам хозяйств трех уездов Таврической губернии [2, гл. 2, § 1], В. И. Ленин замечает: «Достаточно взглянуть на эту таблицку, чтобы понять полную фиктивность тех «средних» цифр, с которыми так любят оперировать у нас, говоря о «крестьянстве» [2, с. 65]. Далее: «Отметим кстати здесь то интересное явление, что «средние» бюджетные данные почти всегда характеризуют хозяйство, стоящее выше среднего типа, т. е. изображают действительность в лучшем свете, чем она есть [2, с. 141]. «Не ясно ли, что мы получим особый «тип развития», если будем складывать хозяйства батраков и поденщиков с хозяйствами крестьян, нанимающих рабочих, и делить сумму на число слагаемых» [2, с. 163].

«Средняя» правомерна лишь тогда, когда она вычислена для однородной совокупности, когда за ней стоит политэкономическое содержание. «Средняя» по неоднородной совокупности, огульная, имеет фиктивный характер, представляет собой пример «неправильного», не поддержанного теорией вычисления. Эта неправильность, если ее не распознать, ведет к неверным теоретическим выводам или же к «чистым» вычислениям, «статистическим

упражнениям», по выражению В. И. Ленина. Само понятие средней, таким образом, неотделимо от ее в данном случае политэкономического содержания, оно представляет собой сплав политэкономического и статистического. Суть средней как статистического понятия состоит в том, какое содержание она отражает, а не в том, как ее вычислять, хотя и это важно.

В этом своем качестве — отражать некое содержание — средняя может рассматриваться абстрактно, независимо от того, применяется ли она к решению социально-экономических, биологических или иных вопросов. На этом уровне средняя рассматривается уже с позиций статистической методологии, сейчас нужно искать ответы на такие вопросы: что такое однородная совокупность? чем она определяется? какая связь между одним числом — средней и массой данных, совокупностью? Ответы на эти вопросы позволяют дать характеристику средней с различных сторон.

Мы видим, что для решения политэкономического вопроса о расслоении крестьянства необходимо знать природу статистических явлений, понимать их массовый характер. Это — существенная черта прикладных статистических исследований. Важно подчеркнуть определенную самостоятельность этого аспекта применения статистических методов.

С природой статистических явлений связан и ответ на вопрос о взаимоотношениях предмета и метода. Уже говорилось, что исходя из предмета определяется цель использования методов, проводится истолкование полученных результатов и определяются рамки и направление исследования. К этому остается добавить, что абстрактные статистические понятия в конкретном исследовании воплощаются в формы, данные этой конкретностью. Так, В. И. Ленин в своих работах оперирует не абстрактной средней, а средней площадью посевов, выраженной в количестве десятин посева, средними расходами на ремонт инвентаря и т. д. Такая «конкретная средняя» одновременно относится и к статистике, и к политэкономии, и к экономике и технологии сельского хозяйства конкретно указанного периода времени.

К такому же выводу можно прийти с другой стороны. Объект статистики как абстрактной науки — совокупности, массы более или менее похожих друг на друга единиц.

Объект политэкономии — отношения людей в процессе производства, понимаемом широко. (В книге В. И. Ленина «Развитие капитализма в России» — это отношения крестьянских хозяйств). Объект политэкономии имеет, тем самым, тоже массовый характер, изучение которого требует соответствующих методов. Политэкономия и статистика «пересекаются» на предмете изучения. Статистика дает конструкции, с помощью которых массовый материал обрабатывается, и, опираясь на которые, политэкономия делает свои выводы. Каждая статистическая конструкция, поскольку она опирается на конкретную совокупность, единицы которой выражены экономическими мерами, выступает и как экономический показатель.

В этом отношении политэкономия не отличается от других наук, предметом которых являются совокупности единиц, например биологии, геологии, физики и т. д. И для них характерно то же соотношение предмета и метода.

ОДНОЗНАЧНЫЕ И МНОГОЗНАЧНЫЕ ПРИЧИННЫЕ СВЯЗИ

Причинность — одна из форм всеобщей взаимозависимости явлений объективного мира. Причинная связь двух явлений состоит в том, что одно (причина) с необходимостью вызывает другое (следствие). Все явления в мире причинно обусловлены, беспричинных явлений не существует. Всеобщий характер причинной связи выражается в законе причинности и определяет общий подход к познанию природы и общества.

Знать причину явления необходимо, чтобы «овладеть» миром — для предсказания будущих событий и для управления ими. Зная, что A есть причина A' , мы можем при наступлении A с уверенностью предсказать A' . Желая вызвать A' , мы должны вызвать появление его причины, т. е. вызвать A .

Проведем сравнение связей однозначных с многозначными. Первые рассматриваются в традиционной логике по отношению к индивидуальным объектам и выражаются классическим законом причинности: если явление A

есть причина явления A' , то всегда и везде, где появляется A , за ним неизменно следует A' , всегда и везде, где появляется A' , ему предшествует A . В этом — смысл неразрывной однозначной связи.

На нем основаны приемы индуктивной логики, рассматривающие не отдельные неразрывные однозначные связи, а их более сложные причинно-следственные образования, включающие, например, «механические» сложения, что больше соответствует зависимостям, встречающимся в реальной жизни. Цель приемов индуктивной логики — разложить сложные образования на элементарные причинно-следственные связи. Этот подход предполагает, что друг с другом сопоставляются одинаковые образования по составу. Например, одно из правил, выведенных Дж. Ст. Миллем, правило метода сходства «Если два или более случая подлежащего исследованию явления имеют общим лишь одно обстоятельство, в котором только и согласуются все эти случаи, то это обстоятельство и есть причина (или следствие) данного явления» (Цит. по [4, с. 105]) расширяруется следующим образом.

Если за $A + B + C$ следует $A' + B' + C'$, то для того, чтобы узнать, что именно последует за A , когда оно осуществится в отдельности (пока лишь мы имеем основания ожидать, что за A последует либо A' , либо B' , либо C'), необходимо к имеющемуся наблюдению присоединить два новых: за $A + B + D$ следует $A' + B' + D'$ и за $A + C + D$ следует $A' + C' + D'$. Первые два из трех пар наблюдений говорят о том, что A' не может быть следствием C , а первое и третье — о том, что A' не может быть следствием B . Рассматривая все наблюдения вместе, устанавливаем:

- 1) A' есть следствие либо A , либо B , либо C ;
- 2) A' не есть следствие ни B , ни C ;
- 3) A' есть следствие A .

Отсюда видно, что это правило позволяет выделить связь A' с A при сопоставлении пар одинаковых по составу образований ($A + B + C$ с $A' + B' + C'$, $A + B + D$ с $A' + B' + D'$ и $A + C + D$ с $A' + C' + D'$).

Однозначными связями не исчерпывается все многообразие связей. Существуют еще и многозначные связи, не неразрывные, множественные. Одна и та же причина может вызвать различные следствия, одно и то же следствие может быть вызвано различными причинами. При-

мером множественности причин в сфере экономики может послужить повышение рентабельности производства. Оно может быть вызвано повышением производительности труда, фондоотдачи, качества продукции, снижением себестоимости и другими причинами. Пример множественности следствий — применение нового оборудования, которое вызывает повышение производительности труда, улучшение технологии, повышение качества продукции и другие следствия.

Между классическим законом причинности и неразрывной однозначной связью, с одной стороны, и множественной связью, с другой, нет внутреннего противоречия, хотя, на первый взгляд, между ними не может быть ничего общего. Приведем выдержку из работы [5], автор которой обнаружил множественность следствий и установил ее внутреннюю связь с классическим законом причинности.

«Практика номографического исследования имеет дело с весьма сложными явлениями: те $A, B, C \dots$ и $A', B', C' \dots$, между которыми требуется установить наличность или отсутствие причинной связи, представляют из себя комплексы более простых причин и следствий. Пусть, как это вытекает из определения причинной связи, каждая простейшая причина однозначно связана со своим следствием. Нетрудно обнаружить, что, несмотря на это, между сложными группами причин и следствий возможны связи многозначные, — такого рода, что за одной причиной будет следовать то одно, то другое действие, и одно действие будет иметь несколько причин.

В самом деле, пусть все простейшие причины $\alpha, \beta, \gamma, \delta \dots$ связаны со своими элементарными следствиями $\alpha', \beta', \gamma', \delta' \dots$ узлами неразрывной причинной связи, так что ни α' без α , ни β' без β никогда и нигде не встречаются и встретиться не могут. В таких условиях между сложными группами элементарных причин и следствий могут возникнуть отношения неразрывной связи. A' связано с A неразрывно, если A складывается из элементарных причин $\alpha + \beta + \gamma$, а A' — из элементарных следствий $\alpha' + \beta' + \gamma'$. Если A не осуществится во всей своей полноте, если не будет в нем представлен хоть один из составных элементов, например γ , то в следствии не будет элемента γ' , и это будет уже явление, похожее на A' , но не A' .

...Но предположим, с другой стороны, что сложная причина A складывается из элементов $\alpha + \beta + \gamma + \delta$, тогда как в состав сложного следствия, приводимого с нею в связь, входят лишь элементарные следствия $\alpha' + \beta'$. В таком случае, чтобы имело место A' , не требуется, как необходимое условие, чтобы осуществилось A . Достаточно, чтобы осуществились те его элементы, которые соответствуют элементарным следствиям в составе A , т. е. $\alpha + \beta$. Если α и β налицо, то за ними последует A' всегда и везде, независимо от того, присоединятся ли к ним элементы γ и δ , которые вместе с ними дают явление A' . У следствия A' будет не только причина A , но и B , и может быть целый ряд других причин, сходствующих между собой в том, что в них входят элементарные причины α и β , но различающихся тем, что кроме α и β в них входят различные элементы μ , ν и т. д.

Предположим далее, что причина A складывается из элементов $\alpha + \beta$, тогда как следствие A' состоит из элементов $\alpha + \beta + \gamma + \delta$. В таком случае у нашей причины будет не одно только следствие A' , но может иметься много других, похожих друг на друга тем, что во все входят элементарные следствия α' и β' , но отличающиеся одно от другого остальными составными элементами.

Если мы, наконец, попробуем привести в причинную связь такие два явления A и A' , которые складываются отчасти из соответствующих друг другу элементарных причин и следствий, отчасти же из элементарных причин и следствий, друг с другом в связи не стоящих, если, например, $A = \alpha + \beta + \gamma$, а $A' = \alpha' + \beta' + \delta'$, то получим между ними такого рода связь, которая будет характеризоваться одновременно и множественностью причин и множественностью следствий» [5, с. 114—115].

Итак, в отличие от случая классического закона неразрывной причинности, множественная связь возникает при несовпадении составов элементарных причин и следствий, входящих в сопоставляемые явления. Если причина сложнее следствия, то имеет место множественность причин, если следствие сложнее причины, то возникает множественность следствий. В множественной связи нет ничего принципиально необъяснимого по сравнению с однозначной. Одна вырастает из другой, и одна к другой сводится. Закон причинности не отменяется, не умирает,

а видоизменяется. Этот факт, имеющий важное философское значение, важен и с точки зрения использования статистических методов в практических целях.

В теории вероятностей широко применяются механизмы игр и урновые схемы. А. А. Чупров пользуется ими для иллюстрации множественности следствий, которую нетрудно увидеть, рассматривая типичные для теории вероятностей ситуации: метание монеты или шестигранной кости, извлечение карты из колоды, извлечение шара из урны. Различие результатов при неоднократных испытаниях (т. е. падение монеты то одной, то другой стороной кверху, извлечение различных карт, извлечение шаров различного цвета) легко объясняется тем, что возможных следствий при каждом испытании не одно, а несколько и каждое имеет одинаковую возможность быть реализованным.

Если бы мы могли дозировать подбрасывающее усилие, с достаточной точностью определять точку приложения его к монете и вызванные этим толчком в определенную точку все перевороты монеты в воздухе, могли бы при этом учесть сопротивление воздуха и все остальное, что влияет на падение монеты, то могли бы и вычислить, какой стороной упадет монета. Множественность была бы устранена.

Другой способ, который мог бы привести к той же цели, состоит уже не в усложнении причины, а в соответствующем упрощении следствия. Подбрасывание монеты даст либо «орла», либо «решку». И мы, тем самым, приходим тоже к однозначной причинной связи.

А. А. Чупров в приведенном отрывке рассматривает отвлеченную схему, ограничиваясь аддитивным характером взаимодействий элементарных причин. Это — не более, чем представление, причем для частного, относительно простого случая. Однако это «представление для частного случая» имеет общий характер. Для данного частного случая обоснованность представления А. А. Чупрова о переходе однозначных связей в множественные ясно иллюстрируется опытами Дербишира [6] и их анализом, проведенным Н. С. Четвериковым [7], и приборами, с помощью которых идея множественности следствий прослеживается на механической модели образования биномиального распределения (например, прибор Гальтона (см. [8, с. 33])).

Возможность прямого доказательства верности представления А. А. Чупрова на каком-нибудь реальном объекте, в том смысле, чтобы вместо α , β , γ ,... и α' , β' , γ' ,... поставить определенные конкретные элементарные причины и следствия, отсутствует из-за того, что любой реальный объект содержит настолько большое число элементарных причин и следствий и их взаимодействий между собой, что их физически проследить нельзя. «Такая наука, — писал Ф. Энгельс, — которая взялась бы проследить случай с этим отдельным стручком (речь идет о стручке гороха — Д. Ш.) в его каузальном сцеплении со все более отдаленными причинами, была бы уже не наукой, а простой игрой, ибо этот самый стручок имеет еще бесчисленные другие индивидуальные свойства, являющиеся случайными: оттенок цвета, толщину и твердость оболочки, величину горошин, не говоря уже об индивидуальных особенностях, доступных только микроскопу. Таким образом, с одним этим стручком нам пришлось бы проследить уже больше каузальных связей, чем сколько их могли бы изучить все ботаники на свете» [1, с. 534].

Отсутствие физической возможности проследить все отдельные причинные зависимости не означает их неуловимости, невозможности овладения ими. Это овладение происходит на основе изучения массы отдельных однозначных причинных связей, взятой в целом, с помощью статистической совокупности. Такой подход вполне удовлетворителен — он позволяет влиять на множественные следствия, управлять ими и пользоваться результатами управления. Реальность управления такого рода связями доказывает и правильность представления А. А. Чупрова. Следует упомянуть о сугубо практическом аспекте. Практическая необходимость противоречит однозначному подходу к явлению, складывающемуся из массы единичных случаев. Нас часто интересует не только рост одного человека, а распределение по росту населения республики, не только успеваемость ученика Иванова, а успеваемость всего класса, школы, всех школ района.

Методы обработки статистической совокупности дают возможность подходить к причинно-следственным множественным связям даже в тех областях, где никаких конкретных представлений о составе причин и следствий не имеется, например в ситуации, сложившейся в квантовой физике. Более того, имеются взгляды, согласно которым

в уяснении этих причин нет необходимости, если только такое уяснение не увязано определенным образом с системным подходом.

«Знание таких причин... не добавит ничего нового в ту информацию, которая относится к более высокому уровню кодирования и которая, следовательно, выражает более глубокую сущность исследуемого объекта. Лишь если удастся связать постановку задачи о скрытых параметрах с определенными системными представлениями, и прежде всего с идеей об относительно независимых (автономных) уровнях кодирования информации и детерминации, можно будет говорить о корректной постановке задачи в методологическом плане» [9, с. 177—178]. Таким образом, однозначная причинность в случае сопоставления простой причины со сложным следствием не «исчезает», а видоизменяется, превращаясь в свою противоположность — причинную неоднозначную связь.

Рассмотрим, как этот факт проявляет себя на практике, расширим вскользь сказанное о статистической совокупности.

МНОЖЕСТВЕННОСТЬ СЛЕДСТВИЙ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ СОВОКУПНОСТЬ

Множественная связь возникает при несовпадении составов сопоставляемых причины и следствия. Возможны два типа множественной связи в зависимости от того, что сложнее — причина или следствие. Множественность следствий, возникающая при сопоставлении простой причины со сложным следствием, «играет фактически чрезвычайно видную роль» [4, с. 120] и описывается специальным математическим аппаратом — теорией вероятности. Центральное понятие этой теории — распределение. «Некоторое свойство является теоретико-вероятностным тогда и только тогда, когда оно описывается с помощью распределений» [10, с. 15]. Распределение вероятностей «составляется» из всех значений, которые может принимать случайная величина, и вероятностей, с какими каждое значение случайной величины появляется. Распределение вероятностей описывается параметрами (математическое ожидание, дисперсия, эксцесс,...), относящимися ко всей массе элементов, которые оно охватывает. Случайная пе-

ременная может принимать любое значение из диапазона, определенного распределением, она в этом отношении обладает независимостью, и вместе с тем все значения случайной величины характеризуются общностью — принадлежностью к распределению вероятностей с данными параметрами.

При реализации множественно-следственной зависимости к данной сопоставляемой простой причине присоединяются другие, неучитываемые, но реально участвующие в процессе возникновения следствия. При рассмотрении единичной реализации невозможно отделить действие сопоставляемых причин от неучитываемых, единичное следствие предстает перед нами в виде, по которому это сделать нельзя. Только масса следствий, их статистическая совокупность позволяют это. Но такое разделение нельзя было бы провести и при рассмотрении массы реализаций, если бы единицы, входящие в нее, не обладали бы определенными свойствами, точнее, если бы не обладали такими свойствами единичные причинно-следственные связи, входящие в данную массу, совокупность. Структуры единичных причинных комплексов складываются из общей и индивидуальных частей. Последние, рассматриваемые отдельно от общей всем единичным причинным комплексам части, должны быть определенным образом упорядочены в целом, чтобы их совместное, беспорядочное и бесконечно большое по числу контактов между собой влияний «вписалось» в распределение. Эта упорядоченность создается условиями, определяющими всю массу единичных однозначных причинно-следственных связей в целом. Они (условия) имеют прямое отношение к так называемой «упорядоченной случайности».¹

Проиллюстрируем сказанное простым примером измерения — определением веса. Известно, что измерение одного и того же объекта не может быть выполнено безо-

шибочно. Ошибки измерений бывают трех типов: систематические, величина которых одинакова во всех измерениях, проводящихся одним и тем же методом с помощью одних и тех же измерительных приборов и в одних и тех же условиях; случайные, величина которых различна даже для измерений, выполненных одинаковым образом, и грубые ошибки-промахи, имеющие психологический источник. «Случайные ошибки обязаны своим происхождением ряду причин, действие которых неодинаково в каждом опыте и не может быть учтено, (...) даже при взвешивании одними и теми же гири мы, вообще говоря, будем получать разные веса. Источником ошибок может быть, например, колебание воздуха, действовавшее неодинаковым образом на чашки весов, пылинки, осевшие на одну из чашек; нагревание одной половины коромысла от приближения руки взвешивающего; разное трение в правом и левом подвесе чашек и множество других причин, которые практически невозможно учесть» [12, с.11].

Учтя систематическую ошибку и промахи, что возможно в принципе, получим ряд измерений — реализаций причинных комплексов, состоящих из истинного веса — общей части и случайных причин, индивидуальных в каждом отдельном случае измерения. По отдельному взятому измерению нельзя оценить ни истинного размера, ни индивидуальной случайной ошибки.

После учета систематических ошибок и промахов остаются ошибки случайные, вызываемые причинами, накладывающимися друг на друга, сопрягающимися друг с другом бесконечным числом способов. Учет влияния случайных ошибок на определение истинного размера возможен лишь в массе благодаря их свойству в совокупности множества измерений компенсировать, «гасить» друг друга. При измерении случайные ошибки имеют одинаковую возможность быть положительными, отрицательными, принимать любое значение в диапазоне, определенном общими условиями измерения. Поэтому взятые все вместе они взаимно уничтожают друг друга и позволяют выявить истинный размер.

Пример измерения, подчеркивая свойство неучитываемых элементов причинных комплексов так влиять на истинный размер, что в совокупности эти влияния погашаются, оставляет в стороне значение самих случайных отклонений. Цель измерения — отыскание истинного раз-

¹ Упорядоченную случайность ввел в 1927 г. М. Смолуховский (см. об этом, напр., [9, 11]). Неупорядоченная случайность «не поддается измерению (стрельба по цели, расстояние до которой неизвестно), упорядоченная может быть измерена с помощью вероятности (например, когда применяются определенные методы стрельбы, указываются дальность и величина цели и т. д.). Следовательно, упорядоченная случайность — ограниченная определенными условиями» [11, с. 27].

мера — и «привнесенность» отклонений от этого размера измерительным прибором затушевывает «органическую» принадлежность этих отклонений к множественности следствий, вызванной, как уже говорилось, сопоставлением простой причины со сложным следствием и включением неучитываемых причин. Другой пример, с определением среднего роста людей, подчеркивает это. Распределение новобранцев по росту хотя и не подчиняется нормальной кривой [13, с. 16], как различные измерения одной величины, но весьма на нее похоже своей симметричностью и тем, что больше всего ростов — в центре и убывают они к краям. Роль «истинного размера» играет здесь средний рост, а роль отдельного измерения — рост отдельного человека. Еще более, быть может, «органический» характер отклонения подчеркивается на примере стрельбы, качество которой оценивается, в частности, разбросом, «кучностью». Каким образом происходит управление в рассмотренных примерах? Чтобы добиться более точного измерения, нужно воспользоваться более точными весами и гириями, принять меры для максимально возможной стандартизации процесса измерения, исключить по возможности колебания параметров среды: температуры воздуха, его движения, степени его чистоты... (Эксперименты различаются между собой своей тщательностью, тем, насколько экспериментаторы сумели поставить под свой контроль влияние возмущающих условий.)

Чтобы улучшить качество стрельбы, необходимо воспользоваться более совершенным оружием, максимально стандартизировать процесс производства выстрелов, исключить по возможности колебания среды. (Снайпер отличается от других стрелков тем, что он в большей степени управляет причинами, вызывающими отклонения попаданий от цели.) Изменения роста людей не вызываются с такой легкостью, как улучшение измерения и повышение точности стрельбы, однако процесс изменения роста людей имеет аналогичный характер — вероятностный. Общее в управлении на этих примерах состоит в том, что для улучшения массового процесса мы воздействуем на него не через единичные причинно-следственные связи, а через всю их массу одновременно и обращаемся с этой целью к варьированию крупными блоками переменных, характеризующих механизм и условия образования всех следствий, принад-

лежащих к данному процессу. Мы на практике, таким образом, подходим к массовому процессу как к единому целому. Не управление процессом созревания каждого яблока, а управление яблоней, садом. На этом уровне в качестве причин выступают механизм, «порождающий» единицы совокупности, и условия его функционирования, а в качестве следствия — общие характеристики всей массы единичных следствий, т. е. характеристики распределения. «Носителем» же массового характера множественно-следственных зависимостей выступает статистическая совокупность — форма, в которой преодолевается неоднозначность множественно-следственной зависимости. Понятие статистической совокупности играет поэтому очень важную роль не только в теории, но и в прикладных работах, связанных с использованием вероятностных и статистических методов. (Очень часто возможность получить одну только статистическую совокупность — единственный «вход» в то или иное вероятностное явление.) Если задача науки — устанавливать законы, управляющие природой и обществом, то статистическая совокупность — объект, через который проявляются многие из этих законов. Изучение статистической совокупности в этом качестве с общих позиций причинности имеет поэтому большое значение.

Таким образом, статистическая совокупность — это объект, в котором отражается сложный комплекс причинно-следственных единичных связей. При изучении этих связей некоторая их часть по тем или иным причинам остается вне контроля или даже вне возможности учета. Однако известен общий характер взаимодействия этих причин друг с другом и с систематической частью. Известные (неучитываемые) причины «накладывают» свое действие на действие систематических причин и «затушевывают» его, т. е. мешают им проявиться в «полной мере». Их взаимодействие между собой в случае, когда их очень много и влияние каждой не очень велико, характеризуется многократным «столкновением» влияний, усилением или ослаблением их и может быть измерено в целом. Взятое в целом же это взаимодействие имеет такой характер, что сочетания неизвестных (неучитываемых) причин, приводящие к большим отклонениям, сравнительно редки. Чем меньше отклонения от центральной тенденции, выражающей влияние систематических причин, тем чаще они встре-

чаются и тем более похожи друг на друга причинные цепи, приведшие к этим отклонениям. Процесс образования отклонений может быть проиллюстрирован на очень простом числовом примере. Возьмем целые числа от -3 до $+3$. Будем образовывать алгебраические суммы всех возможных сочетаний по 2 из этих чисел. Крайние значения, встречаясь с рядом стоящими, увеличивают отклонение от средней, но эти отклонения уменьшаются по мере движения к середине ряда, а затем начинают компенсироваться. Крайние значения сочетаются с рядом стоящими реже, чем со стоящими в середине и на противоположном по знаку краю. Поэтому крайние значения встречаются во вновь образованном ряду реже, чем средние. Получим в итоге следующую табличку, наглядно выражающую результат, к которому приводит процесс.

Значение суммы	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Частота	1	1	2	2	3	3	3	2	2	1	1

Если бы мы брали не по 2, а по 3 и 4 сочетания чисел из этого ряда, то увидели бы, что образованный ряд все более «густеет» к центру. Известно, что чем больше наблюдений проведено, тем ближе эмпирическое распределение к распределению, внутренне присущему массовому процессу. Чем же обеспечивается эта все возрастающая близость? Почему увеличение наблюдений ведет к «точному» закону распределения? Ответ на этот вопрос может быть получен, если обратиться к условиям, «порождающим» единицы статистической совокупности — они одни и те же для каждой единицы (совокупности), хотя конкретные значения, которые принимают переменные, характеризующие эти условия, различны в каждой реализации. Более точно можно сказать, что набор переменных, характеризующих «порождающие» условия и диапазоны их изменений, остается постоянным для каждого единичного наблюдения. Снова обратимся к нашим примерам. В случае измерения веса в качестве «порождающих» условий выступают способ измерения, технические средства (тип и характеристики) и внешние условия (температура и колебания воздуха); в случае стрельбы «порождающие условия» — это комплекс качеств стрелка, оружие, дальность стрельбы, размер мишени и внешние условия (температура и колебания воздуха). В том и другом случае статистическая совокупность обра-

зуется при одних и тех же наборах переменных, влияющих на конечные результаты, и одних и тех же диапазонах их изменения. Стоит заменить один блок переменных другим, например одни весы на другие или одного стрелка на другого, как, вообще говоря, распределение измерений и выстрелов изменится.

При рассмотрении массового явления с позиций причинно-следственных отношений напрашивается его сравнение с неким процессом, результатом которого является статистическая совокупность. Эта аналогия, не претендующая на общность, позволяет тем не менее упорядоченно рассматривать многие вопросы. Во всяком случае, она вполне уместна в ряде случаев.

Мы можем подытожить, согласно «процессному» представлению, все сказанное ранее о причинно-следственных зависимостях в случае множественности следствий. Каждый единичный результат такого процесса вызван огромным числом причин, переплетающихся друг с другом, воздействующих друг на друга, усиливающих и ослабляющих друг друга, так что ни о каком последовательном подробном описании даже одной причинно-следственной цепи не может быть и речи. Возможен лишь подход к явлению, взятому в целом. На этом уровне в качестве причин выступают порождающие условия, т. е. существенные характеристики факторов процесса — «порождающего» механизма и условий среды, а не все те многочисленные пересечения мелких причин, вызывающие данный конкретный единичный результат. В качестве следствия выступают характеристики распределения, в качестве «носителя» массового характера зависимости — статистическая совокупность, т. е. совокупность всех единичных результатов, вызванных данным процессом. Из процессного представления вытекает важность роли анализа «порождающих» условий и с ним связано одно из важнейших требований к совокупности — ее однородность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К. и Энгельс Ф. Собр. соч. Изд. 2-е. М., Госполитиздат, 1960, т. 20, с. 343—626.
2. Ленин В. И. Развитие капитализма в России. Полн. собр. соч., т. 3, с. 1—609.

3. Ленин В. И. Новые хозяйственные движения в крестьянской жизни (по поводу книги В. Е. Постникова «Южно-русское крестьянское хозяйство»). Полн. собр. соч., т. 1, с. 3—66.
4. Езекиел М., Фокс Карл А. Анализ корреляций и регрессий (линейных и криволинейных). М., Госстатиздат, 1966. 557 с.
5. Чупров А. А. Очерки по теории статистики. М., Госстатиздат, 1959. 320 с.
6. Дербишер А. Д. Некоторые таблицы, иллюстрирующие статистическую корреляцию.— В кн.: Применение методов корреляции в экономических исследованиях. М., «Наука», 1969, с. 117—203.
7. Четвериков Н. С. Статистические и стохастические исследования. М., Госстатиздат, 1963. 300 с.
8. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями. М., ИЛ, 1956. 664 с.
9. Сачков Ю. В. Введение в вероятностный мир. М., «Наука», 1971. 208 с.
10. Лозв М. Теория вероятностей. М., ИЛ, 1962. 183 с.
11. Карпенко Б. И. Развитие математико-статистических идей и образование основных научных категорий математической статистики. Автореф. докт. дис. Л., 1967. 32 с.
12. Зайдель А. И. Элементарные оценки ошибок измерений. Л., «Наука», 1967. 89 с.
13. Джини К. Логика в статистике. М., «Статистика», 1973. 128 с.

Б. Б. РОЗИН

ИЗМЕРЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Проблеме выбора наиболее рациональных измерителей для тех или иных элементов и характеристик производственного процесса предприятия посвящена обширная литература [1—7]. Здесь мы затрагиваем этот обширный и сложный комплекс вопросов лишь в той мере, в которой с ним приходится сталкиваться при построении статистических моделей экономических показателей. Решение этих вопросов предполагает предварительную классификацию измерителей. Она может проводиться по разным признакам: первичные и производные, отчетные и плановые, количественные и качественные и т. д. С точки зрения решаемой в работе проблемы, наиболее важна классификация измерителей по тому, какой элемент или характеристику производственного процесса они измеряют. С этих позиций можно выделить следующие группы измерителей:

I — измерители структурных элементов производственного процесса (основные фонды, труд, предмет и продукт труда, технология и организация производства);

II — измерители внешних, преимущественно природно-географических условий производства;

III — характеристики соотношений между структурными элементами производственного процесса;

IV — характеристики уровня автоматизации и механизации производства и труда;

V — показатели экономической эффективности процесса производства.

Измерители I и II групп можно, с определенными оговорками, отнести к первичным, остальных групп — к производным.

Приведенная классификация измерителей в определенной степени базируется на рассмотрении предприятия как преобразователя ресурсов в продукцию. Возможна и другая классификация измерителей, базирующаяся на оценке факторов эффективности приложения труда [6]. В этом случае можно выделить следующие группы характеристик:

- а) местоположение предприятия;
- в) качество используемых природных ресурсов;
- с) техническая вооруженность труда;
- д) показатели эффективности приложения труда.

Для наших целей (моделирование экономических показателей) предпочтительней первая схема.

ИЗМЕРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ

Чтобы модель могла быть эффективно использована, такая укрупненная категория, как основные фонды, должна охватывать некоторые более мелкие категории. Основные фонды могут быть разбиты на активную и пассивную части, либо на их составные элементы: стоимость машин и оборудования, зданий и сооружений, передаточных устройств и т. д.

Выбор конкретных категорий зависит от задачи исследования, оценки их роли в исследуемом процессе и характера имеющейся информации. При разбивке на категории необходимо стремиться избежать мультиколлинеарности. Для этого отдельные категории не должны точно заменять друг друга или точно дополнять друг друга. Например, включение в модель всех структурных элементов основных фондов в доленом исчислении вызывает мультиколлинеарность. Если предварительный статистический анализ показывает высокую степень корреляции между отдельными категориями затрат, то они должны быть либо объединены в одну, либо одна из них исключена.

Возможен различный подход к измерению основных фондов. Может измеряться либо а) имеющийся на данный момент общий объем фондов, либо б) действительные затраты по их содержанию и амортизации, связанной с приме-

нием фондов. Вопрос заключается в том, надо ли измерять фонды их общей балансовой стоимостью или годовыми затратами по их функционированию. В первом случае измеряется моментная величина, характеристика состояния, во втором — накопленная величина, расход. Вследствие затруднений с определением второй величины затраты по поддержанию функционирования фондов обычно принято считать пропорциональными их общему объему и составу. Однако это не всегда так. Измерение основных фондов по затратам на их содержание больше соответствует логике построения моделей по схеме затраты — выпуск. Продукция за определенный период есть результат производственного потребления части, а не всех имеющихся фондов. Что касается выбора конкретного способа измерения, то он зависит от постановки задач, назначения моделей и возможности получения информации.

В общем случае при построении моделей для короткого периода целесообразно ориентироваться на затраты по содержанию фондов, для перспективных оценок и расчетов потребности в фондах — на общий объем установленных фондов. Однако чаще из-за большей доступности используются данные об общей балансовой стоимости.

Значительные трудности возникают при попытке количественного измерения различий в качестве и структуре основных фондов. Идеальный случай, когда на обследуемой группе объектов имеется несколько типов одинаковых машин. Тогда наилучший измеритель фондов — число единиц оборудования по типам. В узких рамках отдельной однородной совокупности данный подход иногда возможен. Примером может служить число локомотивов определенного типа на железных дорогах, число автомашин данной марки в автохозяйствах, число агрегатов определенного типа в доменных и сталеплавильных цехах и т. п. Можно привести интересные примеры использования обобщенных натуральных измерителей, учитывающих как количество, так и типоразмеры оборудования: суммарная емкость ковшей экскаваторов, суммарная площадь пода мартеновских печей и т. п.

Однако даже для машин одной марки возникает необходимость в соизмерении из-за разного их возраста. Такое соизмерение однородных машин может быть осуществлено различными приемами. Один из них заключается в том, что в качестве фактора в модель вводится характери-

стика «возраста» оборудования в соответствующих единицах, например средний пробег автомашин по данному автохозяйству. В отдельных случаях может потребоваться расчет средневзвешенного «возраста» при вводе в эксплуатацию агрегатов данного типа в разное время, например доменных и мартеновских печей разной мощности. При другом подходе предварительно исследуется зависимость производительности (или производственной мощности) машины от ее возраста, разрабатывается система переводных коэффициентов, и затем весь парк машин приводится к машинам одного возраста.

Календарный «возраст» производственных фондов — измеритель, описывающий две их характеристики. С одной стороны, при использовании его в фиксированный момент времени проведения исследования он определяет дату ввода промышленного объекта в эксплуатацию, другими словами, «поколение», к которому относятся данные производственные фонды, а с этим, как правило, связан их технический уровень, единичная мощность и т. д. С другой стороны, «возраст» является показателем степени износа (амортизации) фондов. В некоторых случаях можно попытаться разделить эти две стороны влияния измерителя: вводить для характеристики износа показатель их относительного срока службы к нормативному (в процентах).

Однако возможности натурального измерения объема основных фондов чрезвычайно узки. Особенности вида и качества машин делают невозможным простой подсчет их числа на современных промышленных предприятиях. В этих случаях помимо учета возраста оборудования встает более серьезная проблема соизмерения качественно-разнородных элементов основных фондов. Она чаще всего решается применением стоимостных соизмерителей, построенных на основе издержек производства за какой-либо фиксированный период (восстановительная стоимость). Теоретической предпосылкой данного метода является предположение о том, что два вида основных средств считаются эквивалентными, если стоимость их производства, выраженная в ценах какого-либо периода, одинакова (или была бы одинаковой, если бы они изготовлялись вновь).

Существенный недостаток стоимостной оценки основных фондов — несопоставимость цен на оборудование и

расценок на строительно-монтажные работы, в результате чего однотипные предприятия, построенные в разное время, имеют, как правило, разную стоимость основных производственных фондов. Еще более ограничены рамки применения соизмерителей по производительности или производственной мощности оборудования.

В ряде случаев для измерения фондов могут быть использованы вспомогательные характеристики, тесно с ними связанные. Одна из них — общий расход электроэнергии. Как показывает практика, отношение расхода электроэнергии к стоимости основных фондов внутри однородной группы предприятий — величина сравнительно устойчивая. В качестве примера можно привести данные по цементной промышленности, где парный коэффициент корреляции между стоимостью основных фондов и расходом электроэнергии составляет 0,85. Следует подчеркнуть, что в качестве вспомогательного измерителя объема основных фондов следует использовать именно потребление электроэнергии, а не установленную мощность. Установленная мощность больше характеризует число и мощность имеющихся машин, чем общий объем фондов.

Для многих отраслей промышленности вспомогательным измерителем может служить общий расход топлива. Связь между расходом топлива и объемом основных фондов менее устойчива, чем между стоимостью основных фондов и расходом электроэнергии.

Структура фондов учитывается путем подразделения общего объема фондов на отдельные составляющие по общепринятой экономической классификации.

Можно также учитывать в модели и временную структуру фондов, когда объем основных фондов данного периода рассматривается как сумма ввода в эксплуатацию фондов различных лет. При этом фонды, естественно, представляются не одним измерителем, а набором. В качестве примера рассмотрим взаимосвязь и информативность различных измерителей основных фондов в цементной промышленности [8]. В рассматриваемом исследовании анализировались следующие семь измерителей объема, структуры и времени функционирования основных фондов:

- а) общая стоимость производственных фондов x_1 ;
- б) стоимость зданий x_2 ;
- в) стоимость сооружений x_3 ;

- г) стоимость машин и оборудования x_4 ;
- д) стоимость активной части основных фондов x_5 ;
- е) производственная мощность печного парка x_6 ;
- ж) «возраст» предприятия x_7 .

Связь отдельных измерителей уровня и структуры основных фондов с выпуском продукции y_1 характеризуется следующими коэффициентами парной корреляции:

$$r_{y_1, x_1} = 0,54; \quad r_{y_1, x_2} = 0,43; \quad r_{y_1, x_3} = 0,52;$$

$$r_{y_1, x_4} = 0,62; \quad r_{y_1, x_5} = 0,57.$$

Как видим, наиболее сильное влияние на выпуск продукции оказывает стоимость рабочих машин и оборудования и стоимость всей активной части.

Та же закономерность наблюдается и при изучении парных связей измерителей фондов с производительностью труда и себестоимостью цемента. В то же время взаимосвязь между отдельными стоимостными измерителями фондов достаточно высокая:

$$r_{x_2, x_1} = 0,95; \quad r_{x_3, x_2} = 0,93; \quad r_{x_3, x_3} = 0,87, \quad r_{x_3, x_4} = 0,90.$$

Тесная связь элементов фондов между собой заставляет выбирать из них для дальнейшего анализа следующие измерители: общую стоимость основных фондов x_1 , стоимость активной части x_5 и стоимость машин и оборудования x_4 . При этом включаться в уравнение регрессии должен только один из них, так как эти измерители, по существу, дублируют друг друга.

Рассмотренные измерители основных фондов, характеризующие объем фондов в стоимостной оценке, не описывают качества фондов. Показатель производственной мощности x_6 — измеритель более чувствительный. В нем аккумулируется влияние количества единиц основного оборудования и их качества. Кроме того, им учитывается только основное технологическое оборудование, непосредственно связанное с выпуском продукции. Относительно содержания измерителя «возраст» уже говорилось, что он представляет собой некоторую укрупненную оценку качества и состояния основных производственных фондов на определенный момент времени.

Кроме стоимостных характеристик объема, структуры и возраста фондов в исследованиях часто возникает необходимость в использовании характеристик качества фон-

дов. Применительно к фондам в стоимостной оценке ими могут быть: удельный вес активной части основных фондов, средний «возраст» оборудования, удельный вес оборудования морально устаревшего и т. п. Помимо этих общих показателей качества фондов в некоторых отраслях целесообразно вводить в модель натуральные измерители технического уровня основных технологических агрегатов (доменных, сталеплавильных, цементных, карбидных и других печей, прокатных станков, химических реакторов, шагающих экскаваторов и т. п.). Такими характеристиками могут быть:

а) распределение общего числа единиц основного оборудования по их важнейшим техническим параметрам (типоразмеры, скорость и т. д.);

б) распределение выпуска продукции по отдельным типоразмерам основного оборудования;

в) средневзвешенные по промышленному объекту параметры основного оборудования.

Следует, однако, отметить, что проблема измерения качества основных фондов весьма сложна и во многих своих аспектах еще ждет своего решения.

ИЗМЕРЕНИЕ ЗАТРАТ ТРУДА

Первый вопрос, который возникает при измерении затрат труда, — что измерять? Всю рабочую силу, имеющуюся в наличии, или то количество труда, которое фактически было затрачено? Соответственно различают и два измерителя — численность персонала и человеко-часы. Если исследование ориентировано на ближайшее будущее и его цель состоит в оценке реальной эффективности производства, предпочтительнее ориентироваться на человеко-часы. Если же в результате исследования должна быть оценена потребность в рабочей силе и оно предназначено для перспективных расчетов, то следует ориентироваться на численность персонала. Необходимо также различать отработанные и оплаченные человеко-часы, включающие оплату отпусков, время болезни и т. д. Первые должны приниматься во внимание при оценке фактической производительности труда, вторые — в исследованиях, связанных с учетом затрат.

При проведении исследований, охватывающих длительный период с различным режимом работы, а также при конструировании моделей для перспективных расчетов необходимо принимать во внимание связь между длительностью рабочего дня и интенсивностью труда [9]. Как правило, сокращение рабочего дня повышает часовую производительность и, следовательно, рабочий час при одном режиме работы не равен рабочему часу при другом режиме. Вследствие этого для больших периодов могут возникать значительные различия в динамических рядах выработки на одного занятого и на один человеко-час.

Далее возникает вопрос: учитывать ли в исследованиях общее число работающих или численность персонала по отдельным категориям (рабочие, ИТР, служащие и др.)? Особую остроту этот вопрос приобретает тогда, когда с течением времени или при переходе от одного объекта к другому резко меняется состав работающих. В этом случае целесообразнее включать в модель численность по отдельным категориям. Возможна также и дальнейшая дифференциация персонала. Например, по характеру выполняемых производственных функций могут быть выделены группы рабочих, занимающихся ремонтом и уходом за оборудованием, транспортными операциями, учетом и контролем и т. д. Необходимость такой дифференциации возникает при детальном исследовании эффективности использования труда.

Следующая важная проблема измерения труда — это учет различий в квалификации рабочей силы. Некоторым паллиативом может быть использование в качестве измерителей рабочей силы суммы заработной платы, но не фактической, а тарифной. Необходимость в таком подходе связана с тем, что с течением времени или для разных объектов могут иметь место значительные структурные сдвиги в самой заработной плате. Сумма заработной платы иногда вообще может выступать как измеритель затрат труда, особенно если строится модель типа затраты — выпуск. Лучшим измерителем для отражения фактических затрат труда является часовая фонд заработной платы, не включающий выплат за неотработанное время.

Однако при всем этом возникает очередной вопрос — адекватно ли измеряет тарифная ставка качественные различия в труде?

Другой возможный подход к решению этого вопроса — попытаться измерить и включить в модель первичные факторы, формирующие квалификацию рабочей силы: возраст, стаж работы, образование и др. Однако и этот подход не дает полного решения проблемы. Проблема учета качественного различия в труде еще ждет своего надежного решения.

В рассмотренном ранее исследовании [8] по цементной промышленности в качестве измерителей затрат труда выступали:

а) численность рабочих (x_{15}), ИТР (x_{16}), служащих (x_{17}) по сложившейся структуре предприятия;

б) численность промышленно-производственного персонала ППП (x_{18}), в том числе численность рабочих в пересчете на одинаковую структуру предприятий (x_{19}).

Сила связи отдельных измерителей затрат труда с выпуском продукции характеризуется следующими данными:

численность рабочих $r_{y, x_{15}} = 0,63$

численность ИТР $r_{y, x_{16}} = 0,65$

численность служащих $r_{y, x_{17}} = 0,59$

численность ППП в пересчете на одинаковую структуру предприятия $r_{y, x_{18}} = 0,83$

численность рабочих в пересчете на одинаковую структуру предприятия $r_{y, x_{19}} = 0,88$.

Наиболее информативными следует считать измерители x_{18} и x_{19} , причем они практически полностью дублируют друг друга ($r_{x_{18}, x_{19}} = 0,99$).

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРЕДМЕТА ТРУДА

Задача сводится к измерению количества, структуры и качества затрат отдельных видов ресурсов (сырья, топлива и т. д.). Если в качестве предмета труда выступают природные продукты (уголь, руда, лес и т. д.), то вопрос о затратах отпадает. Остается проблема измерения структуры и качества исходного сырья.

Материальные затраты чаще всего учитываются в стоимостном выражении из-за несопоставимости натуральных показателей отдельных затрат материалов.

Измерители технологического способа производства

Для учета различий в технологии производства могут использоваться разные методы.

Если число и характер объектов совокупности позволяют, то могут быть группировкой подобраны подсовокупности объектов, имеющие примерно одинаковые технологические условия деятельности. В других случаях используемый технологический способ производства выступает как переменная модели. Сложность здесь заключается в ее качественном характере. Иногда при использовании на одном объекте нескольких технологических способов производства выход заключается в использовании в качестве измерителя относительной доли производства продукции каждым из этих способов. Например, в сталеплавильном производстве может указываться доля металла, выпущенного с применением кислорода и т. п.

В качестве косвенных измерителей применяемого технологического способа производства иногда могут выступать удельные или относительные расходы определенного вида сырья, топлива, энергии. Так, в мартеновском производстве в качестве таких косвенных характеристик технологии может выступать доля чугуна в шихте (она резко отличается для скрап-процесса и скрап-рудного процесса), доля природного газа, удельный расход кислорода и т. п.

Иногда может быть предпринята попытка пересчитать результаты производства на стандартные технологические условия.

Весьма интересной может оказаться такая характеристика, как средний «возраст» используемых технологических процессов. При этом в отличие от «возраста» фондов здесь за начальную точку отсчета «возраста» технологического процесса следует принимать не время его введения на данном предприятии, а время его появления в данной отрасли производства. Этот показатель в какой-то мере может трактоваться как косвенная характеристика степени прогрессивности используемой технологии, хотя возможно и прямое распределение объема производства продукции по разным видам технологии.

Измерители уровня организации производства

Под вынесенным в заголовок термином понимается организация производства в широком смысле этого термина — организация производства и труда, качество управления, система материального и морального стимулирования и т. д. Различие между организацией производства и управлением: первое — создание системы, второе — управление функционированием системы. Из всех структурных элементов производственного процесса именно уровень организации производства хуже всего поддается измерению. Задача исследователя в этом случае носит по преимуществу негативный характер. Он должен принять возможные меры к тому, чтобы различия в уровне организации производства не сказались на оценке влияния других факторов. Более легко решается проблема при использовании информации за один период времени. В этом случае опасность неверной оценки можно уменьшить за счет предварительной группировки предприятий по уровню организации производства. Однако такой подход не решает полностью проблемы. Часто из-за трудностей измерения прибегают к обратному подходу: разницу между фактическими показателями и рассчитанными по статистической модели относят за счет различия качества работы коллектива. Однако при такой трактовке следует соблюдать осторожность. Она допустима лишь при полной уверенности, что в модель включены все основные факторы. Иначе остаточные величины могут быть связаны не только с уровнем организации производства, но и с влиянием других неучтенных переменных.

Более остро стоит проблема учета уровня организации производства при использовании информации динамических рядов. В этом случае обычно в модель вводят фактор времени.

Следует отметить, что часть характеристик, относящихся к области организации производства и труда, поддается количественному измерению. Это, в первую очередь, система нормирования и оплаты труда. В качестве переменных модели могут выступать: удельный вес технически обоснованных норм выработки, доля рабочих, оплачиваемых по повременной, повременно-премиальной, сдельной и другим системам оплаты труда, доля премий

разных видов в общем фонде заработной платы. В некоторых случаях в качестве косвенной характеристики уровня организации труда могут служить показатели потерь рабочего времени по причинам, уровень текучести кадров (средняя продолжительность работы рабочего, средний стаж на данном предприятии). Что касается косвенных измерителей уровня организации производства (в узком смысле термина), то чаще всего ими могут являться коэффициенты экстенсивной и интенсивной загрузки оборудования, например коэффициент использования календарного времени работы оборудования, коэффициент использования мощности и т. п.

Измерители уровня автоматизации и механизации труда. Это сборная группа характеристик, которая, вообще говоря, могла бы быть подразделена по основным составным элементам производственного процесса и выступать как характеристики их качества.

Можно отдельно рассматривать уровень и степень автоматизации оборудования, автоматизацию управления технологическими процессами, уровень механизации труда, степень автоматизации планирования и учета и т. д. Выделение их в одну группу диктуется теми соображениями, что они в комплексе характеризуют реализацию основных направлений технического прогресса на промышленных объектах. В литературе предложено большое число измерителей этой группы факторов [10, 11]. Данный вопрос разрабатывается сравнительно недавно (интенсивные публикации появились в последние десятилетия), и еще не сложилась четкая классификация подходов к решению вопроса выбора измерителей. Гораздо лучше решены вопросы измерения уровня механизации труда, чем вопросы уровня автоматизации.

Результаты производства. В терминах схемы предприятия — преобразователь результаты производства — это интенсивность выходного потока в единицу времени. В экономической трактовке — это выпуск продукции (оказание услуг) за определенный период. С более общих позиций результаты деятельности предприятий нельзя измерять только количеством продукции, более точная оценка результата — полезный эффект от продукции. Понятие полезный эффект продукции шире понятия объема выпуска продукции, оно включает в себя и качество продукции, ее соответствие потребностям. При стандар-

тизации качества продукции объем продукции и полезный эффект продукции совпадают.

Возможны два подхода к измерению результатов производства. В первом случае они измеряются общим количеством продукции, во втором случае измерителем служит чистая продукция.

В технико-экономических исследованиях чаще используется первый подход. Вопрос о единицах измерения выпуска продукции решается сравнительно просто в том случае, когда объект выпускает однородную продукцию. Строго говоря, таких предприятий мало, ибо даже однопродуктовые предприятия обычно выпускают продукцию разного качества. Наиболее характерными примерами однопродуктовых производств могут служить угле- и нефтедобыча, производство цемента и т. п. Для учета различий в качестве продукции здесь могут использоваться переводные коэффициенты, которые строятся либо исходя из потребительских свойств и технических параметров продукции, либо исходя из условий производства по соотношениям трудоемкости или издержек производства. Примером первого способа соизмерения может служить приведение цемента к условной марке, пересчет выпуска карбида кальция на условный выход ацетиленов, пересчет на условное топливо и т. п.

Второй способ используется, например, в доменном производстве — выпуск чугуна разных марок пересчитывается на переделный, исходя из коэффициентов трудности. Выбор того или иного способа учета различий в качестве однородной продукции определяется целью конкретного исследования.

Однако сложность заключается в том, что большинство предприятий выпускает продукцию разных видов. Здесь натуральный метод измерения оказывается не приемлемым и возникает проблема соизмерения разных видов продукции. Соизмерение может осуществляться разными путями. Если виды продукции производятся отдельно и затраты разделимы, то модель может быть построена для каждого вида производства в отдельности. Проблемы соизмерения в этом случае не возникает.

Например, можно строить отдельные модели для коксохимического, доменного и сталеплавильного производства на металлургических заводах, производства цемента и шифера на цементных предприятиях и т. п. Но если

затраты являются общими и их нельзя точно отнести на отдельные виды продукции, то приходится строить агрегированную модель. Для объединения выпуска разнородной продукции в этом случае чаще всего используется стоимостное соизмерение. Это не всегда позволяет учесть цель конкретного исследования, так как соотношение цен обычно далеко не полностью соответствует соотношению трудоемкости или затрат производства различных видов продукции. В идеальном случае, чтобы правильно измерить общественные результаты производства, необходимо обеспечить соответствие цен общественно-необходимым затратам в оптимальном плане развития народного хозяйства [6]. Эта задача в настоящее время пока неразрешима.

Для построения модели могут использоваться различные стоимостные показатели выпуска продукции: реализованная продукция, валовая продукция, валовой оборот, товарная продукция, условно-чистая и чистая продукция. Первые четыре показателя включают стоимость покупного сырья, материалов, полуфабрикатов, топлива и поэтому могут исказить действительный выпуск из-за различий в материалоемкости продукции. Показатели условно-чистой и чистой продукции не включают затрат на сырье и материалы и дают более точное представление о размере ее выпуска.

Валовая продукция — измеритель результатов работы не только данного, но и некоторых других предприятий, поставляющих ресурсы на выпуск продукции. Поскольку валовая продукция — это сумма чистой продукции предприятия и его материальных затрат, то в этом показателе смешаны приход и расход. То же самое можно сказать и о показателях товарной и реализованной продукции. Условие применения подобных показателей в экономико-статистических моделях — обеспечение их сопоставимости в пространстве и во времени путем фиксирования структуры. При выпуске продукции разных видов можно использовать метод построения модели с многомерным выходом, измеряющим выпуск продукции в натуре. В этом случае модель должна описывать зависимость вектора выпуска от вектора факторов производства. Формируя статистическую совокупность из предприятий, производящих одновременно различные виды продукции, желательно соблюсти требования схожести набора видов про-

дукции. Доля отдельных видов продукции в сортаменте может колебаться, но набор видов по возможности должен совпадать.

Важный вопрос сопоставимости измерения результатов производства — единообразие по всем единицам наблюдения используемого показателя выпуска продукции (валовая, товарная, реализованная, условно-чистая и т. д.) и времени, к которому приурочивается этот выпуск. Например, при использовании помесечных данных и стремлении построить модель, оперативно реагирующую на изменения обстановки (для оперативного планирования и управления), необходимо учитывать, что некоторые показатели выпуска продукции могут значительно запаздывать. Момент реализации и оплаты продукции отстает от момента ее производства на определенное время, причем стандартное время запаздывания определить практически невозможно. Поэтому месячный объем реализации не характеризует деятельность предприятия за этот период.

При оценке и измерении результатов деятельности промышленного объекта важнейшее значение имеет учет качества продукции и ее потребительских свойств. Потребительские свойства — понятие более емкое, однако они труднее поддаются измерению, чем показатели технического качества. Государственная оценка качества продукции в общем случае дается по следующим показателям: технические эксплуатационные свойства, надежность и долговечность, степень стандартизации и унификации, соответствие эстетическим требованиям. В ряде случаев при необходимости введения в модель потребительских свойств может использоваться вневещностная относительная оценка полезности продукта.

Природно-географические условия деятельности промышленного объекта. Под эту категорию попадают естественные условия функционирования объекта, прямо в производственном процессе не участвующие, но оказывающие влияние на экономическую эффективность его деятельности (местоположение предприятия, горногеологические и климатические условия и т. д.) [12]. Наиболее важна эта группа характеристик при моделировании показателей добывающих отраслей промышленности (железнодорожной, угольной, лесозаготовительной и т. п.). Многие исследования показывают, что на долю различий в природно-географических условиях добычи в этих от-

раслях приходится от 1/2 до 2/3 общей вариации экономических показателей. Кроме того, природные условия оказывают существенное влияние и на другие факторы производства. Так, в зависимости от природных условий применяется та или иная технология, меняются требования к применяемому оборудованию, к рабочей силе. Не-природные факторы несут отпечатки природных. Природные условия являются первичным объективным «фоном», на котором разворачивается производство. Учет природных условий в модели необходим

а) в связи с их существенной ролью в вариации показателей;

б) для оценки влияния их изменений в будущем;

в) для разработки нормативных коэффициентов, учитывающих различие природных условий деятельности.

В качестве примера, характеризующего зависимость результатов эффективности производства от природных условий, можно привести данные о затратах на заготовку древесины в основных районах страны в 1970 г.

Район	Себестоимость к среднему уровню по СССР, %
Архангельская, Вологодская области и Карельская АССР	106,4
Коми АССР	106,7
Кировская и Горьковская области	92,9
Свердловская и Тюменская	99,7
Томская область	97,0
Красноярский край	96,2
Кемеровская область	140,0
Иркутская, Читинская области и Бурятская АССР	93,1
Хабаровский край и Амурская область	139,3

В некоторых случаях влияние части природных факторов может быть элиминировано группировкой объектов, другая часть включается в модель в виде специфических измерителей данной отрасли.

Рассмотрим подробнее вопрос учета природных условий и их влияние на другие характеристики производства на примере лесозаготовительной промышленности.

Исходным предметом труда в лесозаготовительном производстве служит лесосечный фонд (спелый лес, предназначенный для рубки). Большое разнообразие природ-

ных условий (почва, климат, рельеф) требует различных машин и разработки индивидуальной технологии. В лесозаготовительном производстве применяется несколько типов технологических процессов. Вид технологии зависит в основном от места обработки и разделки хлыста на сортименты. Особенности лесозаготовительного производства является размещение производства на относительно больших площадях, необходимость стягивания средств труда к предмету труда, а не наоборот. Эти особенности требуют и специальных средств труда. Они в основном подвижные, переносные или способствующие перемещению предмета труда (например, транспортеры). Транспортные средства в лесозаготовительной промышленности занимают примерно третью часть стоимости всех основных фондов. В связи с этим большое значение имеют дороги.

Для характеристики природных факторов (местоположение и качество используемых природных ресурсов) здесь могут использоваться следующие измерители: географическое положение (градус северной широты и градус восточной долготы), удаленность нижних складов от лесосырьевых ресурсов (среднее расстояние вывозки, км), примыкание нижних складов к пунктам потребления, железной дороге, сплаву (в %); глубина снежного покрова (в см); состав пород насаждений (в %) — сосны, ели, пихты, лиственницы, березы, осины; средний объем хлыста (в м³); средний запас древесины (в м³/га) и т. д.

В некоторых отраслях производства, например в строительстве дорог, существенное влияние на экономические показатели оказывают погодно-климатические условия работы предприятий. Наиболее простой, но и в то же время и грубый способ измерения погодно-климатических условий — косвенное измерение путем указания географических координат расположения предприятия. Но связь географического положения с погодно-климатическими условиями не носит детерминированного характера, имеется значительная флуктуация погодно-климатических условий для одного и того же района от года к году. Поэтому более точными являются прямые оценки погодно-климатических условий в период исследования (например, обобщающие показатели суровости климата, продолжительность осенне-весенней распутицы, длительность законодательных перерывов и активируемых дней и т. д.).

Характеристики соотношений структурных элементов

промышленного объекта. В экономико-статистических исследованиях широко применяется группа производных показателей, описывающая соотношение основных структурных элементов производственного объекта. Прежде всего необходимо отметить показатели, характеризующие степень вооруженности труда производственными фондами. Это общий показатель фондовооруженности (отношение стоимости основных фондов к числу работающих), показатели фондовооруженности по отдельным элементам основных фондов (активной части фондов, рабочим машинам и оборудованию и т. п.). Следует заметить, что общий показатель в пределах предприятий однородной отрасли варьирует значительно слабее, чем показатели по отдельным элементам. Это видно, например, из того, что по 71 предприятию цементной промышленности в 1969 г. составные элементы общего показателя (среднегодовая стоимость промышленно-производственных фондов и среднегодовая численность промышленно-производственного персонала) были тесно коррелированы ($r_{ij} = 0,826$). В то же время показатель фондовооруженности по активной части фондов будет варьировать значительно сильнее, так как с изменением размеров предприятия доля активной части фондов существенно изменяется. Так, для цементных предприятий с годовым выпуском 200 000 т эта доля была $\approx 29\%$, а с выпуском 1 000 000 т цемента $\approx 39\%$. Поэтому выбор необходимой разновидности показателя фондовооруженности требует специального анализа.

Часто в дополнение к показателю фондовооруженности или взамен его используются показатели электровооруженности (потенциальный и фактический), машиновооруженности и т. п. Последние показатели свободны от искажающего влияния цен (основаны на натуральных измерителях) и могут выступать как более адекватные характеристики технической вооруженности труда. Особое место среди производных показателей занимает показатель производственной мощности (размера) предприятия. Этот показатель, оказывающий существенное влияние на все технико-экономические характеристики деятельности предприятий и измеряющий масштабы производства, обычно строится как определенная комбинация из таких первичных характеристик, как годовой выпуск продукции, численность работающих, стоимость основных производственных фондов.

Показатели экономической эффективности производства. Под экономической эффективностью производства отдельного промышленного объекта понимается соотношение результатов производства и затрат ресурсов. Необходимо различать общие показатели эффективности, когда результат производства относится ко всем затратам, и частные, когда общий результат производства относится к затратам отдельных ресурсов. Примером показателя первого типа может служить выпуск продукции на рубль затрат (величина, обратная себестоимости). Показатели второго типа — выработка одного работающего, фондоотдача, выход годного продукта на единицу сырья и т. п.

При этом необходимо подчеркнуть, что принципиально невозможно строго измерить изолированную эффективность использования отдельного ресурса. Использование частных показателей эффективности — условный аналитический прием.

Наиболее общим показателем эффективности производства является рентабельность. Значение этого показателя возросло в связи с переходом на новые условия планирования и экономического стимулирования. Однако рентабельность в большой степени зависит от отпускных цен. Но даже поясные или групповые цены, усредненные для групп предприятий, приводят к разнорентабельности. Это особенно характерно для добывающих отраслей промышленности, так как большие различия в природных условиях здесь не всегда удается уловить при помощи системы поясных цен.

Уровень себестоимости — один из основных факторов формирования прибыли. Этот показатель в отличие от прибыли и рентабельности менее подвержен влиянию системы цен, более устойчив во времени, в нем полнее отражается влияние условий производства на эффективность работы предприятий. Через структуру себестоимости продукции прослеживается специфика той или иной отрасли. Например, для трудоемких отраслей промышленности, к которым относятся главным образом добывающие отрасли: угольная, горнорудная, лесозаготовительная и др., в структуре себестоимости преобладают затраты на заработную плату и отчисления на социальное страхование. В структуре себестоимости продукции материалоемких отраслей больший удельный вес занимают затраты на сырье и основные материалы и т. д.

Производительность труда определяется соотношением произведенной продукции и численности промышленно-производственного персонала. Измерители производительности труда зависят от характера выпускаемой продукции и могут быть натуральными, условно-натуральными, стоимостными и трудовыми. Натуральные измерители применимы на предприятиях и в отраслях, выпускающих однородную продукцию (например, угольная, лесозаготовительная, сталелитейная промышленность, кирпичное производство). Однако большинство предприятий выпускает разнородную продукцию. В этом случае используются стоимостные или трудовые измерители.

В качестве показателя эффективности использования производственных фондов выступает фондоотдача — выпуск товарной продукции на рубль основных производственных фондов¹. Показатели фондоотдачи могут различаться по тому, какая характеристика выпуска продукции используется в числителе: валовая, реализованная, чистая продукция. В качестве знаменателя могут выступать среднегодовая стоимость основных производственных фондов, сумма начисленной за год амортизации, стоимость активной части основных фондов [13].

Частные показатели эффективности использования фондов будут различны в зависимости от специфики отрасли. Это различные технико-экономические показатели работы основного оборудования (коэффициент использования полезного объема доменных печей, часовая производительность вращающихся цементных печей и т. п.).

Показатели расхода сырьевых ресурсов — отношение расхода материалов, топлива и т. д. к выпуску продукции. В некоторых отраслях имеются специфические показатели, например выход полезного продукта из единицы сырья. В лесозаготовительной промышленности таким специфическим показателем является выход условной древесины в процентах.

Следует отметить, что в практике планирования и статистического учета используются, как правило, несколько

видов показателей для одного экономического понятия. Например, для измерения производительности труда применяются разные виды стоимостных показателей: выработка валовой продукции на одного работающего, выработка чистой продукции на одного работающего и т. д. Поэтому при проведении исследования в конкретной отрасли промышленности встает проблема выбора наиболее интересного и информационного показателя. Эта задача, на наш взгляд, может решаться двояко: либо путем выбора из имеющихся показателей наиболее подходящего по конкретным критериям (например, по степени его согласованности с другими показателями эффективности), либо конструирование нового показателя как комбинации исходных показателей.

Расчет показателей эффективности производства более сложен, чем показателей интенсивности производственного процесса. В первом случае речь идет об измерении во времени одного элемента производственного процесса, во втором — о сопоставлении двух частей процесса: результатов и затрат. В связи с этим показатели интенсивности (производительности, выпуска в единицу времени), как правило, рассчитываются для всех уровней организации промышленного производства (агрегатов, цехов, предприятий и т. д.). Степень охвата уровней производства расчетом показателей эффективности зависит от степени их общности: частные (типа удельных расходов сырья, топлива и т. д.), как правило, определяются для всех уровней. Синтетические — себестоимость, прибыль, рентабельность — определяются только для более высоких уровней производства (цехов и предприятий) и значительно реже, чем показатели производительности и частные показатели эффективности. В связи с указанным при исследовании объектов низкого уровня возникает проблема оценки связи общего показателя эффективности (для данного объекта и интервала времени не рассчитываемого) с более частными показателями, известными для единицы наблюдения.

Здесь весьма полезным оказывается прием разложения производного экономического показателя на его составные элементы. В частности, например, себестоимость продукции (издержки производства) может быть представлена как сумма отдельных видов затрат, производственная мощность цеха — как произведение числа единиц оборудования на их производительность и т. д. Каждый из элемен-

¹ Следует отметить, что общепринятая форма расчета фондоотдачи не полностью соответствует понятию показателя эффективности — соотношение затрат и результатов. Здесь результат — выпуск продукции — относится к характеристикам состояния (среднегодовой стоимости основных производственных фондов).

тов производного показателя тогда моделируется отдельно; некоторые из них оказываются для исследуемых условий константами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишнев С. М. Экономические параметры (Введение в теорию показателей экономических систем и моделей). М., «Наука», 1968. 189 с.
2. Гозулов А. И. Экономическая статистика. М., Госфиниздат, 1953. 534 с.
3. Дружинин Н. К. Основные математико-статистические методы в экономических исследованиях (введение в изучение статистической методологии). М., «Статистика», 1968. 248 с.
4. Лукомский Я. И. Теория корреляции и ее применение к анализу производства. М., Госстатиздат, 1961. 375 с.
5. Маргеништерн О. О точности экономико-статистических наблюдений. М., «Статистика», 1968. 293 с.
6. Новожилов В. В. Проблемы измерения затрат и результатов в оптимальном планировании. М., «Наука», 1972. 434 с.
7. Суслов И. П. Методология экономических исследований. М., «Мысль», 1974. 334 с.
8. Экономико-статистические исследования промышленного производства. Под ред. Б. Б. Розина, Е. Л. Берлянда, Ф. М. Бородкина. М., «Статистика», 1969. 306 с.
9. Реусс Г. Анализ производительности (экономические основы и статистическая методика). М., 1963. 251 с.
10. Волков О. И. Показатели технического уровня производства. — «Вопросы экономики», 1970, № 8, с. 58—67.
11. Зайцев В. Ф., Чирков В. Г. Техничко-экономический уровень производства. М., «Экономика», 1972. 190 с.
12. Минц А. А. Экономическая оценка естественных ресурсов. М., «Мысль», 1972. 303 с.
13. Кваша Н. Б., Лейкина К. В. Фондоёмкость производства (методологические вопросы). М., «Наука», 1971. 125 с.

В. И. КОТЮКОВ, Н. А. КОСЯНСКИЙ

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПОСТРОЕНИЮ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Для построения математической модели некоторого результирующего, «выходного» показателя производства Y в виде его функциональной зависимости от «входных» факторов $X = \{X_1, \dots, X_n\}$, описывающих условия работы предприятия, часто используется аппарат многомерного регрессионного анализа. Построение модели $Y^* = g(X)$ основано при этом на анализе некоторой совокупности N производственных ситуаций $\{x_i = (x_{i1} \dots, x_{in}); i = \overline{1, N}\}$, для которых известно значение изучаемого показателя $Y — \{y_1, \dots, y_N\}$.

Обычно используемые линейные многофакторные модели описания статистического материала часто приводят к большой погрешности такого описания в силу разнородности материала и наличия нелинейных зависимостей. В этом случае рекомендуется использовать так называемые «дискретно-непрерывные модели» производства [1, 2], при построении которых используются методы распознавания образов [3]. Применение алгоритмов распознавания (таксономии) позволяет выделить на первом этапе группы «однородных» ситуаций, для которых в дальнейшем будут построены внутригрупповые линейные модели.

Однако часто разнородность изучаемого материала не предполагает наличия достаточно «компактных», «изолированных» группировок объектов $\{x_i\}$ в пространстве X . В таких случаях результат применения на первом этапе большинства методов классификации может быть случайным по отношению к качеству (ошибке прогноза), синтезируемых на втором этапе уравнений регрессии.

Для успешного решения подобного класса задач целесообразно иметь методы, непосредственно согласующие цель группировки объектов с качеством получаемого кусочно-линейного уравнения регрессии.

В настоящее время разработаны эффективные оптимизационные алгоритмы кусочно-линейной аппроксимации лишь для одномерного случая ($n = 1$) [4]. Имеются различные подходы к решению данной задачи и для многомерного пространства X [5, 6, 7].

В статье развивается метод «конечного пространства разбивений» [8], позволяющий создать алгоритмически эффективные оптимизационные процедуры кусочно-линейного анализа.

ФОРМАЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть исходная выборка

$$\{(y_i, x_{i1}, \dots, x_{in}); i = \overline{1, N}\}$$

получена согласно некоторой функции плотности распределения вероятностей $f(y, x) = f(y, x_1, \dots, x_n)$. Множество элементов пространства $X = \{X_1, \dots, X_n\}$ обозначим через R . Необходимо осуществить такое разбиение множества R на некоторое число k непересекающихся подмножеств $\{R_1, \dots, R_k\}$, чтобы кусочно-линейная модель прогнозирования

$$y^* = \sum_{v=1}^k \Psi_v(x) \cdot g_v(x) \quad (1)$$

где

$$\Psi_v(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in R_v; \\ 0, & \text{если } x \notin R_v; \end{cases} \quad g_v(x) = \sum_{j=1}^n \alpha_{vj} x_j + \alpha_{v0};$$

$$\bigcup_{v=1}^h R_v = R; \quad R_v \cap R_q = \emptyset \quad \text{при} \quad v \neq q; \quad v = \overline{1, h}$$

доставляла минимум ошибки прогноза

$$\sigma = \int_{Y \times X} (y - y^*)^2 \cdot f(y, x) \cdot d(y, x).$$

Так как функция $f(y, x)$ неизвестна, приходится пользоваться различными выборочными оценками величины σ . Согласно [9], следует минимизировать верхнюю оценку σ ,

которая для сплайн-функций имеет вид:

$$\sigma_N = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y_i^*)^2 \right) / (1 - \sqrt{[(2n+k) \ln N - \ln((2n+k)!) - \ln \eta]/N}).$$

При этом имеем $\sigma \leq \sigma_N$ с вероятностью $(1 - \eta)$. Для наших целей более удобной будет следующая оценка, обладающая аддитивной структурой:

$$\tilde{\sigma} = \sum_{v=1}^k \left[\left(\frac{N_v}{N} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{N_v} (y_i - g_v(x_i))^2 \right) / (N_v - n - 2) \right] = \sum_{v=1}^k \tilde{\sigma}_{v_2}(2)$$

где N_v — объем исходной выборки в области R_v [8].

Заметим, что минимизация оценки $\hat{\sigma}$ (или σ_N) позволяет выбрать и оптимальное количество областей $\{R_v\}$.

Постулируем следующий способ осуществления допустимого разбиения множества R на некоторое число k подмножеств $\{R_v\}$. Будем обозначать через γ (или через $\gamma(X)$) уравнение некоторой поверхности в пространстве X , а через $\gamma(x)$ — значение этого уравнения в точке x . Считаем заданной своими параметрами систему T поверхностей $\gamma = \{\gamma^1, \dots, \gamma^T\}$. В частном и практически наиболее часто используемом случае система γ может представлять собой совокупность различных градаций значений переменных $\{X_j\}$ (при этом $T \leq 2n(N-1)$). Для простоты условия $\gamma^e(x) \leq 0$ и $\gamma^e(x) > 0$ будут иметь индексы различных поверхностей (например, $\gamma^{2l-1} \equiv \gamma^e(x) \leq 0$ и $(-\gamma^{2e}) \equiv \gamma^e(x) > 0$) в списке γ .

Последовательность $(k-1)$ поверхностей $(\gamma_1, \dots, \gamma_{k-1})$, выбранная из списка γ , определяет систему k подмножеств $\{R_v\}$ следующим образом:

$$\gamma_1(x) \leq 0 \rightarrow x \in R_1.$$

$$x \in \bar{R}_1 \wedge \gamma_2(x) \leq 0 \rightarrow x \in R_2;$$

$$x \bar{\in} R_1 \wedge x \bar{\in} R_2 \wedge \gamma_3(x) \leq 0 \rightarrow x \in R_3; \quad (3)$$

$$x \in R_1 \wedge \dots \wedge x \in R_{k-2} \wedge \gamma_{k-1}(x) \leq 0 \rightarrow x \in R_{k-1}$$

$$x \in R_1 \wedge \dots \wedge x \in R_{k-1} \rightarrow x \in R_k.$$

Здесь, например, вторую формулу следует понимать так: если $x \in R_1$ и $\gamma_2(x) \leq 0$, то в этом случае $x \in R_2$. Иными словами, подмножество R_v «формируется» поверхностью γ_v при условии уже определенных подмножеств $\{R_1, \dots, R_{v-1}\}$.

Если определено некоторое подмножество R_v , то мы всегда можем построить по методу наименьших квадратов для него наилучшую линейную модель

$$g_v(X) = \sum_{j=1}^n \alpha_{vj} X_j + \alpha_{v0} \text{ на основе исходной подвыборки } \{(y_i, x_i): x_i \in R_v\}.$$

Задача заключается в таком разбиении множества R в пространстве X на k непересекающихся подмножеств $\{R_v\}$, удовлетворяющих условиям (3), при котором система соответствующих оптимальных моделей $\{g_v(X)\}$ будет обеспечивать минимум величины $\tilde{\sigma}$. Условия (3) сводят задачу оптимального разбиения R к задаче выбора оптимальной последовательности $(k-1)$ поверхностей $(\gamma_1, \dots, \gamma_{k-1})_0$ из исходного списка $\gamma = \{\gamma^1, \dots, \gamma^T\}$.

При такой постановке задачи кусочно-линейной аппроксимации можно предложить процедуру глобальной минимизации критерия $\tilde{\sigma}$ (или иного критерия), описание которой приводится ниже. Кроме того, получаемые согласно (3) границы подмножеств $\{R_v\}$ могут быть легко экономически интерпретированы.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ

В основу предлагаемого алгоритма минимизации $\tilde{\sigma}$ (при неизвестном k) положен метод «ветвей и границ». Процесс выбора $(\gamma_1, \dots, \gamma_{k-1})_0$ имеет «ветвящуюся» структуру: на 1-м шаге рассматриваются размещения из T исходных поверхностей $\{\gamma^1, \dots, \gamma^T\}$ по одной $\{\gamma^i\}$, на 2-м шаге — по две $\{(\gamma^i, \gamma^j)\}$, на 3-м — по три $\{(\gamma^i, \gamma^j, \gamma^q)\}$ и т. д. При этом мы в каждом случае для каждого из подмножеств R_v , получаемого согласно (3), строим свою оптимальную модель $g_v(X)$ и определяем ошибку $\tilde{\sigma}_v$. Индекс β будет употребляться нами в случае, когда необходимо выделить некоторую ветвь $(\gamma_1, \dots, \gamma_e)_\beta$, соответствующие ей подмножества $\{R_{v\beta}\}$ и ошибку

$$\tilde{\sigma}_\beta = \tilde{\sigma}[(\gamma_1, \dots, \gamma_e)_\beta] = \sum_{v=1}^e \tilde{\sigma}_{v\beta}.$$

Однако при переходе от e -го шага к $(e+1)$ -му не все ветви длины $e - \{(\gamma_1, \dots, \gamma_e)\}$ служат основной для образования ветвей длины $(e+1)$. Для каждой из получаемых ветвей $(\gamma_1, \dots, \gamma_e)_\beta$ кроме $\tilde{\sigma}_\beta$ определяются также максимально ($\tilde{\sigma}_{\beta\max}$) и минимально ($\tilde{\sigma}_{\beta\min}$) возможные значения $\tilde{\sigma}$ для любой ветви, исходящей из данной:

$$\tilde{\sigma}_{\beta\max} = \tilde{\sigma}_\beta + \sigma'_\beta; \quad \tilde{\sigma}_{\beta\min} = \tilde{\sigma}_\beta,$$

где σ'_β — величина ошибки модели $g(X)$, построенной на множестве «остальных» наблюдений

$$\{(y_i, x_i): x_i \in \bar{R}_\beta = R \setminus \bigcup_{v=1}^e R_{v\beta}\}.$$

Определяется величина $\tilde{\sigma}_{\min\max} = \min_{\beta} \{\tilde{\sigma}_{\beta\max}\}$. Ветви,

у которых $\tilde{\sigma}_{\beta\min} \geq \tilde{\sigma}_{\min\max}$, в дальнейшем не рассматриваются. Процесс заканчивается, когда для всех ветвей будет выполняться данное соотношение.

Ветвь, имеющая минимальное значение $\tilde{\sigma}_\beta$, является оптимальной $(\gamma_1, \dots, \gamma_{k-1})_0$.

Если на процесс синтеза $(\gamma_1, \dots, \gamma_{k-1})_0$ наложить ограничение, представив его в виде простого марковского процесса (выбор γ_e зависит лишь от выбора γ_{e-1}), то вычислительная процедура упрощается и сводится к решению рекуррентных уравнений динамического программирования:

$$\tilde{\sigma}[\gamma^i]; \quad \tilde{\sigma}[(\gamma_1, \gamma_2^\alpha)] = \min_{1 \leq \alpha \leq T} \{\tilde{\sigma}[(\gamma_1^\alpha, \gamma_2^\alpha)]\};$$

$$\tilde{\sigma}[(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3^\alpha)] = \min_{1 \leq \alpha \leq T} \{\tilde{\sigma}[(\gamma_1, \gamma_2^\alpha, \gamma_3^\alpha)]\}; \quad (4)$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\tilde{\sigma}[(\gamma_1, \dots, \gamma_{k-1})_0] = \min_{1 \leq \alpha \leq T} \{\tilde{\sigma}[(\gamma_1, \dots, \gamma_{k-2}, \gamma_{k-1}^\alpha)]\}; \alpha = 1, T$$

В общем случае решение уравнений (4) гарантирует получение $(\gamma_1, \dots, \gamma_{k-1})_0$ лишь при $n = 1$ (k — любое) и при $k \leq 3$ (n — любое). Решение же на ЭВМ модельных задач позволяет сделать вывод о высокой вероятности

(более 0,9) малого отличия (менее 5%) качества приближенного решения задачи на основе соотношений (4) от качества оптимального.

Заметим, что решение задачи кусочно-линейной аппроксимации в приведенной постановке позволяет также просто учитывать ограничения типа $N_v \geq N_0$, которые возникают при анализе конкретных прикладных задач.

По приведенным алгоритмам составлены типовые программы на языках ФОРТРАН-IV и АЛЬФА-6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розин Б. Б. Теория распознавания образов в экономических исследованиях. М., «Статистика», 1973. 224 с.
2. Экономико-статистическое моделирование в промышленности. Отв. ред. Розин Б. Б. Новосибирск, «Наука», 1977. 239 с.
3. Загоруйко Н. Г. Методы распознавания и их применение. М., «Сов. радио», 1972. 207 с.
4. Hawkins D. On the Choice of Segments in Piecewise Approximation. — J. of the Institute of mathematics and its application, 1972, vol. 9, N 2, p. 27—38.
5. Опойцев В. И. Идентификация многомерных статистических объектов. — «Автоматика и телемеханика», 1970, № 9, с. 104—107.
6. Касавин А. Д. Адаптивные алгоритмы кусочной аппроксимации в задаче идентификации. — «Автоматика и телемеханика», 1972, № 12, с. 98—104.
7. Дорофеюк А. А., Ибришвили Ш. Д., Мовсумов В. Т. Использование критерия статистической эквивалентности моделей в задаче кусочной аппроксимации. — «Автоматика и телемеханика», 1976, № 7, с. 109—113.
8. Котюков В. И. Оптимизация кусочного представления сложных моделей. М., ВИНТИ, Деп. № 1654—74, 1974. 13 с.
9. Вапник В. Н., Михальский А. И. О поиске зависимостей методом упорядоченной минимизации риска. — «Автоматика и телемеханика», 1974, № 10, с. 86—96.

Н. М. ЖУРАВЕЛЬ, О. А. КОЗЛОВА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КЛАССИФИКАЦИЙ

В статье излагаются результаты сопоставительного анализа группировок продукции, полученных методами многомерной классификации с помощью формальных статистических критериев. Главная нацеленность анализа — выявить возможности и условия применимости критерия минимума потерь информации, разработанного для проведения процедуры имитационного агрегирования. Для контроля в анализе использован информационный статистический критерий проверки гипотезы об однородности средних значений и корреляционных матриц.

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩЕСТВА КРИТЕРИЕВ

Критерий минимума потерь информации (МПИ) [1]. Базовый тезис, на котором основывается расчет функционала в критерии МПИ, состоит в том, что количественно потери информации при сжатии в любом направлении (по объектам и факторам) могут быть измерены через показатели разброса индивидуальных значений группируемых величин от среднего значения по группе. Вид выбираемого показателя разброса и среднего значения определяется в зависимости от цели и специфики решаемой задачи сжатия информации. Наиболее употребительны дисперсия σ^2 и среднее арифметическое значение $\bar{x}$.

Введем следующие обозначения: (x_{ij}) — матрица, каждый элемент которой соответствует значению j -фактора

i -го объекта; $j = 1, \dots, m$ — количество факторов; $i = 1, \dots, n$ — количество объектов.

Пусть исходная информация, которой мы располагаем до проведения агрегирования, представлена в виде матрицы (a_{ij}) . В результате агрегирования получим l групп продуктов вместо n первоначальных продуктов (горизонтальное сжатие), которые получены на основе факторов, наиболее отвечающих целям агрегирования (вертикальное сжатие, $k < m$). Матрица размерностью $m \times n$ сжата до $l \times k$.

Чтобы оценить количественные потери информации при горизонтальном сжатии, воспользуемся соотношениями, выведенными для случая сложения дисперсий зависимых (1) и независимых величин (2).

$$\begin{aligned} D_i^2(x_1 + \dots + x_k) &= \sigma^2(x_1) + \dots + \sigma^2(x_k) + \\ &+ 2r_{12} \cdot \sigma(x_1) \cdot \sigma(x_2) + \dots + 2r_{1k} \cdot \sigma(x_1) \cdot \sigma(x_k) + \\ &+ 2r_{23} \cdot \sigma(x_2) \cdot \sigma(x_3) + \dots + 2r_{2k} \cdot \sigma(x_2) \cdot \sigma(x_k) + \dots \\ &\dots + 2r_{(k-1)k} \cdot \sigma(x_{k-1}) \cdot \sigma(x_k); \end{aligned} \quad (1)$$

$$D_{\text{гор}}^2 = \sum_{i=1}^l D_i^2. \quad (2)$$

Использование этих формул для измерения потерь информации основывается на двух посылах:

1) базовом тезисе о принципиальной возможности представления потерь через показатели типа «дисперсия»,

2) необходимости учитывать взаимосвязи в многомерном векторе классификационных признаков.

По формуле (1) рассчитываются внутригрупповые потери информации как сумма дисперсий факторов сжатого набора в одной группе продуктов с учетом взаимосвязей факторов через корреляционную матрицу; по формуле (2) — суммарные потери горизонтального сжатия. Показатель $D_{\text{гор}}^2$ служит основой для расчетов по критерию на минимум потерь информации, выражая потерю в абсолютном размере.

Чтобы иметь возможность сравнивать потери для разных группировок объектов, необходимо ввести показатель относительной потери информации, измеряющий величину потерь по отношению к общей информации I , содержащейся в несгруппированной матрице. В наиболее закон-

ченном виде показатель имеет вид

$$k = I / (I - D_{\text{гор}}^2).$$

Теоретически этот показатель должен варьировать от 1 (нет объединения объектов в классы) до ∞ (все объекты объединены в один класс). Для случая, когда при дроблении общей совокупности не изменяется характер (направление и теснота связи) зависимостей между факторами, т. е. компоненты, характеризующие ковариацию, одни и те же в общей совокупности и ее подсовокупностях, показатель k изменяется в зависимости от числа классов по гиперболическому закону (рис. 1).

Нами же рассматривается и изучается случай максимального приближения к реальности: количественные характеристики связей (r , σ) рассчитываются для каждой подсовокупности самостоятельно на том уровне, как они складываются на эмпирическом материале. Поскольку связи меняются зачастую непредсказуемым образом, то и закон проведения показателя k в этом случае теоретически неопределим. Нужна статистика испытаний поведения отношений $D_{\text{гор}}^2/I$, чтобы сделать окончательное заключение о возможностях критерия МПИ как оценочного показателя качества классификации в реальных ситуациях. Именно этому и посвящена в значительной мере экспериментальная часть работы. Изучалось поведение показателя

$$П = D_{\text{гор}}^2/I,$$

где общая информация измерялась двумя способами.

Способ 1 — как модуль суммы векторов описания объектов:

$$I = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2}$$

(введение этого измерителя обусловлено скалярной природой описания пространства классификационных признаков).



Рис. 1. Теоретическая зависимость показателя относительной потери информации K от числа классов n .

Способ 2 — как алгебраическая сумма элементов исходной ковариационной матрицы. Преимущества последнего представления заключаются в одинаковой размерности числителя и знаменателя показателя П.

При эксперименте проверялось также влияние нормировки исходных данных на результаты оценки качества классификации по критерию МПИ. Испытывались два вида нормализации.

$$I. \quad x_{ij}^H = (x_{ij} - \bar{x}_j) \Sigma^{-1}, \quad (3)$$

где x_{ij}^H — нормированное значение j -го признака у i -го объекта, ($i = 1, \dots, n$); x_i — ненормированное значение j -го признака у i -го объекта; $\bar{x}_j$ — среднее арифметическое значение j -го признака по n объектам; Σ^{-1} — обратная ковариационная матрица.

$$II. \quad x_{ij}^H = \frac{x_{ij}}{\sqrt{x_{ij} \Sigma^{-1} x_i^1}}, \quad (4)$$

где x_i^1 — значения какого-либо признака в транспонированной вектор-строке.

Первая нормировка по сути близка традиционной нормировке

$$x_{ij}^H = (x_{ij} - \bar{x}_j) / \sigma_j^2, \quad (5)$$

с той разницей, что в формуле (5) происходит деление отклонения значения признака от своего среднего значения на дисперсию признака, а в формуле (3) учитываются связи между всеми признаками с помощью ковариационной матрицы.

Вторая нормировка (4) сложнее: здесь каждый элемент строки получается делением этой строки на число $\sqrt{x_i \Sigma^{-1} x_i^1}$. Оно находится перемножением вектор-строки на обратную ковариационную матрицу и на транспонированную вектор-строку. Свойства этой нормировки требуют дополнительного изучения. Заметим, что знаменатель критерия МПИ,

вычисленный по формуле $\sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right)^2}$ для этой нормировки, не равен нулю, тогда как нормировки (3) и (5) приводят к нулевому значению знаменателя. Расчеты по критерию МПИ проводились по обеим формулам для нор-

мированных и ненормированных данных. Для расчета критерия МПИ написана программа, которая приводится ниже.

Информационный статистический критерий проверки гипотезы об однородности средних значений и корреляционных матриц [2]. Алгоритм основан на проверке статистической гипотезы об однородности средних значений и корреляционных матриц нескольких независимых нормальных многомерных выборок.

Пусть имеется d независимых классов по n_i ($i = 1, \dots, d$) независимых объектов в каждом из классов m -мерного признакового пространства с неизвестным математическим ожиданием и корреляционной матрицей. Проверяется гипотеза H_0 — равенство векторов всех средних значений и корреляционных матриц всех d классов против конкурирующей гипотезы H_1 — не все изучаемые параметры равны, т. е.

$$H_0: m_1 = m_2 = \dots = m_d; \quad k_1 = k_2 = \dots = k_d;$$

$$H_1: m_1, m_2, \dots, m_d; \quad k_1, k_2, \dots, k_d.$$

В основу построения критерия положена статистика минимума различающей информации $I^*(H)$. Она является мерой направленного расхождения между выборкой и гипотетическим распределением в случае проверки простой гипотезы, а в случае проверки сложной гипотезы — между выборкой и ближайшим членом из семейства распределений H .

Критическая область описывается выражением $1^*(H_0) - 1^*(H_1) \geq C$, где C — пороговая константа, с помощью которой можно регулировать величину ошибки 1-го рода (α).

$$P\{1^*(H_0) - 1^*(H_1) \geq C/H_0\} \leq \alpha.$$

Для вычисления информационных статистик необходимо вычислить оценку вектора средних и выборочную ковариационную матрицу.

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij};$$

$$S_i = \frac{1}{n_i - 1} = \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_i)';$$

После подсчета характеристик проводим подсчет информационной статистики для проверки гипотезы об однородности средних значений и корреляционных матриц, имеющих вид

$$Q_{m,h} = I(*:H_0) - I(*:H_1) = 1/2 \sum_{i=1}^d (n_i - 1) \ln(|S_0|/|S_i|),$$

где

$$S_0 = \frac{1}{n-d} \sum_{j=1}^d (x_{ij} - \bar{x})(x_{ij} - \bar{x});$$

$$S_i = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_i)'$$

Затем вычисляем вторую информационную статистику для проверки гипотезы об однородности только средних значений при условии равенства ковариационных матриц всех d классов, т. е.

$$H'_0: m_1 = m_2 = \dots = m_d \quad \text{при} \quad k_1 = k_2 = \dots = k_d;$$

$$H'_1: m_1, m_2, \dots, m_d \quad \text{при} \quad k_1 = k_2 = \dots = k_d;$$

$$Q_{m,h} = \frac{n-d}{2} \ln(|S_0|/|S|), \quad \text{где} \quad S = \frac{1}{n-d} \sum_{i=1}^d (n_i - 1) S_i;$$

$$S_0 = \frac{1}{n-d} \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x})(x_{ij} - \bar{x})'$$

Аппроксимация распределения информационных статистик производится нецентральным χ^2 распределением с числом степеней свободы, равным $t = (d-1)m(m+3)/2$, и параметром нецентральности

$$\beta = \left(\sum_{i=1}^d \frac{1}{n_i - 1} \right) - \frac{1}{n-d} \cdot \frac{m(2m^2 + 3m - 1)}{12} + \frac{m(d-1)(m-d+2)}{2(n-d)},$$

где d — число классов; m — количество признаков; n — число объектов в каждом классе.

Эта аппроксимация позволяет при сравнении вычислительной статистики с нецентральным χ^2 распределением с любым уровнем значимости принять или отклонить гипотезу об однородности средних значений и корреляционных матриц.

Если значение информационной статистики больше табличного значения χ^2 распределения с t степенью свободы и β параметром нецентральности при заданном уровне значимости, то альтернативную гипотезу принимаем, в противном случае — отбрасываем.

ХАРАКТЕРИСТИКА АНАЛИЗИРУЕМЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ

В анализе использованы группировки целлюлозных и картонных продуктов, получение которых описано в работе [3]. Сравняются и оцениваются следующие группировки:

1) экспертная, соответствующая группам продуктов в ГОСТах;

2) полученная с помощью алгоритмов «ДАДП — венгерский алгоритм» (ДАДП реализует методики дисперсионного анализа и динамического программирования для многомерной классификации объектов. «Венгерский алгоритм», обычно используемый в расчетах по оптимальному размещению, трансформирован для оптимальной группировки факторов на базе результатов классификации по ДАДП);

Таблица 1

Характеристика классификаций по целлюлозе

Номер классификации	Число классов	Номер класса	Состав классов	Характеристика видов целлюлозы
1	3	1	1, 2, 3, 4,	Сульфатная беленая
		2	5, 6, 7, 8, 9,	Сульфитная небеленая
		3	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	Сульфитная беленая
3	2	1	1, 2, 3, 4	Сульфатная беленая
		2	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	Сульфитная небеленая и беленая
2	3	1	2, 4, 17, 18	Сульфатная беленая и сульфитная беленая
		2	5, 6, 7, 8, 9	Сульфитная небеленая
		3	1, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	Сульфатная беленая и сульфитная беленая

Таблица 2

Характеристика классификаций по картону

Классификация	Число классов	Номер класса	Номера продуктов, вошедших в классы
Экспертная	13	1	1, 2, 3
		2	4, 48
		3	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
		4	16, 49, 47, 68
		5	18, 19
		6	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27
		7	28, 29, 30, 31, 32, 33, 34
		8	35, 36
		9	37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46
		10	50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59
		11	60, 61
		12	62, 63
		13	64, 65, 66, 67
По алгоритмам: «ДАДП—венгерский алгоритм»	9	1	1, 2, 3, 22 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
		2	4, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 60
		3	7, 8, 9, 61
		4	18, 19, 56, 57, 58, 62, 63
		5	21, 23, 24, 34
		6	35, 64, 65, 66
		7	36, 47, 67
		8	37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 59
		9	49, 58, 16
Методом древовидной классификации по качественным признакам		1	37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45
		2	46, 56, 57, 58, 59
		3	36, 48, 54, 49, 50, 51, 52, 55, 64, 65, 66, 67, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 35,
		4	1, 2, 3, 4, 18, 19, 21, 22, 25, 33, 34, 60, 61, 68
		5	23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32,
		6	47, 62, 63

3) полученная методом древовидной классификации по качественным признакам.

Сравнительная характеристика состава классификаций приводится в табл. 1, 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Результаты оценки отобранных классификаций по критерию МПИ и информационному статистическому критерию даны в табл. 3. В этой таблице приводятся значения относительных потерь информации, вычисленных для различных измерителей общей информации в исходной матрице. Как видно из табл. 3, для обеих формул значения функционала критерия МПИ получились больше единицы. Это может вызвать известное недоумение при анализе расчетов по второй формуле, так как в числителе и знаменателе стоят одноразмерные дисперсионные величины.

Таблица 3

Классификация	Критерий МПИ						Информационный критерий		
	Способ 1			Способ 2			статистика I	статистика II	$\chi^2_{\alpha=5}$
	ненормированные данные	нормировка I	нормировка II	ненормированные данные	нормировка I	нормировка II			

Для целлюлозы

Экспертная	74,2	—	1,4	1,7	2,9	1,7	134,3	97,0	133,0
Методом ДАДП	56,4	—	0,98	1,4	1,3	1,3	100,150	47,6	72,2
Методом древовидной классификации по качественным признакам	91,9	—	1,9	2,1	3,1	2,3	134,3	69,9	133,0

Для картона

Экспертная	7,8	—	1,9	2,6	7,8	3,2	612,2	167,9	227,1
Методом ДАДП	6,0	—	1,5	2,2	4,9	2,8	537,05	176,7	191,0
Методом древовидной классификации по качественным признакам	5,1	—	1,2	1,9	2,1	2,4	293,8	83,1	124,3

Таблица 4
Ранжировка классификаций по величине относительных потерь

Классификация	Ранг	Значения критерия МПИ различных классификаций				
		Способ 1		Способ 2		
		Ненормированные данные	Нормировка II	Ненормированные данные	Нормировка I	Нормировка II

Для целлюлозы

Методом ДАДП	1	56,4	0,98	1,4	1,3	1,3
Экспертная	2	14,3	1,4	1,7	2,9	1,7
Методом древовидной классификации по качественным признакам	3	1,9	1,9	2,1	3,1	2,3

Для картона

Методом древовидной классификации по качественным признакам	1	5,1	1,2	1,9	2,1	2,4
Методом ДАДП	2	6,0	1,5	2,2	4,9	2,8
Экспертная	3	7,8	1,9	2,6	7,8	3,2

Логически И, равная дисперсии суммы всех факторов исходной матрицы, должна превосходить величину относительных потерь, измеряемую суммой дисперсий факторов по отдельным группам. Но поведение взаимосвязей факторов внутри групп, измеряемых в $D_{гор}^2$ через r_{ij} , вносит такие коррективы в соотношение $D_{гор}^2$ и И, что оно становится больше единицы.

На величину относительных потерь, рассчитываемых по первой формуле, влияет дополнительно и различная размерность $D_{гор}^2$ и И.

Ранжировка классификаций по величине относительных потерь информации иллюстрируется — табл. 4.

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы.

1. Результаты оценки классификаций с помощью критерия МПИ совпадают по обоим испытываемым способам.

Следовательно, для проведения сравнительного анализа классификаций безразлично, в каком виде представлена общая информация — как сумма векторов описания в исходной матрице или как сумма элементов ковариационной матрицы, полученной на ее основе. Так, лучшей по целлюлозе в обоих случаях оказалась классификация, полученная методом ДАДП, на втором месте — экспертная и худшая — классификация по качественным признакам. Экспертная классификация учитывает различные свойства продукции, указанные в ГОСТах, а также назначение и характеристику продукции, которые нельзя полностью учесть с помощью взятого набора признаков. Поэтому она вышла на второе место. Классификация, полученная по качественным признакам, оказалась худшей, по-видимому, в силу того, что осуществлялась по большому набору признаков (9) при сравнительно небольшом числе наблюдений (18), и не все признаки были по своей природе качественными. Такие признаки, как себестоимость, разрывная длина, имеют ярко выраженный количественный характер.

Аналогичное совпадение ранжировки классификации по обоим способам характерно и для картона. Тот факт, что на первое место вышла классификация по качественным признакам, объясняется тем, что классификационный набор по картону включал небольшое число признаков природы, а количество наблюдений значительно превышало число признаков.

2. Нормирование данных для проведения оценочных расчетов по критерию МПИ — условие не обязательное, поскольку выводы о ранге классификаций совпали для нормированных и ненормированных данных.

При оценке классификаций по второму критерию (информационному статистическому критерию) проводится сопоставление информационных статистик S_1 и S_2 с табличным значением χ^2 . Если значение статистики I будет больше табличного значения χ^2 с заданным уровнем значимости, то принимается альтернативная гипотеза H_1 о том, что классификация хорошая, т. е. классы различаются по уровню средних значений классификационных признаков.

С помощью второй статистики проверяется гипотеза о равенстве векторов средних значений при условии равенства ковариационных матриц.

Но судить о качестве классификаций следует по статистике I , поскольку априори нельзя утверждать, что взаимодействия факторов внутри выделяемых классов одинаковы. Уровень значимости α задается равным 5%. По своему смыслу α — ошибка первого рода, и чем меньше α , тем меньше ошибка. В табл. 3 указаны значения информационных статистик и табличное значение χ^2 для целлюлозы, свидетельствующие, что все классификации имеют различные средние значения и ковариационные матрицы. Но лучшей классификацией будет вторая, т. е. полученная алгоритмом ДАДП, так как для нее имеется наибольшее превышение статистики I над табличным значением χ^2 . Экспертная классификация и классификация по качественным признакам имеют приблизительно одинаковую оценку, т. е. информационный статистический критерий дает следующую ранжировку классификаций:

- 1) ДАДП ($S_1/\chi^2 = 1,4$);
- 2), 3) экспертная классификация и классификация по качественным признакам ($S_1/\chi^2 = 1,009$).

Этот вывод в основном совпадает с выводом, полученным по критерию о качестве классификаций.

Рассмотрим результаты оценки качества классификаций по картоту. Как видно из табл. 3, значения статистики I у всех классификаций значительно превышают табличное значение χ^2 . Значит, следует принять гипотезу H_1 , т. е. средние значения и ковариационные матрицы неоднородны, классы существенно различаются между собой и полученные классификации — хорошие. Наилучшая классификация выбирается по отношению S_1/χ^2 . Исходя из этого правила, классификации можно проранжировать следующим образом:

- 1), 2) ДАДП и классификация по качественным признакам ($S_1/\chi^2 = 2,8$);
- 3) экспертная классификация ($S_1/\chi^2 = 2,2$).

Этот вывод совпадает также с выводом, сделанным по критерию МПИ.

Таким образом, можно сказать, что эти оба критерия (критерий МПИ и информационный статистический критерий) дают непротиворечивые результаты. Проверив гипотезу об однородности средних значений и ковариационных матриц, можно дать оценку полученным классификациям на качественном уровне. Дать количественную оценку позволяет критерий МПИ. Кроме того, на использова-

ние информационного статистического критерия накладывается такое жесткое ограничение, как независимость и нормальность многомерных выборок.

Делая окончательный вывод относительно измерителя величины И — общей информации в функционале критерия МПИ, следует отдать предпочтение дисперсионному измерителю в силу тождественности его природы введеному измерителю потерь и удобств расчета по нормированным данным.

Дальнейшее изучение свойств дисперсионного функционала критерия МПИ будет направлено на установление характера его зависимости от числа классов: наличие или отсутствие монотонности, возможность и условия появления экстремальных точек. Методом исследования выбрана машинная имитация: расчет на ЭВМ ковариационных матриц для подсовокупности объектов, формируемых случайным образом и по определенному закону.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА КРИТЕРИЯ МПИ (СПОСОБ 1)

Блок-схема программы для расчета критерия МПИ представлена на рис. 2. Критерий МПИ считается одновременно для нормированных и ненормированных данных. В ходе вычислений определяется также среднее значение признаков по классам и ковариационные матрицы.

Вводимую информацию можно представить в следующем виде:

- m — число признаков;
- n — число наблюдений;
- d — число классов разбиения;
- $R1$ — наименьшее число объектов в классе (1);
- $R2$ — параметр, управляющий переходом от одного блока к другому (он указан в блок-схеме);
- $x[1:n, 1:m]$ — массив номеров принадлежности объекта к данному классу;
- $r[1:n]$ — матрица значений каждого признака по каждому объекту.

Выводимая информация состоит из четырех частей.

I. Выводится информация по ненормированным данным:

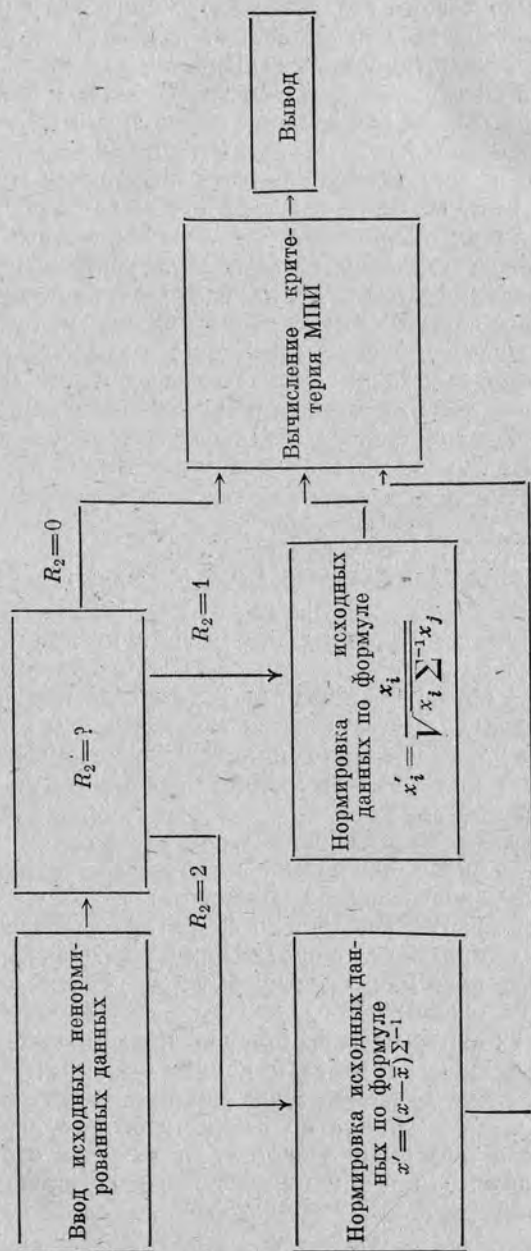


Рис. 2. Блок-схема программы для расчета критерия МПИ.

1) массив $B[0 : d]$ — количество объектов в каждом классе;

2) знаменатель критерия МПИ по формуле
$$\sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right)^2};$$

3) знаменатель по второй формуле критерия МПИ, равный сумме элементов исходной ковариационной матрицы;

4) среднее значение признаков по каждому классу;

5) числитель по формуле критерия МПИ, $D_{\text{гор}}^2$;

6) сумма элементов ковариационной матрицы каждого класса.

II. Нормирование исходной матрицы X по формуле

$$x_i = \frac{x_i}{\sqrt{x_i \Sigma^{-1} x_j}};$$

1) массив $Q[1 : m]$ — средние значения признаков по исходной матрице;

2) массив $A[1 : m, 1 : m]$ — исходная ковариационная матрица;

3) массив $X[1 : n, 1 : m]$ — нормированные данные.

Затем на печать выводится информация по критерию МПИ, рассчитанному для нормированных данных. Эта информация выводится по пунктам 1—6 части I.

III. Нормирование исходных данных по формуле

$$x = (x - \bar{x}) \Sigma^{-1},$$

где массив $X[1 : n, 1 : m]$ — нормированные данные.

Затем по этим данным вычисляется критерий МПИ. Вывод соответствует пунктам 1—6 в части I.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавель Н. М., Ионина Н. П. О критерии минимума потерь информации в имитационном агрегировании. — В кн: Экономико-статистические модели в прогнозировании и планировании промышленного производства. Новосибирск, «Наука», 1978, с. 127—146.
2. Верховская Л. А. Однородность средних значений и корреляционных матриц многомерных выборок. — Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, 1974, № 5, с. 171—176.
3. Воевода И. Н., Журавель Н. М. Анализ информационных возможностей нормативных материалов для имитационного агрегирования продукции. — Наст. сб., с. 63—77.

Б. Б. РОЗИН, М. А. СЕРГЕЕВА,
М. А. ЯГОЛЬНИЦЕР

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОТРАСЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Включение экономико-статистических моделей (ЭСМ) в технологию плановых расчетов — длительный многоэтапный процесс, его реализация предусматривает, с одной стороны, адаптацию ЭСМ к требованиям планово-экономической работы, с другой — совершенствование самой технологии планирования с учетом возможностей нового аппарата. В связи с этим могут быть выделены два основных направления исследований: совершенствование методов экономико-статистического моделирования — поиск путей построения моделей с заданными свойствами, обеспечивающих выполнение требований планирования; формулирование типичных плановых задач и разработка методики их решения с использованием аппарата экономико-статистического анализа.

Применение классических форм ЭСМ в планово-экономической работе связано с большими трудностями. Для их преодоления необходимо решить такие важные проблемы совершенствования качества моделей: повысить их адекватность реальной экономической действительности; расширить функциональные свойства моделей — обеспечить их соответствие методам и задачам планирования; улучшить потребительские свойства моделей. Эти проблемы можно решить, перейдя к конструированию гибридных форм ЭСМ, позволяющих синтезировать модели с заранее заданными свойствами. Применительно к экономико-статистическому моделированию под термином «гибридизация» понимается органическое соединение в процессе конструирования ЭСМ различных методов прикладной математики с целью расширения и при-

дания новых свойств и достоинств синтезируемым моделям.

Как известно, новая модель создается в три этапа. Первый этап — изобретательство, когда возникает очень сильная потребность в новой модели, и она появляется. И хотя сначала она имеет много шероховатостей, недочетов, но в целом отвечает поставленным требованиям. Эта модель становится основой целого класса моделей.

Второй этап — эволюция в пределах данного класса, когда каждая новая модель содержит в себе все лучшее из уже созданных моделей данного класса.

Третий этап состоит в использовании в данной модели идей о строении других готовых моделей, относящихся к другим классам. Основное предположение заключается в том, что модели других классов прошли два этапа улучшений, и заимствование идей может дать значительный толчок в создании новой модели.

Второй и третий этапы рассматриваемой схемы совершенствования можно трактовать как процесс гибридизации.

Условно можно выделить две градации гибридизации: внутривидовую и межвидовую. В этой связи второй этап совершенствования моделей можно трактовать как внутривидовую гибридизацию, а третий этап — как межвидовую.

К внутривидовой гибридизации относится использование различных методов математической статистики и многомерной классификации (методов многомерного статистического анализа) для повышения адекватности ЭСМ моделируемых экономических явлений. В частности, на этом пути были созданы ЭСМ, учитывающие:

1) неоднородность выборочной совокупности и нелинейность связи переменных (синтез идей и методов классификации и регрессионного анализа);

2) нестабильность структуры влияний как в пространстве, так и во времени (соединение методов распознавания образов, регрессионного анализа и теории управляемых случайных процессов);

3) априорные ограничения на структуру модели (модификация классического метода наименьших квадратов, методы математического программирования и т. д.);

4) возможность подстройки модели к переменным условиям функционирования (методы стохастической ап-

проксимации, распознавания образов, рекуррентного оценивания).

Процесс межвидовой гибридизации — это применение методов различных классов для совершенствования функциональных свойств модели. В качестве примера здесь можно привести процесс конструирования оптимизируемых ЭСМ, когда используется синтез моделей, принадлежащих разным классам: статистических моделей описания процесса функционирования экономических объектов, основанных на индуктивно-эмпирическом анализе массива, и оптимальных моделей математического программирования, реализующих идею нормативного подхода к планированию экономических процессов.

Включение ЭСМ в технологию плановых расчетов предусматривает не только совершенствование аппарата экономико-статистического моделирования, но и формулировку типичных плановых задач, разработку и совершенствование методики их решения с использованием методов экономико-статистического анализа.

Большой класс планово-экономических задач, при решении которых могут эффективно использоваться ЭСМ, — моделирование процесса развития и функционирования промышленных предприятий.

Предприятие — один из важнейших уровней организации промышленного производства: оно — единственный производитель материальных ценностей и объект реального технического прогресса и в то же время источник всей первичной информации об условиях и экономических результатах материального производства. Включение в систему моделей территориально-производственного планирования моделей предприятий решает две актуальные проблемы: формирование способов производства и формирование экономических нормативов.

В соответствии с этапами развития предприятия поставлены и решены задачи оценки уровня капитальных вложений в строительство промышленных объектов, прогнозирования процесса освоения производственных мощностей предприятий добывающей промышленности. Решение этих задач позволяет сформировать множество допустимых способов функционирования промышленных объектов для последующего их включения в многоуровневую систему моделей территориально-производственного планирования.

Одна из важнейших проблем планирования — обоснованность, точность и достаточная дифференцированность нормативной базы. Нормативы — начальный и конечный этапы в технологии плановых расчетов. Они — и объект, и база планирования.

Весьма эффективным инструментом совершенствования нормативной базы являются методы экономико-статистического моделирования. Конечной целью их применения может быть конструирование банка нормативных моделей. Основное назначение этого банка — проведение оценочных и прогнозных расчетов по определению различных нормативов: расходов и потребностей в сырье, энергии, материалах, труде и т. д., а также экономических показателей — производительности, себестоимости, фондоотдачи. Этот банк моделей представляет собой преобразователь фактических данных в плановые нормативы и выполняет следующие функции по преобразованию экономической информации: ее свертку, установление зависимостей и оценку изменения нормативов в связи с изменением условий и структуры производства.

Определение дифференцированных материальных нормативов на перспективу и плановый период, возможность их корректировки с учетом влияния научно-технического прогресса, изменения структуры, организации производства и других факторов на основе экономико-статистических моделей имеет большое значение для совершенствования методики планирования.

В заключение отметим, что хотя в настоящее время накоплен определенный опыт по формированию экономических нормативов с помощью ЭСМ, внедрение ЭСМ в технологию плановых расчетов — процесс длительный, требующий решения серьезных методических проблем и проведения большого количества экспериментов комплексных совместных исследований различных плановых организаций.

СОДЕРЖАНИЕ

От редакторов	5
Б. Б. Розин, В. В. Кулешов, М. Л. Лукацкая. Проблемы формирования и преобразования экономической информации в системе моделей территориально-производственного планирования	7
В. И. Суслов. Статистический анализ региональных коэффициентов материальных затрат	30
Н. М. Журавель, Н. П. Ионина, М. Л. Лукацкая. Региональное прогнозирование потребностей в прокате статистическими методами	50
И. Н. Воевода, Н. М. Журавель. Анализ информационных возможностей нормативных материалов для имитационного агрегирования продукции	63
Л. А. Сергеева, М. А. Ягольницер. Построение и анализ активных моделей добычи нефти	78
М. Л. Лукацкая, О. Г. Антипова. Динамическая модель леспромхозов как элемент многоуровневой системы оптимизации	94
Е. М. Левицкий, Е. И. Матов, А. В. Репин. О построении замкнутой динамической модели технико-экономического развития отрасли	112
А. В. Беккер. Определение резервов повышения эффективности производства предприятий отрасли	130
В. С. Зверев, М. Л. Лукацкая. Построение имитационной модели экономического региона методом планирования эксперимента	142
Д. С. Шпильфойгель. К методологии статистического моделирования зависимостей экономических показателей	154
Б. Б. Розин. Измерение структурных элементов экономикостатистической модели предприятия	175
В. И. Котюков, Н. А. Косянский. Об одном подходе к построению кусочно-линейных статистических моделей	197
Н. М. Журавель, О. А. Козлова. Использование статистических критериев для оценки качества классификаций	203
Б. Б. Розин, М. А. Сергеева, М. А. Ягольницер. Проблемы использования экономико-статистических моделей в технологии перспективного отраслевого планирования	218

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ответственные редакторы
Мэри Львовна Лукацкая
Венциан Борисович Розин

Утверждено к печати
Институтом экономики и организации
промышленного производства СО АН СССР

Редактор издательства Л. В. Нонкина
Художественный редактор Т. Ф. Каминина
Художник В. В. Растегаев
Технический редактор Н. М. Бурлаченко
Корректоры Г. Д. Смоляк, Т. О. Негодова

ИБ № 10189

Сдано в набор 09.01.79. Подписано к печати 27.11.79. МН-04306.
Формат 84 × 108¹/₃₂. Бумага типографская № 3. Обыкновенная
гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 11,8. Уч.-изд. л. 12.
Тираж 1850 экз. Заказ № 386. Цена 1 р. 70 к.

Издательство «Наука», Сибирское отделение.
630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука».
630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.