

ББК 65.в641  
УДК 33с3.1

**Гранберг А.Г., Суслов В.И., Суспицын С.А.**

**Г 77** Многорегиональные системы: экономико-математическое исследование. — Новосибирск: Сибирское Научное Издательство, 2007. — 371 с.

**ISBN 978-5-91124-014-5**

В книге представлен экономико-математический инструментарий для исследований структуры и динамики национальной экономики, рассматриваемой как система взаимосвязанных региональных экономик. Прослежена эволюция теоретических конструкций оптимизационных межрегиональных межотраслевых моделей. Выявлены условия продуктивности многорегиональной системы и типичные свойства оптимальных решений межрегиональных моделей. Изложены основные результаты теории межрегиональных экономических взаимодействий. Описана базовая модель экономического взаимодействия регионов, ее соотношения с оптимизационной межрегиональной моделью и возможности использования для измерения особых состояний и эффектов межрегиональных взаимодействий, включая параметризацию множества Парето, выявление эффективных и неэффективных коалиций регионов, нахождение ядра и равновесия многорегиональных систем. Описан опыт моделирования экономических взаимодействий союзных республик в составе СССР, макрорегионов Российской Федерации, регионов мира.

Обобщены исследования авторов, посвященные развитию методологии системного моделирования применительно к многорегиональной экономике. Изучены и развиты алгоритмы горизонтальной и вертикальной координации региональных и народнохозяйственных решений. Предложены подходы к согласованию решений в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы», базирующиеся на построении и использовании функций отклика регионов и идеях рефлексивного моделирования. Представлены основные результаты исследовательского проекта СИРЕНА (Синтез РЕгиональных и НАроднохозяйственных решений).

Монография представляет интерес для специалистов в области моделирования пространственных систем.

**ББК 65.в641**  
**УДК 33с3.1**

**ISBN 978-5-91124-014-5**

© ИЭОПП СО РАН, 2007  
© Гранберг А.Г.,  
Суслов В.И.,  
Суспицын С.А., 2007

## **Глава 10. Экономико-математический инструментарий согласования решений в двухуровневых системах**

---

Многорегиональные системы являются удобным объектом применения методологии системного моделирования к изучению их свойств. Как часть системы регион оказывает влияние на темпы и пропорции развития народного хозяйства в целом, а с другой стороны испытывает влияние народнохозяйственной структурной и региональной политики. В процессе функционирования такой системы возникают вопросы увязки интересов регионов, согласования локально-оптимальных планов, распределения обязанностей между региональными и общегосударственными органами управления и т.д. Вопросы согласования народнохозяйственных и региональных интересов обычно можно разделить на две части: 1) выработка принципиальных соглашений (принципов), на основе которых должны увязываться интересы регионов; 2) разработка экономического механизма, позволяющего реализовывать то или иное принципиальное соглашение.

Одним из таких принципов является положение о том, что в зависимости от содержательных задач модельные описания объектов двухуровневой системы и общесистемных условий могут иметь разный уровень детализации. Применительно к многорегиональной системе это означает, что регионы могут иметь разную степень детальности описания внутренних условий своего развития и внешних связей, через которые они погружается в систему межрегиональных отношений. Всего возможны 4 сочетания степени агрегированности описания внутренних и внешних связей региона в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы».

1. Тип *АА* — равномерно агрегированное представление внутренних и внешних связей региона.

2. Тип *AD* — внутренние связи (структура, условия, ограничения, элементы) отражаются «грубо», но система его внешних взаимосвязей описывается подробно.

3. Тип *DA* — инверсия предыдущего типа: внутренние условия развития региона описываются детально, внешние — хотя и системно, но агрегированно.

4. Тип *DD* — равномерно детализированное представление в системе межрегиональных взаимосвязей.

Данной классификацией исчерпывается множество модельно-теоретических описаний двухуровневых систем по этому признаку, а следовательно, и принципов (алгоритмов) построения согласованных решений. Крайние типы, *AA* и *DD* (в теоретических постановках), укладываются в традиционные схемы распределительных или смешанных (лимитно-ценностных) алгоритмов согласования решений. Тип *AD* порождает схемы согласования решений, основанные на построении и использовании функций отклика регионов на изменения интенсивности и структуры его внешних связей. Для типа *DA* естественны приемы согласования решений, основанные на построении рефлекторных моделей.

Дополнение традиционных алгоритмов согласования («работающих» с объектами типов *AA* и *DD*) промежуточными конструкциями, основанными на описании регионов по типам *AD* и *DA*, позволяет операционально изучать двухуровневые системы «национальная экономика — регионы» в более реалистических предпосылках их моделирования. Заметим, что фактор пространства при моделировании двухуровневых систем «национальная экономика — регионы» присутствует в двух аспектах. Объектами моделирования являются регионы, образующие в своей совокупности пространственную экономическую систему, в которой их развитие происходит в условиях взаимодействия и нередко конкуренции. Субъектами процесса моделирования являются региональные и центральные органы управления и региональные научно-исследовательские организации, в которых разрабатываются модельные комплексы и методические схемы их использования в прогнозировании социально-экономического развития. Поэтому процедуры поиска согласованных решений в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы» должны исходить из реалий пространственного рассредоточения самих разработчиков моделей и разного уровня зрелости региональных модельных разработок. Описанные выше промежуточные типы моделирования двухуровневых систем в большей степени отвечают этим условиям, чем традиционные подходы.

Изложение методов согласования решений в системе «национальная экономика — регионы» исходит из описанной выше классификации двухуровневых систем, исчерпывающей возможные типы сочетания детализированных и агрегированных моделей регионов и остальной части народного хозяйства (или в целом национальной экономики). Классические алгоритмы согласования решений в системе моделей, как правило, абстрагируются от разномасштабной детализации условий и переменных моделей подсистем и применимы к двухуровневым системам, построенным по типам *DD* или *AA*. Их сходимость к согласованному решению в двухуровневых территориальных системах обеспечивается модификацией процедур согласования и признаков окончания процесса. Эти особенности обсуждаются в параграфе 10.1.

Алгоритмам и проблемам согласования решений в двухуровневых системах, построенных по типам *DA* и *AD* (то есть с разной детализацией региона и остальной части народного хозяйства и связей между ними), посвящены параграфы 10.2 и 10.3.

### **10.1. Распределительные алгоритмы согласования решений в двухуровневых системах «национальная экономика — регионы»**

Использование методов оптимального распределения ресурсов позволяет исследовать процессы функционирования экономических систем, в которых в качестве самостоятельных единиц выступают региональные хозяйственные комплексы. На их основе можно изучать такие вопросы территориальной организации хозяйства, как оптимальная специализация региональных экономик, эффективность взаимодействия территориальных экономических единиц, возможность разделения функций центральных и региональных органов управления и т.п. Вместе с тем, традиционные алгоритмы согласования решений в двухуровневых системах нуждаются в определенных модификациях, прямо учитывающих влияние пространственного фактора на экономическое развитие<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Впервые схема разложения задачи блочного программирования на задачи оптимизации на двух уровнях и алгоритм их согласования на основе перераспределения общесистемных ресурсов была предложена венгерскими учеными К.Я. Корнан и Т. Липтаком: Планирование на двух уровнях // Применение математики в экономических исследованиях. М.: Мысль, 1965. Т. 3. Идеино иной подход к разложению и решению задач блочного программирования, предполагающий итеративные корректировки целевых функций подсистем на основе решения задачи верхнего уровня, восходит к работе Данциг Д., Вульф Ф. Алгоритм разложения для задач линейного программирования // Математика. 1964. Т. 8, № 1.

Задача оптимизации вариантов развития экономической системы рассматривается в следующей постановке. Математическое описание исходной территориальной системы в целом задается оптимизационной межрайонной межотраслевой моделью (ОМММ), типовые постановки которой описаны в части I. Задачи регионов формируют региональные блоки такой модели. По каждому региону определяется вариант развития, в котором достигается максимальный уровень потребления при обязательном выполнении заданий по межрегиональному обмену. На основе анализа полученных оптимальных планов изменяются объемы межрегиональных поставок с целью увеличения общего фонда потребления при заданных соотношениях региональных уровней жизни.

Сформулированная задача может анализироваться и интерпретироваться в нескольких аспектах. Во-первых, она представляет собой пример двухуровневого управления с четким разграничением обязанностей центрального и региональных управляющих органов. Во-вторых, данная задача может рассматриваться как вычислительный аналог децентрализованного нахождения варианта развития национальной экономики в целом. В-третьих, модельный аппарат решения такой задачи может использоваться как особый инструмент экономико-математического анализа взаимосвязей между крупными регионами, изучения влияния этих взаимосвязей на экономику регионов и народнохозяйственной эффективности их взаимодействия.

Данный процесс отличается от классического алгоритма перераспределения общих ресурсов двумя моментами. Первый из них заключается в том, что перераспределение ресурсов (транспортальной продукции) связано с определенными транспортными затратами. Ресурс перераспределяется в пользу одного из регионов (увеличивается ввоз в него или сокращается вывоз из него), если его оценка в данном регионе не просто больше, чем в другом, а больше, по крайней мере, на величину суммарных удельных транспортных затрат, измеренных в оценках транспортной работы, по соответствующему способу межрегиональной связи.

Процесс перераспределения заканчивается, когда разница оценок транспортальной продукции между регионами не превышает этих удельных транспортных затрат; причем если она строго меньше величины транспортных затрат, то соответствующая перевозка продукции должна равняться нулю. Другими словами, признаком конца процесса (одним из двух) является выполнение условий дополняющей нежесткости по способам межрегиональных связей.

Второе отличие используемого итеративного метода от классического процесса перераспределения ресурсов состоит в том, что композиция решений локальных задач (моделей отдельных регионов) дает, как правило, соотношение между региональными фондами производственного потребления, отличающееся от заданного в исходной ОМММ. Это приводит к необходимости, как и в «ценностных» методах согласования, корректировать двойственные переменные.

Для определенности будем далее рассматривать двухзональную систему (именно в такой постановке были проведены первые расчеты по согласованию решений в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы» [2]). Задача развития каждой зоны в отдельности описывается ОМММ с соответствующими параметрами. Для контроля процесса итеративных расчетов используется оптимальный вариант развития народного хозяйства, полученный по исходной межрегиональной модели. Для выделения задач зон ОМММ, описывающая народное хозяйство в целом, несколько преобразуется. Основные изменения состоят во введении переменных зональных фондов производственного потребления и добавлении условий, налагаемых на зональную структуру производственного потребления. Согласование вариантов развития зон осуществляется путем итеративной корректировки значений межзональных связей. Каждая итерация процесса заключается в решении моделей зон и корректировке межзональных перевозок. Если оценка  $i$ -й продукции в  $r$ -м регионе выше, чем в  $s$ -м ( $r$ -й и  $s$ -й регионы относятся к разным зонам), то перевозка продукции из  $s$ -го региона в  $r$ -й увеличивается (продукция перераспределяется в пользу зоны с более высокой оценкой этой продукции), а в противном случае сокращается. При этом следует избегать возникновения двух встречных перевозок одноименной продукции<sup>1</sup>.

Предположим, что на текущей итерации доля 1-й зоны в производственном потреблении завышена, а 2-й занижена. После приведения территориальной структуры потребления к заданной окажется, что в балансах продукции 1-й зоны имеет место недоиспользование продукции, а в балансах 2-й зоны — перерасход. Следовательно, необходимо сократить оценки в 1-й зоне и увеличить их во 2-й зоне. Для обеспечения условий дополняющей нежесткости по всем способам региональных переменных внутризональных перевозок в исходной модели достаточно

<sup>1</sup> Свойство  $x_i^r x_i^s = 0$  выполняется в оптимальном плане ОМММ, поэтому желательно, чтобы этим свойством обладали и промежуточные планы, получаемые в процессе согласования моделей.

использовать одинаковый для всех двойственных переменных каждой зоны коэффициент корректировки. Выполнение этих условий для способа общего фонда непродуцированного потребления (в исходной ОМММ) гарантируется соотношением:  $h^1\lambda_1 + h^2\lambda_2 = 1$ , где  $h^1, h^2$  — коэффициенты корректировки двойственных оценок 1-й и 2-й зон,  $\lambda_1, \lambda_2$ , ( $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ ) — доли 1-й и 2-й зон в общем фонде потребления<sup>1</sup>.

Процесс согласования может быть прекращен только в том случае (второй признак конца процесса), если соотношение зональных фондов потребления, определенных из локальных задач зон, совпадает с заданным (то есть если не возникает необходимости корректировки оценок).

На каждой итерации после решения задач зон сначала корректируются оценки, после чего — межзональные связи. Процесс заканчивается, когда с заданной точностью начинают выполняться (одновременно) оба признака конца. Если точность достаточно высока, можно ожидать, что композиция локальных (прямых) решений даст оптимальный вариант исходной модели. Во всяком случае, неподвижная точка процесса существует при фиксации межзональных связей на оптимальном в исходной модели уровне. Сложность заключается в том, что при приближении к этой неподвижной точке и непосредственно в ней возникает множественность двойственных планов локальных задач зон.

Конкретные алгоритмы корректировки оценок и межзональных перевозок могут быть различными. Можно, в частности, использовать полностью формализованные алгоритмы. Так, при расчете коэффициентов корректировки оценок их считают пропорциональными степени различия текущей и заданной территориальных структур потребления (степень различия двухкомпонентных векторов можно оценить простыми показателями), а сам коэффициент пропорциональности демпфируется в процессе согласования (например, уменьшается при смене направления изменения структуры потребления на обратное). Аналогично можно поступать при расчете величины, на которую меняются объемы межзональных перевозок продукции: эту величину принимать пропорциональной невязке по соответствующему ограничению двойственной задачи (к исходной модели), а коэффициент пропорциональности — демпфировать в процессе расчетов.

<sup>1</sup>Как следует из анализа структуры модели, композиция скорректированных двойственных планов задач зон становится допустимой в задаче, двойственной к исходной ОМММ. Композиция прямых планов зон является также допустимой в ОМММ. Эти особенности используемого алгоритма согласования планов зон расширяют возможности содержательных интерпретаций промежуточных решений.

## 10.2. Согласование региональных моделей на основе построения функций отклика регионов

Развиваемый в ИЭОПП СО РАН подход основан на замещении региональных блоков базисной межрегиональной модели функциями отклика регионов на изменения внешних связей, построенных статистической обработкой детализированных региональных моделей<sup>1</sup>. Получаемые по такой модели варианты народнохозяйственного развития учитывают все многообразие детализированных региональных условий и тем самым обеспечивают увязку региональных решений как между собой, так и с задачами народнохозяйственного уровня.

Пусть  $RD = (RD_1, \dots, RD_m)$  — совокупность региональных комплексов моделей, позволяющих описать с необходимой степенью детализации процессы развития регионов;  $NA$  — агрегированная межрегиональная модель.

Для каждого региона строится два типа функций отклика: 1) функции отклика регионов  $\varphi(RD)$ , замещающие модели  $RD$  (в качестве факторов отклика принимаются экзогенные параметры внешних связей региона); 2) функции  $\psi_R(NA)$ , описывающие реакцию остальной части народного хозяйства на изменение интенсивности внешних связей выделенного региона<sup>2</sup>. Они строятся по результатам экспериментов с моделью  $NA$ , с заменой регионального блока на экзогенные параметры его внешних связей. Эти функции вместе с региональным комплексом моделей будут составлять инструмент индивидуальных прогнозов регионального развития и его внешних связей с позиций народнохозяйственных интересов. Процесс построения указанных функций должен происходить в организациях, эксплуатирующих замещаемые модели, что повышает его реализуемость.

На следующем этапе осуществляется разовый обмен этими функциями между «центром» (учреждением, органом управления, эксплуа-

<sup>1</sup>Одним из первых примеров использования функций отклика подсистем для согласования их решений было построение отраслевых функций издержек от объемов выпусков. Для согласования отраслевых решений предлагалась построенная на их основе модель нелинейного межотраслевого баланса. Были установлены условия существования ее решения, проведены экспериментальные расчеты (см. Математические вопросы построения системы моделей. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1976. С. 125–136). В [10, с. 51–59] функции отклика подсистем использовались для согласования решений в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы».

<sup>2</sup>Примеры построения функций откликов регионов с оценками параметров приведены в гл. 11.

тирующим базовую агрегированную межрегиональную модель) и региональным органом планирования или исследовательским учреждением (в дальнейшем «регионом»).

И наконец, синтез базовых моделей и полученных функций отклика организуется так, чтобы его результатом (модель  $NR_{\varphi} = \langle NA, \varphi(RD) \rangle$  в «центре» и  ${}_{\psi}NR = \langle \psi_R(NA), RD \rangle$  в «регионе») были две модификации одной гибридной модели  $NR$ . В модели «центра» региональный блок замещен функцией отклика, в ее аналоге для региона он представлен моделями  $RD$ , а остальная часть народного хозяйства описывается функцией  $\psi_R(NA)$ .

Полученный по «региональной» версии модели  ${}_{\psi}NR$  вариант регионального развития передается в «центр» и сопоставляется с решением контрольной задачи (или с результатами постановки этого варианта в  $NR_{\varphi}$ ). При отсутствии ошибок или сознательного искажения «регионом» передаваемой информации (фальсификации функции отклика) результаты должны быть близкими.

В другом варианте предлагаемой схемы представляется заманчивой идея замены агрегированной межрегиональной модели  $NA$  ее аналогом, образованной на основе синтеза региональных функций отклика,  $ND = \langle \varphi(RD) \rangle$ .

Процесс построения и использования гибридных моделей обладает рядом особенностей.

Все гибридные модели ( $NR_{\varphi}$ ,  ${}_{\psi}NR$ ,  $ND = \langle \varphi(RD) \rangle$ ) вслед за функциями отклика являются обязательно нелинейными. Нелинейность выступает принципиальным свойством функций отклика, так как они описывают границы некоторых, обычно выпуклых (для линейно-программных моделей — многогранных), областей возможных решений. Эти границы обязательно характеризуются некоторой кривизной. Для линейно-программных моделей функции отклика линейны лишь в весьма ограниченных областях устойчивости оптимального базиса.

Современные стандартные пакеты программ оптимизации позволяют реализовать модели, включающие нелинейные функции отклика. Дополнительных трудностей не возникает. Более того, важно, что с вычислительной точки зрения, например,  $NR_{\varphi}$ -модель оказывается существенно проще народнохозяйственной модели с детализированным блоком выделенного региона, даже если последняя полностью линейна. Точно так же  ${}_{\psi}NR$ -модель проще региональной модели, включающей структурное описание остальной части страны.

Различия между двумя типами гибридных моделей  $NR_{\varphi}$  и  ${}_{\psi}NR$  состоят в разных интерпретациях заложенных в них схем построения согласованных решений. Модель  $NR_{\varphi}$  реализует аппроксимационную схему согласования, в соответствии с которой региональные функции отклика описывают на языке модели верхнего уровня множество способов функционирования объектов нижнего уровня — региона;  ${}_{\psi}NR$ -модель реализует рефлекторную схему согласования, причем народнохозяйственные функции отклика описывают «фон» для модели нижнего уровня.

В силу того, что согласованные решения о связях между регионом и остальной частью страны можно получать с помощью как  $NR_{\varphi}$ , так и  ${}_{\psi}NR$ -модели, согласованный режим использования региональных и народнохозяйственных моделей можно организовать различным образом.

Выработка региональных решений, согласованных с народнохозяйственным уровнем, может быть обеспечена двумя способами: а) региональный уровень (исследовательский центр, в котором ведутся региональные модельные исследования) передает на верхний уровень (исследовательский центр — «держатель» народнохозяйственных моделей) свои функции отклика; там с помощью  $NR_{\varphi}$ -модели определяются внешние связи региона, и информация о них идет в обратном направлении; далее на нижнем уровне используется  $RD$ -модель с определенными таким образом параметрами внешних связей региона; б) верхний уровень передает на нижний свои функции отклика; на нижнем уровне используется модель  ${}_{\psi}NR$ .

Аналогичными способами может быть обеспечено получение народнохозяйственных решений, достаточно полно учитывающих региональные особенности: а) верхний уровень передает на нижний свои функции отклика; там с помощью  ${}_{\psi}NR$ -модели вырабатывается информация о внешних связях региона, которая передается в обратном направлении; далее на верхнем уровне используется  $NA$ -модель; б) нижний уровень передает на верхний свои функции отклика; на верхнем уровне применяется  $NR_{\varphi}$ -модель.

При такой организации работы передаче не подлежат большие массивы реальной информации, громоздкие прикладные модели и поддерживающие их ресурсы. Передаются только характеристики внешних связей регионов и функции отклика. Заметим, что передача функций отклика может осуществляться в несколько итераций (если возникает необходимость корректировать области возможных вариаций внешних связей). В разных исследовательских центрах могут эксплуатироваться

существенно различающиеся модели; следует только согласовать списки параметров и факторов отклика. В случае, если различается степень детализации характеристик внешних связей, можно применять известные приемы фиксации внутренней структуры агрегатов.

Если бы со временем не менялись модели, а также представления о возможных сценариях будущего развития, то передачу функций отклика можно было бы провести только один раз. Однако такие изменения происходят. Поэтому межмодельные контакты следует время от времени возобновлять с целью уточнения информации о функциях отклика.

Списки параметров и факторов отклика, приемы синтеза гибридных моделей могут быть различными; в частности, они могут определяться характером моделей верхнего уровня.

### 10.3. Разработка и проблемы использования рефлекторных межрегиональных моделей

**Общие принципы построения рефлекторных межрегиональных моделей<sup>1</sup>.** Изучение развития региона в системе народнохозяйственных взаимосвязей методами рефлекторного моделирования обеспечивается построением гибридных (рефлекторных) моделей, объединяющих условия агрегированной межрегиональной и детализированной региональной моделей.

Можно выделить два типа гибридных моделей, описывающих взаимосвязь «народное хозяйство — регионы»: народнохозяйственные модели с детализированным описанием условий функционирования выделенной подсистемы и модель региона с агрегированным описанием остальной части народного хозяйства. В прикладных исследованиях гибридные модели конструируются обычно не слиянием взаимодействующих моделей в единую модель, а постепенным развитием одной из моделей в направлении учета условий другой.

На примере блока межотраслевых связей рассмотрим фрагмент гибридной модели, объединяющей свойства народнохозяйственной

<sup>1</sup> Рефлекторное моделирование (программирование) как подход к моделированию больших систем предложено венгерским экономистом Г. Шимоном. Главным принципом построения рефлекторных моделей является достаточно детальное описание «ядра» (особо интересующего объекта) при агрегированном описании периферии (остальных элементов рассматриваемой системы). В случае, когда исходным материалом для построения такой модели служат детализированная модель объекта и более агрегированная модель остальной части системы, можно говорить о гибридных моделях как разновидности рефлекторных.

модели и региональной модели, описывающей развитие локальных объектов.

Детализация межотраслевых связей в народнохозяйственной модели проводится путем выделения в классификации чистых отраслей, с одной стороны, отдельных продуктов в натуральном выражении, с другой — конкретных объектов (крупных предприятий, промышленных узлов или их групп) и комплексных региональных или межотраслевых программ (фактически таких же объектов, но в стадии их становления или реорганизации).

Общий вид детализированного регионального блока межотраслевых связей представлен в табл. 10.1, где  $A$  — символ матрицы прямых материальных затрат;  $B$  — матриц выпусков отдельных продуктов или прочей продукции. Это один из вариантов матрицы модели натурально-стоимостного баланса, в котором, во-первых, оставлены балансы по прочей продукции; во-вторых, описываются не хозяйственные отрасли в полном объеме, а некоторые конкретные хозяйственные объекты.

Возможны самые разнообразные «усеченные» варианты данного блока; но обязательны в нем подблоки: либо  $B_{10} - A_{10}$  (балансы по отдельным продуктам между локальными объектами), либо  $E - A_{11}$  (межпродуктовых связей), либо  $E - A$  (межотраслевых связей). Если модель включает только блоки последнего типа, то это обычная межотраслевая модель без выделения конкретных продуктов и объектов. Если в модели только блоки  $E - A_{11}$ , то речь идет о межпродуктовом балансе, при этом прочая продукция представлена агрегированно: ее затраты в функционале, затраты на нее (а также по конкретным объектам, если они выделены) — в правой части модели. Если в модели только блоки типа  $B_{10} - A_{10}$ , то имеет место одна из форм обычной модели группы конкретных объектов (многоотраслевых или территориально-производственных комплексов), при этом затраты прочей продукции должны быть агрегированно отражены в функционале, а затраты на прочее хозяйство — в правой части модели.

Таблица 10.1

Детализированный региональный блок межотраслевых связей

	Конкретные объекты	Прочее хозяйство региона	
Отдельные продукты	$B_{10} - A_{10}$	$E - A_{11}$	$-A_{12}$
Прочая продукция	$B_{20} - A_{20}$	$-A_{21}$	$E - A_{21}$

Основные методические проблемы в применении рефлекторного подхода связаны с корректным сочетанием в гибридных моделях разных типов описания экономических подсистем (агрегированного и детализированного). Односторонние преимущества, которые получает в системе моделей подсистема с детализированным и более адекватным описанием условий, могут привести к искажениям ее положения в народном хозяйстве, деформации основных народнохозяйственных пропорций. Выявление пороговых значений степени детализации отдельных подсистем является необходимым условием корректного применения рефлекторного подхода к согласованию решений в системе моделей.

**Пример построения межрегиональной межотраслевой модели с выделенным блоком Красноярского края.** Исходной моделью рассматривалась ОМММ, в которой экономика страны разбита на 8 регионов, при этом отдельным региональным блоком была представлена Восточная Сибирь. Для исследования перспектив развития экономики Красноярского края 8-региональная ОМММ была модифицирована в 9-региональную путем дезагрегирования региональных условий Восточной Сибири на два региональных блока: Красноярский край и остальная часть Восточной Сибири. Балансовые ограничения модели по выпуску продукции, использованию трудовых ресурсов и капитальных вложений в этих блоках формировались с привлечением дополнительной информации по отчетным межотраслевым балансам Красноярского края, динамике капитальных вложений и производительности труда, а также с учетом отраслевых проработок по перспективам развития края, проводимых научными и проектными организациями Красноярска.

Выделение Красноярского края в структуре межрегиональной модели привело к изменению условий межрегионального обмена продукцией отраслей. Поскольку в ОМММ поставки продукции осуществляются между смежными районами, условия транспортировки продукции между Западной и Восточной Сибирью, а также между Восточной Сибирью и Дальним Востоком в исходной модели заменялись, соответственно, на условия по связям: Западная Сибирь-Красноярский край; остальная часть Восточной Сибири—Дальний Восток и дополнительно вводилась новая связь: Красноярский край — Восточная Сибирь.

Межрегиональная модель с выделенным блоком Красноярского края является моделью верхнего уровня в комплексе моделей оптимизации развития региона. На региональном уровне разработана имитационная модель экономического функционирования региона (ИМЭФР). Отдель-

ными элементами такой модели выступают действующие и строящиеся объекты различных отраслей материального производства и непроизводственной сферы, а также «внешняя среда», играющая роль поставщика различных ресурсов (материальных, природных, трудовых, финансовых) и потребителя конечной продукции региона. Взаимодействие выделенных элементов осуществляется в модели в рамках алгоритмически оформленных блоков: «строительство» (имитация процесса строительства новых объектов); «мощности» (расчет мощностей действующих объектов, отражение процессов реконструкции и технического перевооружения); «производство» (определение фактического выпуска продукции); «ресурсы» (расчет объемов ресурсов, подлежащих распределению и перераспределению между объектами и внешней средой).

Для согласования решений этих моделей использовалась схема типа «верх-низ» с параметрической корректировкой отдельных ограничений блока Красноярского края в межрегиональной модели по результатам решения имитационной модели. В проведенных расчетах содержательно приемлемые согласованные решения были получены за несколько итераций [17, с. 207–211].

**Подходы к согласованию рефлекторных моделей.** Процесс «клонирования» региональных спецификаций межрегиональных моделей при всех позитивах для выделенного региона сопровождается недостатками методического плана, ограничивающими согласование региональных решений и их анализ с позиций народнохозяйственных интересов. Разработка «своих» модификаций межрегиональных моделей и их эксплуатация в региональных центрах постепенно размывают единую информационную основу исходной народнохозяйственной модели для реального синтеза региональных решений. Народнохозяйственные решения, получаемые по «региональным» версиям межрегиональных моделей, могут существенно варьировать для групп одноименных показателей. В первом приближении согласование рефлекторных межрегиональных моделей можно обеспечить наибольшим сближением (по одноименным показателям) центральных сценариев развития народного хозяйства, разработанных на базе этих моделей. Добиться этого можно парным согласованием решений каждой гибридной и исходной межрегиональных моделей.

Решение проблемы в общем случае состоит в выявлении условий, которым должны удовлетворять региональные спецификации народно-

хозяйственных моделей и их соотношений с агрегированными моделями народного хозяйства.

При изучении согласования решений моделей  $NA$  и  $NR$  (народнохозяйственной агрегированной и рефлекторной) можно ограничиться анализом соответствия региональных блоков  $RA$  (агрегированного) и  $RD$  (детализированного) в этих моделях для выделенного региона. Последнее, при фиксированных внешних связях, равносильно изучению соотношения между множествами допустимых вариантов развития региона при его детализированном  $X_d$  и агрегированном  $X_a$  описаниях. Пусть  $x_a \in X_a$  и  $x_d \in X_d$  — варианты развития региона, допустимые по агрегированным соответственно детализированным условиям. Назовем их согласованными, если существуют такие операторы перехода от одной системы показателей к другой (агрегирования —  $Agg$  и детализации —  $Det$ ), что их применение к исходным планам  $X_d$  и  $X_a$  сохраняет допустимость последних в смежных задачах

$$Agg(x_d) \in X_a, \quad Det(x_a) \in X_d.$$

Эти соотношения будут выполняться, если потребовать от операторов  $Agg$  и  $Det$  более сильных свойств:  $Agg(X_d) \subset X_a$ ,  $Det(X_a) \subset X_d$ . Содержательно эти условия означают, что при переходе от детализированного описания регионального блока к агрегированному (и обратно) не возникает дополнительной информации, отличной от той, что уже содержится в условиях агрегированной задачи — во множестве  $X_a$  (соответственно,  $X_d$ ).

Если, кроме того, так введенные операторы агрегирования и дезагрегирования сохраняют масштабы измерения целевых показателей<sup>1</sup>,  $\mu_a$  и  $\mu_d$  (показателей эффекта функционирования экономики региона) —  $\mu_a(Agg(x_d)) = \mu_d(x_d)$ ,  $\mu_d(Det(x_a)) = \mu_a(x_a)$ , то можно доказать, что оптимальные планы развития региона  $x_a$  и  $x_d$  взаимно согласованы, то есть  $x_a = Agg(x_d)$ ,  $x_d = Det(x_a)$ .

Возвращаясь к соотношению агрегированной и рефлекторной межрегиональных моделей, можно утверждать, что при «правильном» переходе к детализированному описанию регионального блока (то есть в со-

<sup>1</sup> В системе многоступенчатой оптимизации экономики операторы преобразования информации, построенные на основе коэффициентов производственной заменяемости выпусков продукции, сохраняют не только общий масштаб целевых показателей (критериев оптимальности в агрегированной и детализированной задачах), но и уровень измерений в оптимальных ценах общих результатов функционирования рассматриваемых подсистем и народного хозяйства в целом (см. П у г а ч е в В. Ф. Система моделей многоступенчатой аппроксимации // Система моделей народнохозяйственного планирования. М.: Наука, 1982. С. 55–57).

ответствии с перечисленными выше условиями на операторы и процедуры агрегирования и дезагрегирования) их решения в части, не затрагиваемой преобразованиями, должны совпадать. И наоборот, возможные расхождения в оптимальных решениях моделей  $NA$  и  $RD$  одноименных показателей, скорее свидетельствуют не о несогласованности самих решений, а о некорректном описании выделенного регионального блока.

Подобные ситуации возможны, когда региональный блок народнохозяйственной модели детализируется включением условий разработанных автономно региональных моделей: в этом случае операторы перехода  $Agg$  и  $Det$  могут не удовлетворять сформулированным выше условиям. И добиться согласования рефлекторных моделей, а следовательно, и региональных решений, можно лишь волевым образом — принудительным заданием внешних связей выделенного региона на уровне и в структуре, определяемым решением исходной агрегированной межрегиональной модели. Фактически в такой ситуации рефлекторные модели не нужны, а согласование региональных моделей  $RD$  обеспечивается их настройкой по решению модели  $NA$ . Вопрос состоит в том, обладает ли агрегированная модель  $NA$  всей необходимой информацией для определения центрального сценария развития народного хозяйства, согласованного с детализированными условиями функционирования регионов, на показатели которого ориентированы региональные модели. В общем случае ответ отрицательный, но существуют методы, обеспечивающие соответствующую настройку народнохозяйственной модели.

Одним из них является модифицированный алгоритм итеративного агрегирования, разработанный для проведения системных расчетов в двухуровневых системах, когда координирующая задача синтезирует агрегированные аналоги детализированных моделей нижнего уровня. При этом параметры операторов агрегирования промежуточных решений задач подсистем и детализации решений координирующей задачи уточняются в итеративном процессе обмена информацией между этими задачами. Классические алгоритмы итеративного агрегирования относятся к классу алгоритмов вертикальной координации решений<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Первоначально алгоритмы итеративного агрегирования рассматривались как методы решения больших размерных оптимизационных задач, выходящих за пределы возможностей существовавших ЭВМ (см., например, В а х у т и н с к и й И.Я., Дудкин Л.И., Щ е н н и к о в Б.А. Итеративное агрегирование в некоторых оптимальных экономических моделях // Экономика и мат. методы, 1973. Т. IX, вып. 3). Позднее этим же авторским коллективом была предложена система моделей оптимального планирования, последовательно реализующая идеи алгоритмов итеративного агрегирования как методологической основы построения согласованных решений в системе моделей.

Для согласования рефлекторных народнохозяйственных моделей можно предложить схему итеративного агрегирования, основанную на процедурах горизонтальной координации, не нуждающуюся в центральной координирующей модели. По результатам решения рефлекторных межрегиональных моделей, каждая из которых включает детализированный блок своего региона и агрегированные блоки других регионов, строятся агрегированные аналоги детализированных блоков, которые передаются в рефлекторные модели других регионов. После уточнения параметров сводных блоков осуществляется очередной цикл расчетов по всем рефлекторным моделям, по результатам которых уточняются детализированные показатели регионов и процесс продолжается. Как и в традиционных схемах итеративного агрегирования справедливо утверждение: если так организованный итеративный процесс обмена информацией между рефлекторными моделями сходится, то он сходится к решению, согласованному по условиям детализированных региональных и общесистемных ограничений. Сходимость же процесса обеспечивается стандартными для этих схем приемами демпфирования колебаний на соседних итерациях операторов пересчета региональных показателей в сводную и детализированную номенклатуры.

## Глава 11. Проект СИРЕНА: методологические основы

### **11.1. Цели проекта и структура модельного комплекса**

**Цели проекта СИРЕНА.** При изучении двухуровневых систем «национальная экономика — регионы» можно выделить два направления исследований. Первое (содержательное) состоит в развитии теоретико-методологических основ функционирования, развития и трансформации многорегиональных систем, изучении условий, обеспечивающих устойчивый экономический рост регионов и национальной экономики в целом, механизмов сочетания народнохозяйственных и региональных интересов и др.

Разработка проекта СИРЕНА ориентируется на решение следующих основных задач:

- оценку сложившихся территориальных пропорций с позиций народнохозяйственной эффективности;
- прогнозирование территориальных пропорций экономики страны на долгосрочную перспективу;
- исследование тенденций и перспектив развития крупных регионов в системе межрегиональных и межотраслевых взаимосвязей;
- анализ процессов сближения уровней экономического развития и уровней жизни населения регионов;
- исследование территориальных аспектов интенсификации и эффективности;
- исследование влияния крупных национальных и региональных программ и проектов на процессы территориального развития страны.

Второе направление (инструментально-методическое) связано с разработкой математического инструментария моделирования и анализа развития многорегиональной экономической системы, созданием эффективных алгоритмов согласования решений в двухуровневой сис-

Для согласования рефлекторных народнохозяйственных моделей можно предложить схему итеративного агрегирования, основанную на процедурах горизонтальной координации, не нуждающуюся в центральной координирующей модели. По результатам решения рефлекторных межрегиональных моделей, каждая из которых включает детализированный блок своего региона и агрегированные блоки других регионов, строятся агрегированные аналоги детализированных блоков, которые передаются в рефлекторные модели других регионов. После уточнения параметров сводных блоков осуществляется очередной цикл расчетов по всем рефлекторным моделям, по результатам которых уточняются детализированные показатели регионов и процесс продолжается. Как и в традиционных схемах итеративного агрегирования справедливо утверждение: если так организованный итеративный процесс обмена информацией между рефлекторными моделями сходится, то он сходится к решению, согласованному по условиям детализированных региональных и общесистемных ограничений. Сходимость же процесса обеспечивается стандартными для этих схем приемами демпфирования колебаний на соседних итерациях операторов пересчета региональных показателей в сводную и детализированную номенклатуры.

## Глава 11. Проект СИРЕНА: методологические основы

### **11.1. Цели проекта и структура модельного комплекса**

**Цели проекта СИРЕНА.** При изучении двухуровневых систем «национальная экономика — регионы» можно выделить два направления исследований. Первое (содержательное) состоит в развитии теоретико-методологических основ функционирования, развития и трансформации многорегиональных систем, изучении условий, обеспечивающих устойчивый экономический рост регионов и национальной экономики в целом, механизмов сочетания народнохозяйственных и региональных интересов и др.

Разработка проекта СИРЕНА ориентируется на решение следующих основных задач:

- оценку сложившихся территориальных пропорций с позиций народнохозяйственной эффективности;
- прогнозирование территориальных пропорций экономики страны на долгосрочную перспективу;
- исследование тенденций и перспектив развития крупных регионов в системе межрегиональных и межотраслевых взаимосвязей;
- анализ процессов сближения уровней экономического развития и уровней жизни населения регионов;
- исследование территориальных аспектов интенсификации и эффективности;
- исследование влияния крупных национальных и региональных программ и проектов на процессы территориального развития страны.

Второе направление (инструментально-методическое) связано с разработкой математического инструментария моделирования и анализа развития многорегиональной экономической системы, созданием эффективных алгоритмов согласования решений в двухуровневой сис-

теме «национальная экономика — регионы», в т.ч. и для организации взаимосвязанных расчетов по пространственно разнесенным региональным и межрегиональным моделям.

В прогнозировании регионального развития с учетом конечных народнохозяйственных результатов основным инструментом исследований являются межрегиональные межотраслевые модели. Народнохозяйственные территориальные модели рассматриваются не только как аппарат централизованных аналитических и прогнозных расчетов, но и как различные примеры синтеза моделей отдельных регионов и координации их решений. Основу региональных блоков составляют агрегированные описания производства и потребления продукции с учетом межрегиональных взаимосвязей, балансов капитальных вложений, трудовых ресурсов, ограничений на использование производственных мощностей и т. д.

Межрегиональные модели позволяют одновременно исследовать внутренние и внешние условия регионального развития в их взаимозависимости и взаимообусловленности. Однако возможности изучения детальных характеристик регионального воспроизводственного процесса, взаимодействия экономических, социальных, экологических факторов в таких моделях ограничены. Поэтому во многих региональных центрах разрабатываются и используются региональные модели и их комплексы<sup>1</sup>. Эти модели отражают квалификацию разработчиков, специфику региона, заинтересованность региональных органов управления в их использовании в процессе анализа определенных прогнозно-аналитических задач, часто опираются на разные методологические подходы к моделированию и используют различные программно-инструментальные средства построения моделей. Как правило, такие модели открытые и требуют предварительной настройки — определения интенсивностей и структуры внешних связей региона.

Синтез региональных моделей в единую народнохозяйственную модель (систему моделей) по ряду причин представляется нереалистичным. Так, возможности организации итеративных расчетов пространственно распределенных модельных комплексов по схеме «центр—регионы» весьма проблематичны из-за отсутствия общих интересов дер-

<sup>1</sup> В СССР такие разработки велись во всех союзных республиках и во многих экономических районах РСФСР. Часть их осуществлялось в рамках создания республиканских АСПР. К настоящему времени круг таких разработчиков в РФ значительно сузился. Еще меньше осталось научных коллективов, исследования которых направлены на развитие теории и методологии регионального и народнохозяйственного моделирования и прогнозирования.

жателей этих комплексов, большой трудоемкости итеративных расчетов. Сосредоточение всех расчетов в едином центре позволяет преодолеть эти проблемы, но порождает другие трудности (технические, информационные) и подрывает саму идею системного моделирования народного хозяйства как сложной многорегиональной системы. Централизация расчетов в процессе получения согласованных решений сводит роль региональных органов управления к пассивной функции поставщиков информации, лишает их прямого участия в выработке и выборе вариантов регионального развития.

Развиваемые в ИЭОПП СО РАН подходы к согласованию региональных и народнохозяйственных решений состоят в организации взаимодействия агрегированных межрегиональных и детализированных региональных моделей. Как направление экономико-математических исследований эти разработки к началу 1980-х гг. оформились в виде исследовательского проекта СИРЕНА (Синтез РЕгиональных и НАроднохозяйственных решений). К этому времени в институте была разработана концепция и принципиальная структура системы оптимального территориально-производственного планирования [3], накоплен большой опыт построения межрегиональных и региональных моделей разного уровня и структуры и их использования в аналитических и прогнозных расчетах [1, 4, 5, 7, 15]. С самого начала этот проект рассматривался как конструктивный шаг в реализации идей системного моделирования, заложенных в концепции системы моделей ИЭОПП. Другой причиной его появления и реализации явились все более осязаемые потребности большей детализации отдельных региональных блоков в специализированных межрегиональных межотраслевых моделях, вплоть до встраивания в них детализированных региональных моделей. Погружение условий развития отдельных регионов в систему межрегиональных взаимосвязей позволяет эндогенизировать влияние внешних факторов регионального развития и повышает обоснованность прогнозных расчетов.

Но основным побудительным мотивом возникновения проекта стало усиление внимания к изучению отношений в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы», основной темы для стран с федеративным устройством.

Изучаемые в проекте методы согласования решений основывались как на модификации известных алгоритмов децентрализованных прогнозных расчетов, так и на разработке новых методов построения согласованных решений, использующих малоитеративные процедуры об-

мена информацией между уровнями. Были предложены, разработаны и опробованы в вычислительных экспериментах два таких подхода. Первый подход базируется на построении и разовом обмене функциями отклика региона и народного хозяйства на его внешние связи. Второй подход основан на методах рефлекторного моделирования.

**Модельный комплекс СИРЕНА.** Особенности выделяемых классов задач позволяют дифференцировать и модельно-методические подходы к их анализу. К настоящему времени в рамках проекта СИРЕНА ведутся разработки четырех проблемно-ориентированных модельных комплексов, различающихся составом моделей, методическими схемами их использования, разной степенью интегрированности компонент математического, программного, информационного обеспечения.

**Комплекс моделей для исследования территориальной структуры народного хозяйства и межрегиональных взаимодействий.** Этот комплекс составляет ядро проекта СИРЕНА и объединяет разные типы народнохозяйственных межрегиональных моделей: балансовые, оптимизационные, экономического взаимодействия регионов. В его рамках решаются следующие задачи.

*Разработка и повышение степени адекватности территориальных народнохозяйственных моделей.* Создаются в определенном смысле универсальные модели основного варианта, ориентированные на исследование территориальных проблем верхнего уровня и территориальных аспектов народнохозяйственных проблем. Они могут модифицироваться в различных направлениях, создавая основу тех или иных специализированных комплексов [4, 15].

*Построение центральных и народнохозяйственных сценариев развития.* В режиме прикладных расчетов строятся прогнозы народнохозяйственного развития в отраслевом и территориальном разрезах, изучаются общие вопросы социально-экономической политики, различные стратегии уменьшения дифференциации региональных уровней развития, ресурсосбережения и инвестирования, реконструкции и технического перевооружения, внешнеэкономической деятельности, изучаются последствия реализации крупных народнохозяйственных проектов и программ<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Методы проведения сценарных расчетов и построения типовых сценариев развития страны и отдельных регионов являются важной частью методического обеспечения проекта СИРЕНА [17, с. 23–29]. Они активно использовались при разработке сценариев долгосрочного развития в региональных исследовательских центрах Урала, Дальнего Востока, Казахстана, Украины, подключившихся к исследованиям в рамках проекта ([17, с. 211–249]).

*Применение теории экономического взаимодействия в анализе межрегиональных взаимоотношений на основе межрегиональных моделей специальной структуры и методик и алгоритмов их использования в прикладных расчетах.*

Территориальные народнохозяйственные модели, описывая «полные» и достаточно замкнутые экономические системы выступают удобным объектом приложения некоторых теоретических результатов математической экономики. Этому направлению моделирования и изучения двухуровневых систем посвящена часть II данной книги.

**Малоразмерная версия (макет) модельного комплекса СИРЕНА** включает малоразмерные модели, упрощенные условные или агрегированные территориальные системы. В программно-формальном отношении макет эквивалентен финальному образу модельного комплекса СИРЕНА, приближение к которому происходит по мере накопления конкретного опыта, но имеет более широкий состав моделей, методических схем, более широкое целевое назначение. Можно выделить три основные цели (функции) создания макета: иллюстрация основных возможностей модельного комплекса СИРЕНА и свойств территориальных систем — *демонстрационная функция*; обучение способам моделирования и модельных исследований территориальных систем, приемам работы с прикладными моделями — *учебная функция*; опробование новых элементов (моделей, алгоритмов согласования решений, методических схем организации расчетов и т.п.) — *полигонная функция*.

Особое внимание в работе над макетом уделено работе над реально-условной малоразмерной территориальной системой, которая призвана сыграть роль не дающей сбоев единой информационной среды макета. Такая работа включает проведение структуризации реальной территориальной системы и типизации ее основных элементов (продуктов, ресурсов, видов деятельности, технологий, конкретных объектов), разработку процедур, имитирующих преобразование информации при переходе с одного уровня системы на другой, создание генератора информации (псевдофактов), привязки к определенной размерности<sup>1</sup>.

**Модельно-методический комплекс прогнозирования развития Сибири.** Для изучения перспектив развития Сибири проект СИРЕНА дает различные возможности. На верхнем уровне используется целый

<sup>1</sup> Полное описание малоразмерной версии модельного комплекса СИРЕНА изложено в [14, с. 194–292]. В параграфе 11.4 демонстрируются некоторые ее возможности применительно к проблемам согласования решений в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы».

спектр межрегиональных моделей, позволяющих рассматривать многие аспекты развития Сибири в народном хозяйстве, эффекты экономических взаимодействий сибирского и других регионов страны. Выделены и изучаются основные сценарии развития Сибири<sup>1</sup>.

Развитие отдельных подрайонов (зон) Сибири с народнохозяйственных позиций исследуется на основе рефлекторных межрегиональных моделей с выделенными блоками конкретных административных или проблемных территорий. В разные годы были разработаны межрегиональные модели с блоками «Красноярский край», «Омская область», «Кемеровская область», «Южная зона Западной Сибири» [17, с. 200–211], модель с шестизональным представлением Сибири — Западной и Восточной и тремя широтными зонами в каждой<sup>2</sup>.

На локальном уровне используются, как правило, в изолированном режиме детализированные региональные модели и их комплексы. Взаимоувязка решений разноуровневых моделей осуществляется в прикладных расчетах экспертным путем, взаимным уточнением основных посылок расчетов в рамках общего сценария развития. Основное направление в организации взаимосвязанных расчетов — это создание более «коммуникабельных» модельных конструкций и совершенствование технологии расчетов посредством большей детализации региональных блоков (движение ко все более развитым рефлекторным моделям) в межрегиональных моделях и достройки региональных моделей блоками их сопряжения с составом и структурой моделей верхнего уровня.

**Комплекс моделей для подключения региональных расчетов к проекту СИРЕНА.** Важной внешней функцией проекта СИРЕНА является согласование расчетов по пространственно распределенным региональным комплексам моделей. Эти модели описывают с необходимой степенью детализации процессы региональ-

<sup>1</sup> Первые результаты прогнозных расчетов развития Сибири в системе межрегиональных и межотраслевых взаимосвязей представлены в книге [6]. Основным методологическим результатом этих исследований стало обоснованное расчетами положение об опережающем развитии Сибири как условии обеспечения оптимального роста национальной экономики.

<sup>2</sup> Эти разработки отражены в монографии [9]. Предполагалось, что на основе выделения более однородных территориальных объектов не только расширится круг задач исследования проблем сибирской экономики (в частности, выявление рациональной специализации и возможностей интеграции ее южных и северных территорий), но и повысится достоверность самих прогнозных расчетов. Основные трудности реализации этой задачи были связаны с проблемами реструктуризации статистических данных, ориентированных на сложившуюся территориальную структуру страны.

ного развития. Они разрабатываются в региональных центрах и отражают квалификацию разработчиков, специфику региона, заинтересованность региональных органов управления в их использовании. Подключение региональных комплексов моделей к проекту СИРЕНА позволяет в каждом региональном центре, ведущем исследования развития своего региона, иметь оценки прогнозных решений с позиций конечных народнохозяйственных результатов. При этом открывается возможность эндогенизации вектора внешних связей региона и установления их рациональной структуры и интенсивности. Опыт таких совместных исследований накоплен по Дальнему Востоку, Уралу, Казахстану, Украине [17, с. 211–249]. На первом этапе они сводились преимущественно к построению рефлекторных межрегиональных моделей с соответствующей региональной специализацией<sup>1</sup>. На следующем этапе основное внимание уделялось выявлению общих подходов к разработке региональных модельных комплексов и методических схем их использования<sup>2</sup>. Обобщением этих этапов стало создание концепции моделирующего стенда территориальных исследований, рассматриваемого в качестве регулярной основы получения согласованных решений по пространственно распределенным региональным моделям разного уровня и структуры [17, с. 178–183]<sup>3</sup>. Его основную несущую конструкцию составляет трехмерная решетка (уровни иерархии, конкретные объекты, типы моделей) и

<sup>1</sup> Эти исследования отражены в ряде монографий, посвященных содержательным проблемам развития выделенных регионов в системе межрегиональных связей: Г е е ц В.М. Прогнозирование динамики и структуры общественного производства союзной республики. АН УССР, Институт экономики. Киев: Наук. думка, 1987; М и н а к и р П.А. Синтез отраслевых и территориальных плановых решений. АН СССР, ДВО, ИЭИ. М.: Наука, 1988; М и х е е в А.Н. Математические методы и модели разработки программ регионального развития. АН СССР, ДВО, ИЭИ. М.: Наука, 1987; Моделирование развития региональной экономики // Сб. статей под ред. С.Б. Байзакова. Госплан КазССР, НИИПИИ. Алма-Ата, 1981.

<sup>2</sup> Данные работы велись в течение ряда лет в совместных исследованиях ИЭОПЦ, ИЭ УрО, ИЭИ ДВО, ИСЭИ УНЦ, Иркутского научного центра СО РАН в рамках интегрированного проекта «Методология и инструментальный комплекс оценки влияния государственной политики на региональное развитие». Часть этих исследований нашла отражение в [22, с. 15–151].

<sup>3</sup> Общая концепция стендового моделирования разрабатывалась в ЦЭМИ АН СССР (М а к а р о в В.Л. О перспективных направлениях исследований ЦЭМИ АН СССР // Экономика и мат. методы. 1987. Т. XXIII, вып. 6). Предлагались подходы к построению моделирующего стенда экономического эксперимента, стенда эконометрического моделирования, ряда других специализированных версий (Проблемы стендового моделирования экономических объектов. ЦЭМИ АН СССР. М., 1987).

система стандартов, поддерживаемая специально разработанными программными средствами — стандартами входной и выходной информации, стандартами обмена данными между уровнями иерархии, стандартами преобразования исходных моделей для размещения их в соответствующих ячейках стенда.

## 11.2. Проект СОНАР

Проект СОНАР (Согласование Отраслевых и НАроднохозяйственных Решений) является другой ветвью (отраслевой) реализации идеологии системы моделей ИЭОПП. В его основе лежит подход, включающий рассмотрение вопросов развития отраслевой системы совместно с условиями развития всего народного хозяйства. Модельный комплекс СОНАР включает народнохозяйственные модели, модели многоотраслевых комплексов и отраслевых систем.

С самого начала исследований по проектам СИРЕНА и СОНАР предполагалось, что они должны проводиться в согласованном режиме. Общей частью их являются базовые модели народнохозяйственного уровня, в которых совместное функционирование региональных и отраслевых подсистем оценивается с народнохозяйственных позиций. Такими моделями являются модели типа ОМММ, которые далее в проекте СИРЕНА специализируются для изучения развития отдельных регионов в системе народного хозяйства, а в проекте СОНАР — для прогнозирования отдельных отраслей и межотраслевых комплексов с учетом народнохозяйственных (межотраслевых и межрегиональных) взаимодействий. Это дает возможность при моделировании долгосрочного развития отдельных объектов (регионов, отраслей) улавливать системные эффекты, связанные с их функционированием в народнохозяйственном комплексе, изучать прямые и обратные, непосредственные и косвенные взаимосвязи между глобальным и последующими подсистемами.

В проекте СОНАР в качестве исходных для построения специализированных моделей используются оптимизационная межрегиональная межотраслевая модель и динамическая межотраслевая модель. Основной в проекте применяется ОМММ.

Специализированные модели в проекте СОНАР контактируют с моделями собственно отраслевых систем, а также с другими моделями народнохозяйственного уровня. В образуемом комплексе, во-первых, представлено все народное хозяйство, и, во-вторых, в нем наибо-

лее детально выделены условия развития того или иного межотраслевого комплекса (МОК), возможности его развития рассматриваются в системе всего народного хозяйства<sup>1</sup>. «Специализированные» ОМММ (второй уровень модельного комплекса) позволяют более подробно описывать условия рассматриваемого комплекса при агрегированном представлении других отраслей. Такие модели включают параметры внешних для МОК связей как эндогенные и дают возможность отразить основные зависимости комплекса от экономики в целом и одновременно реакцию последней на изменение внутренних условий МОК. Создание специализированных ОМММ требует определенных модификаций, которые затрагивают условия моделирования сопряженных производств и внутренних условий данного комплекса. Выделение сопряженных производств осуществляется исходя из особенностей рассматриваемого комплекса. Детальность внутренней структуры в данной модели должна определяться как компромисс между стремлением к более точному описанию комплекса и влиянием внутренней структуры на его внешние связи. Специализированные ОМММ позволяют учесть практически все существенные материально-вещественные связи выделяемого комплекса, отразить их взаимовлияние и иерархию, то есть представить их как систему связей.

Третий уровень проекта СОНАР составляют модели межотраслевых комплексов и отраслей.

Основные преимущества модельного комплекса проекта СОНАР по сравнению с традиционными подходами к отраслевой оптимизации сводятся к следующему.

Во-первых, в данном случае результаты функционирования отраслевых комплексов удастся сопоставить с конечными народнохозяйственными результатами. Функционирование комплекса рассматривается в народнохозяйственной системе, сбалансированной (по крайней мере, в агрегированных показателях) в отраслевом и региональном разрезах.

Во-вторых, изучение отдельных межотраслевых комплексов на фоне «остального» народного хозяйства позволяет точнее определять внешние связи отраслевой системы, взаимоувязывать потребности народного хозяйства в результатах конечной деятельности отраслей производства.

<sup>1</sup> Моделирование взаимодействия многоотраслевых комплексов в системе народного хозяйства. Наука. Новосибирск: Сибирское отд-ние, 1992.

В-третьих, появляется возможность достаточно оперативно выявлять последствия осуществления тех или иных народнохозяйственных, региональных и отраслевых мероприятий.

К настоящему времени в проекте СОНАР получили наибольшее развитие три специализированные модельные комплекса, ориентированные на изучение проблем топливно-энергетического, машиностроительного и лесного комплексов.

### **11.3. Примеры реализации схем согласования решений в двухуровневых системах**

**Особенности применения алгоритмов блочного программирования для согласования решений в многорегиональной системе.** Межрегиональные модели типа ОМММ имеют структуру (или приводимы к ней) задач блочного программирования, когда переменные и условия исходной задачи (или двойственной к ней) могут быть сгруппированы таким образом, что одна их часть описывает общие для системы ограничения и параметры, а другие характеризуют отдельные регионы. Это позволяет разложить исходную задачу на задачи двух уровней (регионов и координирующую задачу) и организовать итеративный процесс их взаимодействия, приводящий в итоге к оптимальному варианту развития многорегиональной системы.

Экспериментальные работы по применению методов распределения ресурсов в исследовании проблем пространственной экономики были начаты в конце 1960-х гг. в ИЭиОПП СО АН СССР с решения задачи «Запад-Восток»<sup>1</sup>. Эта задача формулируется следующим образом. Вся территория страны делится на две экономические зоны — западную и восточную. По каждой зоне определяется вариант развития, в котором достигается максимальный уровень потребления при заданном лимите капиталовложений и обязательном выполнении заданий по межзональному обмену. На основе анализа полученных оптимальных планов по каждой зоне изменяются возможные объемы использования капиталовложений и межзональных поставок с целью увеличения общего фонда потребления при заданных соотношениях зональных уровней жизни. Для каждой зоны строится своя оптимизационная межрегиональная

межотраслевая модель структуры, описанной в части I. Для решения задачи «Запад-Восток» использовались идеи математической схемы распределения ресурсов, основанной на выравнивании оптимальных оценок одноименных ресурсов в различных подсистемах. В согласованном варианте развития двух зон оптимальные планы «Запада» и «Востока», рассчитанные изолированно в своих моделях, должны удовлетворять следующим условиям: 1) используемые капиталовложения по двум зонам не должны превышать общих по стране фондов капиталовложений; 2) оценки капиталовложений зон равны между собой; 3) оценки транспортабельных видов продукции районов, через которые осуществляются межзональные связи, равны с точностью до затрат на транспортировку продукции из одной зоны в другую; 4) значения функционалов нельзя изменить, не уменьшив фонда потребления по стране в целом и не нарушив условий о соотношении потребления в разных зонах<sup>1</sup>.

Таким образом, основными результатами проведенных исследований на основе задачи «Запад-Восток» являются: 1) изучение закономерностей влияния различных вариантов межзональных связей, распределения общесистемных ресурсов на темпы развития и пропорции экономических регионов и национальной экономики в целом и выявления важнейших экономических связей, которые решающим образом сказываются на эффективности территориального разделения труда; 2) конкретизация проблемы сочетания экономических интересов макроразнообразия страны, количественное определение сфер их совпадения и относительных противоречий; 3) модификация распределительных алгоритмов согласования прогнозных решений применительно к двухуровневым пространственным системам.

Другой пример разложения исходной межрегиональной модели на модели двух уровней по схеме Данцига—Вульфа опубликован в работе [7, 103–120]. В моделях типа ОМММ более выраженную блочную структуру имеет двойственная задача. Коэффициентами целевой функции в ней являются фиксированные элементы вектора конечного использования продукции в каждом районе. Общесистемные условия оп-

<sup>1</sup> Алгоритм согласования решений в задаче «Запад-Восток» не гарантировал монотонного движения по итерациям к согласованному решению. Лишь позднее в [14, с. 231–240] был предложен алгоритм, дополняющий данную схему процедурами корректировок оптимальных оценок транспортабельной продукции по зонам, обеспечивающих движение расчетной структуры непроизводственного потребления к заданной (этот алгоритм описан в гл. 10 и продемонстрирован ниже в экспериментальных расчетах по трехрайонной экономической системе).

<sup>1</sup> Методические особенности и результаты первых исследований изложены в [2]. Этот подход использовался также для изучения закономерностей развития макроразнообразия СССР, в частности, Российской Федерации [18].

ределяются двойственными соотношениями для транспортных способов модели. Оценки способов производства продукции в регионах задают систему региональных ограничений<sup>1</sup>.

На каждом шаге решения центральной задачи определяется допустимый вариант межрайонных связей и оценки общей эффективности производства по районам, которые передаются в задачи регионов. В результате каждого цикла решения районных задач (исчисления оптимальных оценок продукции) выбирается по одному производственному способу, вводимому в координирующую задачу.

Алгоритмы блочного программирования предлагались не только как методы решения больших оптимизационных задач, но с самого начала часто рассматривались как теоретическая основа для построения схем оптимального планирования в многоуровневых системах, сочетающих принципы централизации и децентрализации экономических решений, обеспечивающих согласование вариантов экономически обособляемых хозяйственных подсистем. Практически же эти алгоритмы оказались весьма трудоемкими при их использовании в расчетах (многотиражными, с нарастающими трудностями в организации расчетов по мере приближения к согласованному решению — множественности локально оптимальных планов подсистем в распределительных схемах и оптимальных оценок в ценностных алгоритмах).

**Построение и использование народнохозяйственных функций отклика при моделировании взаимодействия в реальных территориальных системах.** Ниже анализируются результаты расчетов по рабочей версии ОМММ, описывающей экономику страны в разрезе 22 отраслей материального производства и 11 регионов<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Используемая ОМММ рассматривалась с критерием оптимальности на минимум затрат труда при фиксированных по районам уровнях конечного непроизводственного потребления, что облегчало приведение ее к блочно-диагональному виду. В силу теорем взаимности [3, с. 101–121], при естественных предположениях (полное использование трудовых ресурсов в каждом регионе, компоненты непроизводственного потребления в конечном потреблении в районах должны удовлетворять заданной структуре ОМММ в обычной постановке), ее решение эквивалентно решению типовой ОМММ, формулируемой на максимум фонда непроизводственного потребления.

<sup>2</sup>Расчеты проводились до распада СССР по модели ОМММ, включающей блоками как макрорегионы РФ, так и блоки бывших союзных республик [17, с. 168–178]. Для демонстрации техники построения региональных и народнохозяйственных функций отклика и методики их использования в содержательном анализе не принципиальны прошедшие с тех пор радикальные изменения в статусе территориальной системы. Качественные выводы о влиянии на развитие Сибири межзональных потоков продукции в трех направлениях представляют определенный интерес и в изменившихся условиях.

**Организация модельного эксперимента.** Цель эксперимента — построение и анализ функций отклика, ставящих показатели развития Сибири и остальной части страны в зависимости от объемов поставок продукции между этими зонами. Такая задача индуцирует 3-зональное деление страны: Запад и Юг (первые 8 регионов исходной классификации), Сибирь (9-й и 10-й регионы), Дальний Восток (11-й регион). Экзогенными факторами выступают поставки по трем направлениям в исходной классификации: между Уралом и Западной Сибирью, Казахстаном и Западной Сибирью, Восточной Сибирью и Дальним Востоком.

Аргументами функций отклика для показателей развития Сибири являются объемы поставок по всем трем направлениям: для Запада и Юга — по первым двум направлениям; для Дальнего Востока — по третьему направлению. Поставку конкретного продукта по конкретному направлению выражает одно число — сальдо по направлению: если оно положительно, речь идет о перевозке с запада на восток; если отрицательно — в обратном направлении.

По каждому из трех направлений возможны перевозки 19 продуктов, то есть эксперимент в своей исходной постановке оказывается 57-факторным, что чрезвычайно много. В расчет принимались только существенные в центральном варианте решения межрегиональные связи. По первому направлению с запада на восток существенны поставки черных металлов, продукции машиностроения, легкой промышленности; с востока на запад — цветных металлов, угля, нефти, газа, продукции химической промышленности и лесопереработки. По второму направлению существенны поставки продукции пищевой промышленности и сельского хозяйства — с запада на восток; нефти, продукции нефтепереработки, химической промышленности и лесопереработки — с востока на запад. По третьему направлению существенны поставки черных металлов, продукции машиностроения, легкой промышленности, сельского хозяйства — с запада на восток; цветных металлов, продуктов лесопереработки и пищевой промышленности — с востока на запад. Всего таких существенных поставок 22 (9 — по первому; 6 — по второму и 7 — по третьему направлению).

Включение 22 факторов только при двух уровнях каждого из них требует в полном эксперименте более 1 млн единичных реализаций моделей. Чрезмерно велики и какие-либо разумные дробные эксперименты. Тем более, что рассмотрение факторов только на двух уровнях может оказаться недостаточным, так как с точки зрения дальнейшего ис-

пользования функций отклика (при аппроксимации поверхностей, имеющих заметную кривизну) важно учесть в них нелинейные эффекты. Поэтому расчеты проводились по схеме случайного эксперимента, в котором конкретное значение каждого экзогенного фактора принималось случайной величиной, равномерно распределенной в заранее выбранном интервале.

Интервалы варьирования принимались из расчета  $(x_i^0 - \Delta x_i, x_i^0 + \Delta x_i)$ ,  $i = \overline{1, 22}$ , где  $x_i^0$  — значения  $i$ -й экзогенной поставки в центральном варианте решения модели;  $\Delta x_i$  по отношению к  $|x_i^0|$  составляет от 5–10 % для особенно больших поставок (около 10 млрд руб. и более) до 15–20 % — для менее значительных.

Исходная модель «разрезалась» на три части — для каждой из трех определенных выше зон в отдельности. Это достигалось исключением из модели ограничений на соотношения фондов потребления указанных зон, введением целевых функций на максимум фонда потребления для каждой из этих зон и фиксацией поставок продукции по трем направлениям, связывающим эти зоны.

Один такт модельного эксперимента состоит в следующем:

1) генерация случайных чисел  $\xi_i$ ,  $i = \overline{1, 22}$ , равномерно распределенной на отрезке  $[0, 1]$ ;

2) расчет новых значений экзогенных поставок по формуле  $x = x_i^0 + (2\xi_i - 1)\Delta x_i$ ,  $i = \overline{1, 22}$ ;

3) решение задач трех зон при фиксированных на новом уровне объемах внешних поставок (несущественные внешние поставки, которые не варьируются, фиксируются всегда на уровне центрального варианта решения); если хотя бы одна из задач не имеет решения, данный такт пропускается;

4) запоминание показателей экономического развития трех зон (параметров отклика) и значений экзогенных факторов в очередной строке выходной таблицы (в качестве отклика запоминаются объемы производства, непроектного потребления, вывоза и ввоза по каждому региону исходной классификации и зонам в целом).

Было выполнено 320 тактов модельного эксперимента. Выходная таблица обрабатывалась методами шаговой регрессии, и строились функции отклика. Необходимость использования методов шаговой регрессии связана с тем, что в функциях отклика учитывались главные эффекты 1-го и 2-го порядка и двойные эффекты взаимодействия и при 22

исходных факторах полное количество аргументов в функции равно 275 (22 исходных фактора, 22 их квадрата, 231 парное произведение). Возникает проблема отбора лучших факторов, которую при таком количестве факторов можно решать только методами шаговой регрессии.

В модельных экспериментах была принята гипотеза о билинейной зависимости функции отклика от первичных факторов  $x_1, \dots, x_L$  ( $L = 1, \dots, 22$ ). Иными словами, рассматривалась регрессионная модель вида

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^L a_i x_i + \sum_{R=1}^L \sum_{j=R}^L a_{jR} x_R x_j.$$

Для оценки значений коэффициентов  $a_i$ ,  $a_{jk}$  и отбора значимых членов регрессии использовался метод пошаговой регрессии, представляющий собой итеративную процедуру преобразования расширенной корреляционной матрицы. Поскольку матрица факторов достаточно велика (320×275), важное значение имел выбор метода отбора факторов при построении уравнений регрессии. По результатам анализа предпочтение было отдано критерию максимизации отношения фактического значения F-статистики к табличному значению при определенном уровне ошибки (в расчетах принято в 1 %).

**Общая характеристика функций отклика.** Рассматриваются функции отклика по 104 показателям. Для зон Запад—Юг и Сибирь, а также страны в целом учтено по 24 показателя: объемы выпуска в 22 отраслях материального производства, совокупный продукт, фонд потребления. Для Дальнего Востока таких показателей 22, так как объемы производства руд цветных металлов и лесозаготовки оказались неизменными в эксперименте и для них не построены функции отклика. Кроме того, включены в анализ показатели совокупного продукта по регионам, входящим в зоны Запад—Юг и Сибирь.

Функции отклика, полученные для отраслевых объемов производства по зонам, в среднем 8-факторные: 6-факторные — для Дальнего Востока; 7-факторные — для Сибири и 12-факторные для зоны Запад—Юг, то есть количество факторов нарастает с увеличением степени агрегирования показателей. Для суммарных по стране отраслевых объемов производства функции отклика в среднем 11-факторные, а для совокупного продукта по отдельным регионам, включая Дальний Восток, 4-факторные.

Существен элемент нелинейности. Линейны только две однофакторные функции отклика: для объема добычи газа в зоне Запад—Юг (единственный фактор — ввоз газа из Сибири) и для объема добычи нефти в Сибири (единственный фактор — вывоз нефти на запад). Линейную форму имеет в среднем лишь половина вошедших факторов; квадратичную форму — четверть факторов, и еще четверть слагаемых среднего уравнения регрессий является произведениями факторов (выражает взаимодействие факторов).

**Значимость и теснота связей.** Все построенные функции отклика статистически значимы, причем уровень значимости весьма высок. Нулевые гипотезы для параметров регрессии и коэффициентов корреляции отвергаются с уровнем ошибки, заметно меньшим 0,05 % (с уровнем доверия, превышающим 99,95 %). Только для пяти показателей (производство руд черных металлов и сельскохозяйственной продукции в Сибири, совокупный продукт Украины, Урала и Восточной Сибири) коэффициент детерминации меньше 40 %. Средний коэффициент детерминации составил около 80 %: почти 60 % — для совокупного продукта регионов; около 3/4 — для сибирских показателей; почти 80 % — для итоговых по стране; 90 % — для зоны Запад—Юг; более 90 % — для показателей по Дальнему Востоку.

Из 22 включенных в анализ факторов наибольшее значение (по частоте вхождения в уравнения регрессии) имеют поставки нефти, газа и продукции лесопереработки из Западной Сибири на Урал; заметно влияние поставок: цветных металлов и угля в этом же направлении; продукции лесопереработки из Западной Сибири в Казахстан; цветных металлов с Дальнего Востока в Восточную Сибирь; продукции лесопереработки и пищевой промышленности с Дальнего Востока в Восточную Сибирь. Среди парных эффектов наибольшее значение имеет взаимодействие поставок продукции лесопереработки из Западной Сибири на Урал и в Казахстан, нефти и газа из Западной Сибири на Урал, а также цветных металлов из Западной Сибири на Урал.

Информацию о степени народнохозяйственной значимости отдельных видов продукции дают оптимальные оценки. Однако оценки выражают только линейные эффекты и только в малой окрестности вариации правых частей. Функции отклика нелинейны и описывают достаточно широкие области изменений сальдо вывоза-ввоза. Кроме того, они определяют иные приоритеты в значимости. Так, если судить по величине средней оценки, наибольшее значение имеет нефть, далее следуют про-

дукты лесозаготовки, сельского хозяйства, уголь и руды черных металлов. Как видно, отличия имеются, наиболее значительны они в топливной (по величине оценок газ вообще не попадает в число наиболее значимых продуктов, тогда как поставки газа оказываются весьма важными для многих показателей экономического развития) и лесной промышленности (высокие оценки имеет продукция лесозаготовки, а в функции отклика входят поставки продукции лесопереработки).

**Степень и характер влияния.** Коэффициенты регрессии линейных эффектов, пересчитанные в единицы измерения рубль на рубль, позволяют судить о величине линейной части соответствующих мультипликаторов. Данные мультипликаторы оказались чрезвычайно большими. Так, например, изменение на 1 млрд руб. поставки нефти из Западной Сибири на Урал приводит к изменению совокупного продукта страны на 80 млрд руб., а фонда потребления — почти на 40 млрд руб. Для поставки газа в этом же направлении мультипликатор по совокупному продукту равен почти 40, а по фонду потребления — почти 20. Интересно, что рост и совокупность продукта и фонда потребления страны в целом вызывается сокращением указанных поставок нефти и газа. Сокращение этих поставок вызывает уменьшение итоговых показателей зоны Запад—Юг и их рост в Сибири, причем рост в Сибири перекрывает уменьшение в зоне Запад—Юг.

Зависимость совокупного продукта и фонда потребления страны от поставок нефти и газа из Западной Сибири на Урал нелинейна (имеет форму «опрокинутой» параболы), что позволяет решить задачу максимизации данных показателей. Совокупный продукт страны достигает максимума при сокращении указанных поставок на 100 млн руб. и 350 млн руб., соответственно. В точке максимума его величина превышает значение центрального сценария на 14 млрд руб. Максимизация фонда потребления (речь идет о максимизации без ограничений на территориальную структуру фонда потребления в разрезе трех макрорайонов) приводит к его дополнительному увеличению на 7 млрд руб., что достигается сокращением поставки нефти на 90 млн руб. и газа — на 370 млн руб.

Велики мультипликаторы и для показателей экономического развития отдельных зон. Для совокупного продукта зоны Запад—Юг мультипликаторы по поставкам продукции лесопереработки из Западной Сибири на Урал и в Казахстан одинаковы и равны 34; для фонда потребления данной зоны — также одинаковы и равны 4. Для Сибири осо-

бенно велики мультипликаторы по вывозу нефти на запад: для совокупного продукта — 82; для фонда потребления — 43. Для Дальнего Востока можно отметить мультипликатор по вывозу цветных металлов: 37 — для совокупного продукта и 11 для фонда потребления.

Характер влияния изменения вывоза-ввоза на итоговые показатели зонального развития достаточно очевиден. При увеличении вывоза или сокращении ввоза эти показатели уменьшаются; в обратном случае (при сокращении вывоза или росте ввоза) — увеличиваются. Очевиден и характер изменения отраслевой структуры. В первом случае увеличивается объем производства продукции, вывоз которой растет или ввоз сокращается; во всех остальных отраслях, как правило, без исключений, объемы производства падают в общей сумме на большую величину. Во втором случае происходят обратные изменения.

Характер влияния изменения вывоза-ввоза на показатели развития отдельных регионов обычно совпадает с характером влияния на показатели зоны в целом. Однако здесь имеются исключения. Так, например, сокращение ввоза цветных металлов в зону Запад-Юг (направление перевозки Западная Сибирь—Урал) уменьшает совокупный продукт зоны и большинства входящих в нее регионов; но в Молдавии и на Урале совокупный продукт растет.

**Аппроксимирующие функции.** Достоинства построенных функций отклика определены использованием формальных статистических критериев. Они обеспечивают статистическую надежность результатов анализа. Но с точки зрения использования этих функций в постановке оптимизационных задач (как это предполагается при согласовании региональных и народнохозяйственных решений) они не удовлетворительны. Для такого применения (при аппроксимации оптимизационной задачи) функции отклика должны обладать определенной регулярностью: если перевозка входит в уравнение для вывозящей (ввозящей) зоны, то она должна входить и в уравнения для ввозящей (вывозящей) зоны. Иначе связанной модели не получается, и множества допустимых значений некоторых или даже всех эндогенизированных перевозок оказываются неопределенными, так как в их описании учитываются только односторонние эффекты (в одной из зон-контрагентов) от перевозок.

При построении эконометрических моделей предпочтение, в конечном счете, отдается содержательным критериям. В модель вводятся те факторы, которых требует теория или способ дальнейшего использования модели, даже в том случае, когда они статистически незначимы.

Дело в том, что введение таких факторов незначительно ухудшает общие статистические характеристики модели, но придает ей желательные, а иногда и просто необходимые качества. Например, статистически малозначимая компонента (и именно она) обеспечивает выпуклость описываемых множеств или нужную кривизну поверхностей. Так и в данном случае: удовлетворить требования задачи аппроксимации можно принудительным введением ряда факторов в некоторые функции отклика.

Функции отклика, обладающие отмеченным свойством регулярности, строились для показателей совокупного продукта и фонда потребления трех зон и страны в целом. Расчеты по построению таких функций проведены следующим образом.

Сначала определялся набор факторов, которые должны обязательно войти в уравнение. В этот набор включались поставки, статистически существенные хотя бы для одного из двух указанных показателей и хотя бы в одной из двух зон-контрагентов. Эти факторы в линейной форме вводились в уравнение. Затем методами шаговой регрессии проводился процесс отбора и введения в уравнение прочих факторов. Критический уровень F-статистики для отдельного фактора принимался равным 20. Если исходить из более низких требований к статистической значимости отдельных коэффициентов регрессии, то, как установлено в расчетах, в уравнение могут попасть факторы, которые не должны в принятой методической схеме влиять на отклик (например, поставки между Сибирью и Дальним Востоком на показатели зоны Запад-Юг).

В табл. 11.1 и 11.2 приведены коэффициенты регрессии линейных эффектов, пересчитанные в единицы измерения рубль на рубль; в этих таблицах показатели итогового столбца не являются точной суммой показателей остальных столбцов, так как они отражают: а) только линейную часть общих эффектов влияния; б) статистические, а не функциональные связи.

Изменение перевозки продукции, как уже отмечалось, влияет на показатели зон-контрагентов в основном противоположным образом. Так, например, сокращение перевозки газа из Западной Сибири на Урал приводит на каждый рубль к уменьшению совокупного продукта зоны Запад-Юг на 2,2 руб.; фонда потребления — на 1 руб. В Сибири эти показатели увеличиваются, соответственно, на 38,6 руб. и 22,3 руб., так что происходит рост показателей и в целом для страны — на 37,2 руб. и 20,8 руб. Принудительное введение факторов в функции отклика приводит к появлению малозначимых статистических эффектов иного

Таблица 11.1

Влияние изменения поставок продукции на совокупный продукт зон и страны в целом (коэффициенты регрессии линейных эффектов руб./руб.)

Перевозки	Запад-Юг	Сибирь	Дальний Восток	Страна в целом
Урал—Западная Сибирь				
Цветные металлы	-22,7	-2,0 <sup>*)</sup>		-25,5
Уголь	-6,9	-1,5 <sup>*)</sup>		-9,3
Нефть	1,6 <sup>*)</sup>	79,4		82,2
Газ	-2,2	38,6		37,2
Продукция лесопереработки	-32,2	12,9		-21,2
Казахстан—Западная Сибирь				
Продукция лесопереработки	-33,7	16,4		-18,2
Восточная Сибирь—Дальний Восток				
Цветные металлы		3,5 <sup>*)</sup>	37,7	42,6
Продукция лесопереработки		-26,6	-1,1	-36
Пищевой промышленности		3,5 <sup>*)</sup>	0,9	5,3

<sup>\*)</sup>Отмечены незначащие коэффициенты уравнений регрессии.

характера: сокращение вывоза из зоны или рост ввоза в нее не увеличивает, а уменьшает ее итоговые показатели, и влияние данного изменения поставки оказывается одинаковым для обеих зон-контрагентов. Из девяти факторов, вошедших в обязательный набор, для шести — по совокупному продукту и для одного — по фонду потребления проявляется именно такой характер влияния. В большинстве случаев таким «неправильным» является влияние изменений поставок между Восточной Сибирью и Дальним Востоком.

Эти факторы свидетельствуют о том, что изучаемые взаимосвязи весьма сложны (косвенные последствия тех или иных изменений могут превышать результаты непосредственного влияния и быть «с обратным знаком») и качество их результирующей не всегда можно предугадать из априорных соображений.

Результаты такого рода, полезные при оценке последствий принятия тех или иных решений, могут быть получены только в рамках модельных экспериментов, нацеленных на построение специальных функций отклика. Функции отклика, обладающие отмеченным свойством

Таблица 11.2

Влияние изменения поставок продукции на фонд потребления зон и страны в целом (коэффициенты регрессии линейных эффектов руб./руб.)

Перевозки	Запад-Юг	Сибирь	Дальний Восток	Страна в целом
Урал—Западная Сибирь				
Цветные металлы	-4,8	0,5 <sup>*)</sup>		-3,5
Уголь	-4,2	3,9		-0,8 <sup>*)</sup>
Нефть	-1,3	42,1		40,7
Газ	-1	22,3		20,8
Продукция лесопереработки	-5,3	6,1		0,7 <sup>*)</sup>
Казахстан—Западная Сибирь				
Продукция лесопереработки	-5,6	8,8		1,8 <sup>*)</sup>
Восточная Сибирь—Дальний Восток				
Цветные металлы		-0,4	10,8	9,5
Продукция лесопереработки		-11,4	0,4	-11,5
Пищевой промышленности		0,6 <sup>*)</sup>	1,1	1,8 <sup>*)</sup>

<sup>\*)</sup>Отмечены незначащие коэффициенты уравнений регрессии.

регулярности, могут быть полезными и для замещения определенных блоков нормативных территориальных моделей, что существенно упростит их и, в частности, создаст условия для согласования прогнозов регионального и народнохозяйственного уровней.

**Основные особенности специализированной ОМММ в модельном комплексе СОНАР-ТЭК.** Центральная модель энергетической ветви СОНАР, специализированная ОМММ-ТЭК с детализированным представлением отраслей ТЭК, была разработана в ИЭиОПП СО АН СССР в середине 1980-х гг. и развивалась в последующие годы<sup>1</sup>. Ее построение осуществлялось на основе использования агрегированной 16-отраслевой модели ОМММ [15, с. 214], выступающей в качестве исходной модели для трансформации по следующим направлениям:

- 1) детализация внутренней структуры выделяемого межотраслевого комплекса;
- 2) детализация отраслей, сопряженных с выделяемым комплексом;

<sup>1</sup> Моделирование взаимодействия многоотраслевых комплексов в системе народного хозяйства. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1992. С. 33–55

3) учет особенностей функционирования и развития выделяемого межотраслевого комплекса и сопряженных с ним отраслей;

4) детализация инвестиционного блока с выделением производства инвестиционных продуктов специальных видов, важных с позиции развития ТЭК;

5) выделение ядра модели и ее периферийных элементов, что обеспечивает возможность автономного развития различных блоков модели; при этом другие ее блоки, а также программный сервис могут не меняться;

6) совмещение в рамках единой модели различных информационных и методических подходов, в том числе макроэкономического и межрайонного анализов, принципов стоимостного межотраслевого и натурального топливно-энергетического балансов.

В модели ОМММ-ТЭК детализация структуры топливно-энергетического комплекса была доведена до 8 отраслей: добыча твердого топлива, переработка угля, добыча нефти и попутного газа, добыча газа и газового конденсата, производство темных нефтепродуктов, производство светлых нефтепродуктов, газовая промышленность, производство электроэнергии, производство тепла. Как следствие была получена возможность оптимизации соотношения между первичными энергетическими ресурсами и конечной энергией. Были детализированы сопряженные с ТЭК отрасли. Машиностроение было разделено на 3 отрасли: энергетическое машиностроение, производство оборудования для топливной промышленности и общее машиностроение. Из строительства была выделена как отдельная отрасль бурение, из химии и нефтехимии — нефтехимия. Из отрасли «транспорт и связь» выделяются две отрасли трубопроводного транспорта (газо- и нефтепроводы), а все остальные отрасли образуют агрегат «транспорт общего вида и связь». Число видов инвестиций в технологической структуре, представленные в исходной ОМММ двумя видами (оборудование и СМР), таким образом, увеличивается до 5 (3 производящие оборудование отрасли машиностроения, СМР и бурение).

Выделение трубопроводного транспорта вызвало необходимость превращения отрасли «черная металлургия» в фондосоздающую и учета еще одного вида капитальных вложений «трубы для газо- и нефтепроводов». В основе такого превращения лежит исключение из стоимости общего объема строительно-монтажных работ, являющегося результатом деятельности отрасли «строительство», стоимости указанных

труб и учет их — тоже как вида основных фондов и капитальных вложений — отдельной позицией. В этом случае удастся учесть важную особенность капитальных вложений в транспорт нефти и газа — повышенную долю в них продукции черной металлургии.

При построении специализированной ОМММ были учтены следующие особенности энергетики: 1) особенности воспроизводства мощностей в нефте- и газодобывающей промышленности; 2) высокая зависимость развития ТЭК от наличия и эффективности разведки и разработки топливных ресурсов в том или ином районе и в стране в целом; 3) комплексность выпуска различных видов энергетической продукции отдельными технологическими способами (нефти и попутного газа, газа и газового конденсата); 4) особенности трубопроводного транспорта нефти и газа; 5) возможность производства электроэнергии и тепла различными обобщенными технологиями (ТЭЦ, КЭС, АЭС, котельными и т.д.).

В модель введены способы производства и ограничения по натуральным энергетическим продуктам. Выделены 12 альтернативных способов производства тепла и электроэнергии: ГЭС, АЭС, нетрадиционные источники энергии, КЭС, ТЭЦ, котельные, — с детализацией трех последних обобщенных технологий по видам топлива (газ, мазут, уголь). Взаимосвязи между стоимостным и натуральным блоком, а также внутри натурального осуществляются через специальный блок перехода, учитывающий различия статистических подходов межотраслевого и топливно-энергетического баланса.

Специальный блок модели обеспечивает стыковку недетализированных переменных с расчетными переменными, являющимися «суммами» детализированных переменных, входящих в другие подблоки стоимостного блока. С их помощью происходит сведение 28-отраслевой номенклатуры специализированной ОМММ к 16-отраслевой номенклатуре типовой ОМММ. Таким образом, решение модели представляется одновременно в детализированной 28-отраслевой номенклатуре и в стандартной 16-отраслевой, что облегчает формализованный анализ решений, их сравнение и согласование с решением агрегированной ОМММ и специализированных ОМММ других «ветвей» проекта СОНАР, а также и проекта СИРЕНА.

#### 11.4. Малоразмерная версия модельного комплекса СИРЕНА

**Назначение и структура.** Модельно-методическое обеспечение модельного комплекса СИРЕНА отрабатывалось в ряде случаев на его интегрированной малоразмерной версии. Переход к структурно подобным, но малоразмерным аналогам моделей и объектов моделирования позволяет отслеживать процесс проектирования и разработки комплекса с позиций его целостности, экспериментально проверять и оценивать альтернативные пути развития отдельных компонент и схем их интеграции. Такой подход выявляет многие непредвиденные сложности реального проекта, избавляет от просчетов и одновременно служит целям обучения будущих пользователей модельно-программного комплекса.

Комплекс малоразмерных моделей представляет следующие возможности пользователю:

- организации взаимодействия моделей отдельных подсистем при разных подходах к рассмотрению народного хозяйства как сложной системы;
- анализа различных схем и алгоритмов согласования решений моделей подсистем;
- получения навыков проведения сквозных расчетов по уровням территориальной и отраслевой иерархии и анализа результатов решений по взаимосвязанным моделям;
- формализации проблемных ситуаций и организации модельных комплексов (связок моделей) для их анализа.

Основная сложность при построении малоразмерной версии модельного комплекса состояла в том, чтобы при минимальном составе его элементов добиться максимального разнообразия в охвате концепций системного моделирования (оптимальное планирование, экономическое взаимодействие), математического аппарата (математическое программирование, имитационное моделирование и т.д.), этапов изучаемых процессов (прогнозирование, планирование, функционирование).

Взаимосвязанное функционирование всех элементов комплекса обеспечивается специальными программными средствами: системой программируемого диалога (СПД), системой управления базой данных (СУБД), пакета прикладных программ (ППП), обеспечивающих генерацию моделей и их связок, решение задач и анализ получаемых результатов.

Для изучения сформулированной проблемы пользователю предоставляются широкие возможности в выборе уровня ее локализации (народное хозяйство в целом, отдельные его подсистемы, совокупность подсистем), в ознакомлении с необходимой информацией и ее уточнении, в использовании инструментария для проведения расчетов. Элементы комплекса могут объединяться между собой разными способами в зависимости от исследуемой проблемной ситуации.

Общая структура, состав моделей, исходная информация и примеры анализа содержательных задач с использованием малоразмерной версии модельного комплекса СИРЕНА описаны в монографии [14, с. 194–293]<sup>1</sup>. Ниже используется более узкий вариант этой версии, ориентированный непосредственно на проблемы согласования решений в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы».

Экономическая система, развитие которой изучается в дальнейшем средствами малоразмерной версии модельного комплекса СИРЕНА рассматривается в разрезе трех экономических районов (I, II, III) и пяти отраслей материального производства (1 — добыча природных ресурсов, 2 — переработка природного сырья, 3 — орудия труда, 4 — предметы потребления, 5 — транспорт). Продукция первых четырех отраслей транспортабельна. Капиталообразующей является 3-я отрасль. Районы связаны между собой последовательно (I со II, II с III) и отличаются неравномерностью экономического развития: наиболее развит I район, наименее — III, район II занимает промежуточное положение. Наибольшими возможностями наращивания добычи природных ресурсов располагает район III.

В табл. 11.3 представлены коэффициенты производственных затрат продукции пяти выделенных отраслей (строки 1–5), трудовых ресурсов (строка 6) и капитальных вложений (строка 7). Коэффициенты транспортных затрат на межрайонные перевозки продукции приведены в табл. 11.4.

<sup>1</sup> Объектами исследования являются: народное хозяйство страны, экономические районы и макрзоны, многоотраслевые комплексы и отдельные отрасли промышленности, территориально-производственные сочетания (ТПС) внутрирайонного уровня. Фонд моделей образуют 8 типов моделей (от народнохозяйственных до моделей отдельных ТПС) разной структуры (оптимизационные, экономического взаимодействия, имитационные). Систематизирован набор ситуаций, изучаемых с использованием этих моделей. Для анализа одних проблем достаточно использовать отдельные модели, для других необходимо проведение взаимосвязанных расчетов по нескольким моделям комплекса. Описаны и алгоритмизированы схемы согласования решений по типовым связкам моделей в двухуровневой системе расчетов.

Возможности создания новых мощностей по отраслям не ограничены, кроме наращивания объемов добычи природных ресурсов в районах I и II. Считается, что в каждом из этих районов ввод новых мощностей в добывающей промышленности не может обеспечить прирост производства более чем на 3 млрд руб.

Таблица 11.3

**Коэффициенты производственных затрат продукции, трудовых ресурсов и капитальных вложений**

№ строки	Мощности отраслей									
	Старые					Новые				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Район I										
1	—	0,291	—	—	—	—	0,190	—	—	—
2	0,130	0,380	0,570	0,460	0,425	0,110	0,400	0,500	0,490	0,455
3	—	—	—	0,80	—	—	—	—	0,170	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	0,200	0,050	0,030	0,020	—	0,200	0,050	0,030	0,020	—
6	0,055	0,076	0,093	0,119	0,110	0,040	0,048	0,059	0,089	0,078
7	1,135	0,472	0,700	0,381	1,372	3751	1,630	2,838	1,595	3,225
Район II										
1	—	0,284	—	—	—	—	0,191	—	—	—
2	0,127	0,375	0,530	0,430	0,420	0,100	0,404	0,517	0,476	0,372
3	—	—	—	0,066	—	—	—	—	0,120	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	0,185	0,050	0,030	0,020	—	0,185	0,050	0,030	0,020	—
6	0,051	0,080	0,099	0,123	0,105	0,040	0,049	0,058	0,089	0,076
7	1,122	0,487	0,692	0,395	1,391	3,650	1,626	2,920	1,636	3,249
Район III										
1	—	0,292	—	—	—	—	0,189	—	—	—
2	0,131	0,371	0,520	0,421	0,397	0,099	0,397	0,519	0,422	0,303
3	—	—	—	0,060	—	—	—	—	0,120	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	0,203	0,051	0,033	0,022	—	0,203	0,051	0,033	0,022	—
6	0,050	0,082	0,100	0,120	0,103	0,038	0,051	0,062	0,088	0,072
7	1,102	0,546	0,679	0,388	1,391	3,557	1,646	3,128	1,671	3,330

Приведенная информация позволяет дать характеристику хозяйственным комплексам районов. В районе I развита обрабатывающая промышленность, но возможности расширения добычи природных ресурсов в значительной мере исчерпаны. Район III находится в стадии хозяйственного освоения. Обрабатывающая промышленность в нем развита слабо; возможности расширения добычи ресурсов пока не ограничиваются. Район II по развитости производственной структуры занимает промежуточное положение. Материалоемкость производства имеет тенденцию к падению, усиливающуюся по мере удаления с запада на восток, капиталоемкость, наоборот, к росту (за исключением добычи ресурсов для развития которой условия в районе III наиболее благоприятны).

Таблица 11.4

**Коэффициенты транспортных затрат на межрайонные перевозки**

Район	Связи между районами							
	I → II				I → I			
	Отрасли							
	1	2	3	4	1	2	3	4
I	0,100	0,05	0,030	0,010	0,150	0,080	0,070	0,020
II	0,150	0,080	0,070	0,020	0,100	0,050	0,030	0,010
Район	Связи между районами							
	II → III				III → II			
	Отрасли							
	1	2	3	4	1	2	3	4
II	0,050	0,040	0,030	0,020	0,100	0,070	0,070	0,030
III	0,100	0,070	0,070	0,030	0,050	0,040	0,030	0,020

В непроизводственном потреблении используются только предметы потребления (4-я отрасль), поэтому векторы отраслевой структуры непроизводственного потребления регионов являются единичными ортами с единицей по четвертой компоненте. Территориальная структура потребления определяется вектором (0,403; 0,287; 0,310).

В табл. 11.5 и 11.6 содержатся данные об объемах капитальных вложений базисного года, распределении трудовых ресурсов по районам, объемах старых производственных мощностей и фиксированного по отраслям потребления части конечной продукции.

Таблица 11.5

**Максимально возможные объемы производства на старых  
производственных мощностях и объемы капитальных вложений  
базисного года**

Район	Отрасли					Начальные капитальные вложения
	1	2	3	4	5	
I	25,0	120,0	4,0	67,0	24,0	27,0
II	20,0	65,0	21,0	47,0	15,0	13,5
III	25,0	55,0	8,0	56,0	10,0	17,0

Таблица 11.6

**Фиксированное конечное потребление и трудовые ресурсы**

Район	Отрасли					Трудовые ресурсы
	1	2	3	4	5	
I	0,580	3,830	1,463	1,000	1,075	36,6
II	0,318	0,018	0,378	0,000	0,010	22,1
III	0,691	0,027	0,065	0,000	0,074	21,7

В описываемую версию малоразмерного комплекса включены следующие модели.

**M1** — оптимизационная межрегиональная межотраслевая модель (ОМММ). Она позволяет определять объемы производства, потребления и межрегиональных перевозок продукции в разрезе выделенных отраслей и регионов страны. Критерий оптимальности — достижение максимального уровня удовлетворения потребностей общества при условиях регулирования соотношений региональных уровней жизни (структура и основные свойства моделей такого класса описаны в части I данной книги).

**M2** — модель экономического взаимодействия регионов (МЭВР). Выбор решения в этой модели определяется векторным критерием оптимальности, составленным из региональных критериев. Этапы анализа: допустимые планы — эффективные варианты — ядро системы — равновесные планы.

**M3** — модель крупного экономического района. Она представлена двумя модификациями — моделью отдельного экономического района

и моделью макрзоны, включающей несколько районов и внутрizonальные взаимосвязи. Основные условия модели — балансы производства и потребления продукции с учетом фиксированных заданий на вывоз продукции и лимитов на ввоз ресурсов, балансы трудовых ресурсов и капитальных вложений, ограничения на мощности. Критерий выбора вариантов — максимизация фонда непродуцированного потребления в заданной структуре.

**M4** — модель многоотраслевого комплекса (МОК), реализованная на примере сырьевых отраслей в виде производственно-транспортной многоэтапной задачи. Конкретный вид модели обусловлен структурой исходной народнохозяйственной модели и выбранным алгоритмом декомпозиции. Критерий оптимальности — минимум народнохозяйственных затрат на развитие и функционирование МОК.

С использованием моделей M1 — M4 и набора схем их согласования проводились экспериментальные расчеты по следующим модельным связкам: M1 ↔ M2, M1 ↔ M3, M1 ↔ M4, имеющим двойную цель — демонстрации той или иной схемы согласования моделей и проведения анализа определенных проблемных ситуаций.

M1 ↔ M2 — используется для взаимосвязанного решения пространственных народнохозяйственных моделей при анализе проблем сочетания народнохозяйственных и региональных интересов, межрегиональных взаимодействий, при прогнозировании территориальных пропорций.

M1 ↔ M3 — связка моделей народнохозяйственного и районного уровней. Применяется с целью анализа и проблем развития регионов в двухуровневой системе. Демонстрирует смешанные лимитно-ценностные схемы согласования.

M1 ↔ M4 — связка ОМММ и модели МОК. Предназначена для изучения проблем развития МОК в народном хозяйстве, взаимозависимости его внешних и внутренних связей; демонстрирует эффективность модифицированной схемы итеративного агрегирования.

**Оптимальный вариант развития трехрайонной пятиотраслевой экономической системы.** Центральным вариантом развития изучаемой экономической системы, с которым сравниваются результаты согласования по представленным выше модельным связкам, служит оптимальное решение, полученное по модели M1.

В оптимальном плане старые мощности производства используются полностью (соответствующие объемы производства выходят на свои верхние границы). Оптимальные объемы производства (суммарно на

старых и новых мощностях) показаны в табл. 11.7. Из таблицы видно, что объемы добычи природных ресурсов в первых двух районах также выходят на свои верхние границы. Наиболее интенсивно развивается экономика района III (табл. 11.8). В нем значительно быстрее, чем в двух первых районах, растут объемы добычи природных ресурсов и объемы транспортной работы. Последнее связано со значительно возросшей необходимостью транспортировки природного сырья из данного района и ряда необходимых продуктов — в данный район. В районе I интенсивно наращивается производство орудий труда, в районе II относительно высокими темпами увеличивается производство предметов потребления.

Таблица 11.7

## Объемы производства в оптимальном плане, млрд руб.

Район	Отрасли					Всего
	1	2	3	4	5	
I	28	200	89	119	26	462
II	23	107	32	84	20	266
III	51	96	15	91	21	274
Итого	102	402	136	294	67	1002

Таблица 11.8

## Среднегодовые темпы прироста объемов производства, %

Район	Отрасли					Всего
	1	2	3	4	5	
I	0,8	3,5	4,8	3,9	0,5	3,4
II	0,9	3,4	2,8	3,9	1,9	3,1
III	4,9	3,8	4,3	3,3	5,1	3,9
Итого	2,5	3,5	4,2	3,7	2,1	3,5

В соответствии с оптимальным планом между районами перевозятся природное сырье (1 отрасль) и орудия труда (3 отрасль). Перевозки природного сырья осуществляются с востока на запад, орудий труда — в обратном направлении (табл. 11.9). Итоговое сальдо вывоза-ввоза в исходных измерителях равно: нулю — в районе III, +6,3 млрд руб. — в районе I, -6,3 млрд руб. — в районе II.

Таблица 11.9

## Оптимальный план межрайонных связей, млрд руб.

Отрасль	Межрайонные поставки			
	I—II	II—I	II—III	III—II
Добыча природных ресурсов	0	22,7	0	26,5
Переработка сырья	0	0	0	0
Орудия труда	29	—	26,5	0
Предметы потребления	0	0	0	0
Итого	29	22,7	26,5	26,5

Оптимальные оценки продукции, трудовых ресурсов и капитальных вложений приведены в табл. 11.10.

Таблица 11.10

## Оптимальные оценки продукции, трудовых ресурсов и капитальных вложений

Район	Продукция отраслей					Трудовые ресурсы	Капитальные вложения
	1	2	3	4	5		
I	1,399	1,000	1,000	1,000	1,000	1,006	0,145
II	1,149	0,999	1,100	0,999	1,000	1,090	0,168
III	0,999	1,000	1,200	1,001	1,000	1,214	0,183

Территориальную дифференциацию имеют оценки природного сырья (их рост по районам наблюдается с востока на запад), орудий труда, трудовых ресурсов и капитальных вложений (рост в обратном направлении).

Фонд непродуцированного потребления в целом составляет 293 млрд руб. и распределяется по районам следующим образом: I — 118, II — 84, III — 91 млрд руб.

**Эксперименты на малоразмерной версии модельного комплекса СИРЕНА.** Демонстрируются две схемы согласования решений в двухуровневой системе: первая схема основана на описанном выше смешанном алгоритме горизонтальной координации вариантов развития двух зон. Вторая схема иллюстрирует возможности вертикальной координации решений оптимизационной межрегиональной модели и территориально-производственной модели межотраслевого комплекса.

**Согласование решений в двухзональной системе (горизонтальная координация).** В соответствии с постановкой задачи исходная трехрайонная система переводится в двухзональную. Первую зону образует район I, вторую — районы II и III. Модели зон получены «разрезанием» исходной ОМММ по связям между районами I и II и перенормировкой условий по территориальной структуре непроизводственного потребления во 2-й зоне. В процессе согласования решений двух зон на основе регулирования межзональных поставок продукции выполнено четыре итерации, различающиеся интенсивностью межзональных связей (табл. 11.11). Итерация 1 соответствует изолированному развитию зон. Для итераций 2 и 3 характерна слабая интенсивность межзонального обмена.

Таблица 11.11

Объемы межзональных поставок

Показатель	Вывоз природного сырья из 2-й зоны в 1-ю по итерациям				Вывоз орудий труда из 1-й зоны во 2-ю по итерациям			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Объем поставок продукции, млрд руб.	0	4,5	10	20	0	5,0	10	20,4
% к производству в зоне поставщика	0	7,7	16,1	29,2	0	8,1	12,6	25,4
% к поставкам оптимального плана ОМММ	0	19,8	44,1	88,1	0	17,2	34,5	70,3

Поставки продукции составляют менее 45 % объема поставок оптимального плана исходной ОМММ. Несмотря на это, уже на итерации 3 фонд непроизводственного потребления по народному хозяйству составляет 97,4% от оптимального уровня (табл. 11.12).

В процессе согласования планов развития экономических зон наблюдается устойчивое приближение по макропоказателям к глобальному оптимуму. Территориальная структура непроизводственного потребления  $\beta_i = z^i / (z^I + z^{II})$ ,  $i = I, II$  также устойчиво приближается к заданной  $(\lambda_1, \lambda_2) = (0,403; 0,597)$ : итерация 1 — (0,360; 0,640); итерация 2 — (0,391; 0,609); итерация 3 — (0,400; 0,600); итерация 4 — (0,404; 0,596).

Таблица 11.12

Основные показатели развития народного хозяйства по итерациям, % к оптимальному решению

Показатель	Итерация			
	1	2	3	4
Непроизводственное потребление	92,2	96,1	97,4	98,8
Объемы производства — всего	86,9	92,9	97,4	99,0
В том числе по отраслям:				
добыча ресурсов	79,4	84,0	88,6	94,9
переработка сырья	88,5	94,6	99,0	99,8
орудия труда	87,8	95,6	105,4	103,1
предметы потребления	92,2	96,2	97,5	99,0
транспорт	67,7	76,1	84,0	92,8
Капитальные вложения	85,4	95,1	98,9	100,3

Показатели развития отдельных зон характеризуются большими отклонениями от оптимального решения (табл. 11.13, 11.14). Важное значение для понимания процессов межзонального взаимодействия имеет анализ итерации 1, характеризующей оптимальное изолированное развитие каждой зоны. Отсутствие связей между зонами снижает уровень экономического развития каждой из них и всей системы. По сравнению с оптимальным вариантом непроизводственное потребление по народному хозяйству в целом составляет лишь 92,2 %, совокупный продукт — 86,9 и капитальные вложения — 85,4 %. Межзональный обмен продукцией повышает эффективность развития. Прирост фонда непроизводственного потребления на 7,8 % в оптимальном варианте развития народного хозяйства (по сравнению с композицией оптимальных изолированных решений) целиком объясняется эффектом межзональных взаимосвязей.

Распределение системного эффекта между зонами неравномерное. Так, в условиях изолированного развития у 2-й зоны имеется вариант, почти равноэффективный оптимальному по величине критерия оптимальности. Достижение почти оптимального уровня непроизводственного потребления (98,8 %) обеспечивается переориентацией экономики зоны с сырьевой специализации на развитие инвестиционного сектора хозяйства (табл. 11.14). Добыча ресурсов сокращается на 29,4 %, выпуск орудий труда увеличивается более чем в 1,5 раза.

Таблица 11.13

**Основные показатели развития 1-й зоны по итерациям,  
% к оптимальному решению**

Показатель	Итерация			
	1	2	3	4
Непроизводственное потребление	82,3	93,3	96,9	94,5
Объемы производства—всего	72,1	84,8	94,3	97,9
В том числе по отраслям:				
добыча ресурсов	100	100	100	100
переработка сырья	72,2	85,3	95,1	98,3
орудия труда	50,9	69,2	89,2	95,4
предметы потребления	82,5	93,4	97,0	99,3
транспорт	66,2	67,8	87,3	94,6
Капитальные вложения	71,9	92,0	97,7	99,9
Отношение расчетной доли непроизводственного потребления к заданной	89,3	97,1	99,4	100,3

Таблица 11.14

**Основные показатели развития 2-й зоны по итерациям,  
% к оптимальному решению**

Показатель	Итерация			
	1	2	3	4
Непроизводственное потребление	98,8	98,1	97,9	98,8
Объемы производства — всего	99,7	99,8	100,02	100,03
В том числе по отраслям:				
добыча ресурсов	71,6	78,1	84,3	92,3
переработка сырья	104,5	103,7	102,8	101,4
орудия труда	154,2	145,5	136,2	117,4
предметы потребления	98,8	98,1	97,9	98,8
транспорт	68,8	75,4	81,9	92,0
Капитальные вложения	98,0	99,2	100,4	101,4
Отношение расчетной доли непроизводственного потребления к заданной	107,2	102,0	100,4	99,8

Иная ситуация в 1-й зоне. Существенным ограничением в ее экономическом развитии являются природные ресурсы. В оптимальном варианте единой задачи эта зона специализируется на вывозе орудий труда (30 % объема производства), но сокращение объемов производства этой отрасли при изолированном развитии зоны не может возместить дефицит сырья. Этим объясняется общее снижение масштабов развития 1-й зоны в изолированном решении. Понятно поэтому, что основная часть системного эффекта реализуется в 1-й зоне и обеспечивает рост непроизводственного потребления на 17,7 %, капитальных вложений — на 28,1 и общего объема производства — на 27,9 % (см. табл. 11.13). Такое распределение системного эффекта между зонами является обоснованным. Оно приводит к состоянию глобального оптимума экономической системы. В этом состоянии каждая зона улучшает свое положение по сравнению с изолированным решением. Любой другой допустимый вариант развития экономической системы, более предпочтительный для одной из зон, приводит к такому ухудшению положения другой зоны, которое снижает общесистемные показатели, и, прежде всего, фонд непроизводственного потребления страны.

Информация, содержащаяся в показателях (прямых и двойственных) оптимальных планов зон для случая изолированного их развития, позволяет определить направления межзонального обмена продукцией, приближающие к глобальному оптимуму. Анализ оптимальных оценок продукции для итерации 1 (табл. 11.15) показывает, что с позиций общесистемного критерия поставки природного сырья целесообразно осуществлять из 2-й зоны в 1-ю (разность одноименных оценок максимальная —  $\Delta_1 = 3,653 - 1,11 = 2,543$ ), а орудий труда в обратном направлении ( $\Delta_3 = 0,956 - 1,108 = -0,152$ ). Однако эти выводы носят предварительный характер, так как при определении оптимальных оценок по зонам не учтены два обстоятельства: необходимость выполнения заданных соотношений зональных фондов непроизводственного потребления и транспортные затраты при организации обмена продукцией между зонами.

Территориальная структура непроизводственного потребления, полученная на итерации 1, равна  $(\beta_1; \beta_2) = (0,360; 0,640)$ . После приведения в композиции планов зон территориальной структуры потребления к заданной  $(\lambda_1; \lambda_2) = (0,403; 0,597)$  окажется, что в балансах продукции 1-й зоны имеет место перерасход продукции, а в балансах 2-й зоны — ее недоиспользование. Следовательно, необходимо увеличить оценки 1-й зо-

ны и сократить их во 2-й. Нормирующим для коэффициентов корректировок зональных оценок  $h^1, h^2$  является условие  $h^1\lambda_1 + h^2\lambda_2 = 1$ . Отсюда, если задаться коэффициентом увеличения оценок 1-й зоны  $h^1 = 1,05$ , коэффициент снижения уровня оценок 2-й зоны  $h^2 = (1 - h^1\lambda_1)/\lambda_2 = 0,966$ .

В скорректированных оценках (см. табл. 11.15) усиливается необходимость поставок в 1-ю зону природного сырья (разность оценок продукции отрасли 1 увеличивается:  $\Delta_1 = 3,836 - 1,073 = 2,763$ ) и несколько снижается оценка эффективности ввоза во 2-ю зону орудий труда  $\Delta_2 = 1,004 - 1,078 = -0,074$ ). Учет транспортных затрат на перевозку при сравнении оценок продукции осуществляется на основе коэффициентов транспортных затрат на межрегиональные перевозки (см. табл. 11.4) и оптимальных оценок транспортной работы.

Сравнение разницы скорректированных оценок и суммарных транспортных затрат для итерации 1 подтверждает выводы о направлениях эффективных перевозок, сделанные на основе исходных оптимальных оценок, полученных из задач зон (см. табл. 11.15).

Совпадение этих результатов обусловлено как большой дифференциацией оптимальных оценок продукции на итерации 1, так и малыми

Таблица 11.15

## Оптимальные оценки продукции на итерации 1

Показатель, зона	Отрасль				
	1	2	3	4	5
Оценки продукции					
1-я зона	3,653	1,427	0,956	1,00	0,713
2-я зона	1,11	0,978	1,108	0,997	0,74
Коэффициент корректировки оценок					
1-я зона	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
2-я зона	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966
Скорректированные оценки					
1-я зона	3,836	1,498	1,004	1,05	0,749
2-я зона	1,073	0,945	1,078	0,944	0,715
Разница скорректированных оценок	2,763	0,553	-0,074	0,106	0,034
Транспортные затраты на ввоз					
в 1-ю зону	0,222	0,095	0,079	0,022	
во 2-ю зону	0,182	0,095	0,072	0,022	

масштабами корректировок уровня оценок (в пределах 5 %). В общем случае ориентация на собственно оптимальные оценки продукции не дает монотонно сходящегося процесса согласования планов зон методом регулирования межзональных поставок.

**Согласование решений производственно-транспортной задачи межотраслевого комплекса и межрайонной модели (вертикальная координация).** Расчеты проводились по связке моделей М1—М4 (агрегированной трехрайонной четырехотраслевой оптимизационной модели и модели межотраслевого комплекса, образованного первыми двумя отраслями исходной классификации малоразмерной экономической системы — добычи природного сырья и его переработки).

На каждом шаге итеративного процесса, построенного по модифицированному алгоритму итеративного агрегирования, показатели развития МОК могут быть получены двояким способом: решением детализированной производственно-транспортной задачи развития МОК и детализацией сводных характеристик МОК, полученных при решении межрайонной модели с агрегированным представлением в ней выделенного МОК<sup>1</sup>. На промежуточных итерациях различия между этими вариантами развития МОК могут быть достаточно сильными. И только в стационарной точке итеративного процесса согласования решений так рассчитанные варианты развития МОК совпадут<sup>2</sup>.

Настройка параметров операторов агрегирования и дезагрегирования на показатели детализированной задачи МОК позволяет в итеративном процессе приближать решения агрегированной народнохозяйственной задачи к оптимальному (согласованному) решению. К 5-й итерации отклонения сводных показателей развития народного хозяйства от контрольных показателей оптимального плана не превышают 6 %, (табл. 11.16).

<sup>1</sup> По сравнению с исходным алгоритмом (см. например, В а х у т и н с к и й И.Я., Дудкин Л.И., Щенников Б.А. Итеративное агрегирование в некоторых оптимальных экономических моделях // Экономика и мат.методы. 1973. Т. IX, вып.3), используемая схема отличалась структурой операторов агрегирования промежуточных решений задачи МОК и детализации решения задачи верхнего уровня, а также построения коэффициентов целевой функции задачи МОК. Подробнее этот алгоритм изложен в [14, с. 250–261].

<sup>2</sup> На этом же примере можно продемонстрировать приемы построения рефлекторных моделей. Объединение условий модели МОК и агрегированной (четырёхотраслевой) межрайонной модели с аккуратным описанием межотраслевых и межрайонных связей по правилам, использованным в агрегированной модели, должны привести к гибридной модели, имеющей структуру исходной ОМММ.

Таблица 11.16

Сводные показатели развития народного хозяйства по итерациям,  
% к оптимальному плану

Показатель	Итерация			
	1	2	3	4
Непроизводственное потребление	120,5	107,2	101,7	101,0
Объемы производства — всего	97,2	95,6	98,1	99,4
В том числе				
продукция МОК	84,7	90,7	98,3	98,4
орудия труда	94,5	90,1	94,9	94,3
предметы потребления	118,7	107,2	101,7	100,4
транспорт	100,0	87,5	102,0	104,2
Капитальные вложения	92,2	92,3	96,4	95,9

Интерес представляет сравнение показателей развития МОК по результатам агрегированной народнохозяйственной модели и детализированной модели МОК. Как видно из табл. 11.17, сводные показатели МОК в этих задачах близки между собой. Наибольшие различия имеет структура межрегиональных поставок продукции МОК. С этим связаны существенные расхождения в региональной и отраслевой структурах производства МОК. Продолжение расчетов показало, что достичь 5 %-ного интервала отклонений от оптимального плана удастся только к 14 итерации.

Медленная сходимость процесса обусловлена выбранной схемой уточнения операторов агрегирования на очередной итерации:

$$X^{t+1} = (1 - \alpha_t) \cdot X^t + \alpha_t \cdot X_0^t;$$

$$V^{t+1} = (1 - \alpha_t) \cdot V^t + \alpha_t \cdot V_0^t.$$

Здесь  $X_0^t, V_0^t$  — решение детализированной задачи МОК на итерации  $t$ ;  $X^t, V^t$  — усредненный вариант развития МОК, полученный к итерации  $t$ ;  $\alpha_t$  — параметр усреднения (демпфирующий множитель), в расчетах принимался равным  $1/t$ . Такое усреднение оказалось существенным. Организация процесса согласования с  $\alpha_t = 1$  уже на итерации 2 выявила недопустимость задачи МОК (несовместимость ее условий — заданий и возможностей по производству продукции). Практическим

приемом, ускоряющим сходимость процесса согласования, является более гибкий подход к выбору параметров усреднения  $\alpha_t$ : выбор более быстро сходящейся последовательности  $\alpha_t$ , назначения отдельных параметров для усреднения прямых и двойственных решений задачи развития МОК, переход к адаптивному изменению параметров усреднения в зависимости от результатов расчетов (например, их изменению лишь при смене оптимального базиса задачи) и т.п. Но в целом, и эксперименты это подтвердили, методы итеративного агрегирования определяют медленную сходимость процесса и имеют в связи с этим ограниченные возможности для использования в реальных процессах согласования прогнозных расчетов в двухуровневых системах.

Таблица 11.17

## Показатели развития МОК, % к оптимальному плану

Показатель	Итерация			
	1	2	3	4
Детализированная задача МОК				
Выпуск продукции — всего	66,7	102,2	93,1	100,2
в том числе				
на существующих мощностях	100,0	100,0	100,0	100,0
на новых мощностях	16,4	105,6	82,05	100,5
Межрегиональные связи (вывоз продукции)				
II – I	33	13,7	84,6	78,5
III – II	12,5	49,1	27,6	110,9
Агрегированная задача				
Выпуск продукции — всего	84,6	77	98,2	98,1
в том числе				
на существующих мощностях	137,4	103,9	100,0	100,0
на новых мощностях	0	38,4	95,4	96,5
Межрегиональные связи (вывоз продукции)				
II – I	0	0	85,9	112,8
III – II	0	0	211,5	104,3
Оценки продукции	73,7	79,5	110,2	105,4

**Пример построения и использования функций отклика регионов при согласовании решений в малоразмерной территориальной системе.** С использованием возможностей и информации малоразмерной версии модельного комплекса СИРЕНА изучалась следующая методическая схема по согласованию решений в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы». Модели макрорезон (экономических регионов) замещались простыми зависимостями, связывающими основные входные и выходные показатели. Знание этих зависимостей позволяет сформулировать простую модель народнохозяйственного уровня, осуществляющую выбор согласованного решения. В анализируемых ниже экспериментах использованы два способа построения функций отклика — статистический подход и методы сплайновой аппроксимации.

**Построение и использование функций отклика: статистический подход.** Процесс построения функций отклика для каждого региона (макрорезоны) в соответствии с методикой планирования эксперимента разбивается на несколько этапов:

- 1) выбор параметров отклика и выбор факторов, влияющих на отклик;
- 2) выбор основного уровня факторов и интервалов их варьирования;
- 3) проведение экспериментов;
- 4) обработка результатов экспериментов (построение функций отклика);
- 5) анализ полученных результатов.

Факторами отклика в модели  $r$ -го региона (зоны) выбраны показатели сальдо вывоза-ввоза транспортабельной продукции (вектор  $s^r$ ). Среди параметров отклика выделяются показатели фонда непроизводственного потребления  $z^r$ . Построенная связь  $z^r = \psi_1^r(s^r)$  позволяет сформулировать задачу согласования решений региональных задач и народного хозяйства в целом в виде

$$\begin{aligned} z &\rightarrow \max; \\ \psi_1^r(s^r) &\geq \lambda^r z; \\ \sum_{r=1}^3 s^r &= 0. \end{aligned} \quad (11.1)$$

Здесь  $\lambda^r$  — доля  $r$ -го региона в суммарном фонде непроизводственного потребления  $z$ .

По существу, модель согласования (11.1) получена замещением в исходной ОМММ региональных блоков соответствующими функциями отклика регионов. Разные возможности такого замещения (для отдельных регионов, их групп, народного хозяйства в целом без выделенного региона, макрорезоны) позволяют формулировать разнообразные задачи согласования народнохозяйственных и региональных решений для анализа различных содержательных проблем: народнохозяйственной оценки вариантов регионального развития, влияния народнохозяйственного уровня на выбор региональных решений, воздействия регионального уровня на народнохозяйственные пропорции и т.д. Некоторые из этих постановок задач согласования анализируются ниже.

Функции отклика региона строились как квадратичные функции рассматриваемых факторов

$$\Psi_i^r(s^r) = a_{i0} + b_{i1}s_1^r + b_{i3}s_3^r + c_{i1}(s_1^r)^2 + c_{i3}(s_3^r)^2 + d_i s_1^r s_3^r, \quad (11.2) \\ i = 1, \dots, 8$$

Найденные методами регрессионного и корреляционного анализов коэффициенты зависимостей (11.2) для I района приведены в табл. 11.18.

Таблица 11.18

Параметры функций отклика для I района

Параметр	Коэффициенты регрессии					
	$a_{i0}$	$b_{i1}$	$b_{i3}$	$c_{i1}$	$c_{i3}$	$d_i$
Валовая продукция — всего	414,397	4,869	-1,460 <sup>*</sup>	-0,119	0,005 <sup>*</sup>	0,05
В том числе по отраслям:						
добыча природных ресурсов	17,713	1,249	0,025 <sup>*</sup>	-0,041	-0,001 <sup>*</sup>	0,004
переработка сырья	188,055	1,378	-0,7 <sup>*</sup>	-0,065	0,003 <sup>*</sup>	0,023
орудия труда	96,651	-1,875	0,271 <sup>*</sup>	0,023	0,005 <sup>*</sup>	0,018
предметы потребления	93,182	3,635	-1,044	-0,057	-0,002 <sup>*</sup>	0,006
транспорт	18,782	0,484	-1,012 <sup>*</sup>	-0,01	0 <sup>*</sup>	0,003
Фонд непроизводственного потребления	92,76	3,635	-1,049	0,057	-0,002 <sup>*</sup>	0,006
Суммарные капитальные вложения	810,098	-16,769	-3,801 <sup>*</sup>	0,215	0,037 <sup>*</sup>	0,119

Одновременно с построением функций отклика отдельного района строились функции отклика остальной части народного хозяйства. В частности, для I района такой частью является вторая макрозона, объединяющая районы II и III (табл. 11.19).

Таблица 11.19

**Параметры функций отклика для второй макрозоны**

Параметр	Коэффициенты регрессии					
	$a_{i0}$	$b_{i1}$	$b_{i3}$	$c_{i1}$	$c_{i3}$	$d_i$
Валовая продукция — всего	533,335	1,243	-0,505 <sup>*</sup>	-0,056	-0,016 <sup>*</sup>	0,054
В том числе по отраслям:						
добыча природных ресурсов	53,577	1,035	-0,05 <sup>*</sup>	-0,004	-0,001 <sup>*</sup>	0,004
переработка сырья	210,521	0,179	-0,313 <sup>*</sup>	-0,024	-0,006 <sup>*</sup>	0,023
орудия труда	69,674	0,727	-1,267	-0,02	-0,005 <sup>*</sup>	0,019
предметы потребления	173,383	-1,201	1,011	-0,005	-0,001 <sup>*</sup>	0,005
транспорт	27,777	0,5	0,08 <sup>*</sup>	-0,003	-0,001 <sup>*</sup>	0,003
Фонд непроизводственного потребления	173,383	-1,199	1,005	-0,005	-0,001 <sup>*</sup>	0,005
Суммарные капитальные вложения	630,875	5,829	-2,595	-0,135	-0,036 <sup>*</sup>	0,127

После исключения незначимых коэффициентов, отмеченных в табл. 11.18 и 11.19 символом <sup>\*</sup>, функции отклика для фонда непроизводственного потребления I района  $z^1$  и остальной части хозяйства  $z^{23}$  могут быть записаны в следующем виде:

$$z^1 = 92,26 + 3,635s_1^1 - 1,049s_3^1 + 0,006s_3^1;$$

$$z^{23} = 173,383 - 1,199s_1^1 + 1,005s_3^1 - 0,005(s_3^1)^2 + 0,004s_1^1s_3^1. \quad (11.3)$$

Полученные для всех районов и макрозон функции отклика статистически надежны: нулевые гипотезы для коэффициентов регрессии и корреляции отвергаются с вероятностью ошибки 5%; доли объясненной дисперсии велики (выше 99%). Понятны полученные функции и с содержательной стороны. Например, функция для  $z^1$  показывает, что фонд непроизводственного потребления в I районе тем выше, чем меньше вывоз из него орудий труда и чем выше ввоз про-

дуктов добычи ресурсов. Для фонда непроизводственного потребления остальной части системы ( $z^{23}$ ) типична обратная зависимость от этих переменных. Интересно, что общий фонд непроизводственного потребления системы ( $z^1 + z^{23}$ ) растет при увеличении ввоза в I район продуктов добычи и сокращении вывоза из I района орудий труда; при этом резко увеличивается доля I района в общем потреблении, что характеризует этот район как приоритетный с точки зрения непроизводственного потребления.

Построенные функции нелинейны. Так, например, степень влияния (по абсолютной величине) ввоза в I район продуктов добычи природных ресурсов на фонд непроизводственного потребления остальной части системы возрастает по мере увеличения объема этого ввоза (эффект 2-го порядка). Эффект взаимодействия факторов в обеих функциях положителен: увеличение объема одного из факторов приводит к усилению (положительного) влияния другого фактора.

При использовании функций отклика следует иметь в виду, что вне зоны аппроксимации (для  $s_1^1$  — от 19,0 до 39,0; для  $s_3^1$  — от 12,7 до 32,7) ошибки могут достигать заметной величины. В качестве прогноза  $z^1$  и  $z^{23}$  при изолированном развитии I района ( $s_1^1 = s_3^1 = 0$ ) функции отклика дают значения 92,3 и 173,4. Фактические значения — соответственно, 102,0 и 172,9, то есть для I района ошибка велика и составляет 97, хотя для остальной части системы ее величина всего 0,5.

Обозначим через  $\psi = (\psi_1, \dots, \psi_8)$  8-компонентную вектор-функцию (ее компонентами являются объемы непроизводственного потребления, суммарного по старым и новым мощностям производства в каждой из пяти отраслей, валового общественного продукта и суммарных капиталовложений в целом за период). С использованием функций отклика районов  $\psi^1, \psi^2, \psi^3$  и макрозон  $\psi^{23}, \psi^{12}$  (верхние индексы означают номера включения в макрозону районов) были построены три модификации исходной межрегиональной модели М1, по которым проводились экспериментальные расчеты по согласованию народнохозяйственных и региональных решений.

1. Межрайонная модель, в которой районные блоки заменены их функциями отклика:

$$M1^{(1)} = \langle \psi^1, \psi^2, \psi^3 \rangle. \quad (11.4)$$

Общий вид модели описан условиями (11.1).

2. Межрайонная модель, в которой блок I района представлен подробно (моделью района МЗ), а остальная часть народного хозяйства замещена соответствующими функциями отклика:

$$M1^{(2)} = \langle M3^{(1)}, \psi^{23} \rangle. \quad (11.5)$$

3. Межрайонная модель, в которой блок I района замещен функцией отклика. Может быть выражена как синтез функций отклика I района и модели второй макрзоны (обозначим ее МЗ<sup>(23)</sup> по признаку включения в нее блоков II и III района):

$$M1^{(3)} = \langle \psi^1, M3^{(23)} \rangle. \quad (11.6)$$

Все модели (11.4)–(11.6) дают хорошее приближение к оптимальному плану исходной межрегиональной модели М1. По большинству показателей относительное отклонение от контрольного решения составляет менее 1 % (подробнее см. [14, с. 240–247]).

**Построение и использование функций отклика: сплайновая аппроксимация.** Эффективным примером обработки рядов параметров и факторов отклика региональных моделей и построения аппроксимирующих зависимостей является использование сплайн-функций. В общем случае построение сплайнов на рядах исходной информации позволяет заменить дискретные последовательности данных непрерывными функциями с заданной степенью гладкости.

Для аппроксимации экспериментальных расчетов использовались квазимногочлены  $\sigma(t)$  вида

$$\sigma(t) = \sum_{i \in I_1} a_{1i} t^{a_{2i}} e^{a_{3i} t} \cdot \sin(a_{4i} t) + \sum_{i \in I_2} a_{1i} t^{a_{2i}} e^{a_{3i} t} \cdot \cos(a_{4i} t), \quad (11.7)$$

где  $I_1$  и  $I_2$  — непересекающиеся подмножества общего множества слагаемых  $I = (1, 2, \dots, m)$ .

Коэффициенты разложения  $a_{1i}$  могут принимать различные значения, в том числе и нулевые.

Изложим методику сплайновой аппроксимации на примере модели I района МЗ (индекс района временно опущен).

На первом этапе выбираются исходное значение факторов отклика  $\bar{s} = (\bar{s}_1, \bar{s}_2, \bar{s}_3, \bar{s}_4)$  и направления их изменения  $\Delta \bar{s}_\mu$ ,  $\mu = 1, \dots, M$ , так, что значения оптимального вектора сальдо вывоза-ввоза  $s^0$  принадлежат конической оболочке, натянутой на векторы  $\bar{s} + \xi_\mu \Delta \bar{s}_\mu$ ,  $\mu = 1, \dots, M$ . По каждому направлению  $\mu$  для дискретных значений па-

раметра смещения  $\xi_\mu$  из отрезка  $[\xi_\mu, \bar{\xi}_\mu]$  вычисляются текущие значения факторов отклика  $s_\mu(\xi_\mu) = \bar{s} + \xi_\mu \Delta \bar{s}_\mu$  и по решению региональной модели МЗ вычисляются значения целевого показателя  $z(\xi_\mu)$ . Далее на основе рядов значений (узлов)  $z(\xi_\mu)$  и  $\xi_\mu$  строится интерполяционный сплайн  $\sigma_\mu(z(\xi_\mu))$  для каждого направления  $\mu$ . При этом в целях повышения точности аппроксимации при построении сплайн-функции значения первых производных в узлах принимались равными  $q(\xi_\mu) = \Delta \bar{s}_\mu v(\xi_\mu)$ , где  $v(\xi_\mu)$  — вектор двойственных оценок, соответствующих уравнениям баланса производства и распределения продукции в региональной задаче при значении коэффициента смещения  $\xi_\mu$ . Так получается параметрическая аппроксимация функций отклика района семейством сплайн-функций  $\sigma_\mu(z(\xi_\mu))$ . Решение региональной модели МЗ при произвольных значениях факторов  $s$  аппроксимируется выпуклой комбинацией интерполяционных сплайнов по направлениям  $\sum_\mu \alpha_\mu \sigma_\mu(z(\xi_\mu))$ , где значения коэффициентов  $\alpha_\mu$  рас-

считываются по коэффициентам смещения  $\xi_\mu$ , определяющим разложение вектора  $s$  по направляющим  $\Delta \bar{s}_\mu$  области аппроксимации

$$s = \bar{s} + \sum_\mu \xi_\mu \Delta \bar{s}_\mu.$$

Пример построения сплайна для I района по направлению  $\mu = 1$ , ( $\Delta \bar{s} = (1, 0, 0)$  — варьирование ввоза ресурсов) с использованием квазиполиномиальной аппроксимации (11.7) приведен в (11.8)<sup>1</sup>.

$$\begin{aligned} \sigma_1(\xi_1) = & 112 + 0,109 \cdot e^{-0,358\xi_1} \cos(7,854\xi_1) + \\ & + 2,53 \cdot e^{0,29\xi_1} \sin(0,977\xi_1) + 3,9e^{0,299} \cos(0,977\xi_1). \end{aligned} \quad (11.8)$$

В табл. 11.18 сравниваются показатели фонда непродовственного потребления I района, рассчитанные по исходной региональной модели МЗ (фактические значения) и с использованием квазиполиномиального сплайна  $\sum_\mu \alpha_\mu \sigma_\mu(z(\xi_\mu))$  (расчетные значения). Видно, что точность

аппроксимации (в целом достаточно высокая) убывает с удалением от исходной точки приближения (вектора сальдо вывоза-ввоза  $\bar{s} = (27, 7; 0; -39; 0)$ ).

<sup>1</sup> Для построения сплайновых функций отклика регионов и решения модифицированной межрегиональной модели использовались возможности библиотеки программ построения сплайн-функций LIDA-2, разработанных в Вычислительном центре СО РАН.

Таблица 11.20

Расчетные (сплайновая аппроксимация) и фактические (по региональной модели) значения фонда непроизводственного потребления в I районе

Сальдо вывоза-ввоза по отраслям				Значения фонда непроизводственного потребления	
1	2	3	4	по функциям отклика	по модели
28,1	0	-33,6	0,6	117,73	117,75
28,9	2	-32,8	-0,4	118,92	118,94
27,7	2	-34	2	119,5	119,59
29,7	0	-32	4	122,66	122,92
31,7	4	-30	-4	120,74	120,76
19,2	0	-25,5	0	115,65	115,35
27,7	3	-30	-1	120,81	121,32
23,5	0	-28,6	1,2	119,15	120,17
32,3	-2,6	-29,5	6,5	126,5	126,75
34,7	-1,4	-27	1,4	125,79	126,28
35,7	-8	-26	8	128,45	128,45
27,7	4	-26	-4	120,7	122,85
23,2	4,5	-29,5	4,5	123,32	125,92
31,5	0	-26,4	3,8	127,03	129,03

Приведем некоторые результаты расчетов по межрегиональной модели М1, в которой блок I района замещен соответствующим интерполяционным сплайном. Модифицированная модель имеет вид (11.1) с той лишь разницей, что вместо функции отклика  $\psi_1^1(s_1^1, s_3^1)$  используется сплайн  $\sum_{\mu} \alpha_{\mu} \sigma_{\mu}(z(\xi_{\mu}))$ . Значения переменных в оптимальном плане модели достаточно близки к значениям одноименных показателей исходной межрегиональной модели М1. Относительная ошибка по региональным переменным непроизводственного потребления, отраслевых выпусков продукции, суммарных капитальных вложений не превышает 0,5 %. Наибольшую ошибку (до 2 %) дают показатели межрайонного обмена (см. [14, с. 247–250]).

## Глава 12. Согласование решений в двухуровневой системе с односторонними связями

При моделировании и изучении проблем развития многоуровневых систем существует класс задач, не предполагающий двухсторонних взаимосвязей. В них можно ограничиться расчетами, учитывающими только односторонние связи моделей подсистем и объектов. Это существенно облегчает задачу согласования решений, но вместе с тем требует тщательного обоснования правомерности такого подхода<sup>1</sup>.

Комплексы моделей с односторонними связями могут быть организованы по схемам «верх-низ» и «низ-верх». В модельных комплексах типа «верх-низ» вначале определяются значения переменных моделей более высокого уровня иерархии. Затем решаются задачи нижестоящих уровней при ограничениях на локальные переменные, определяемых в моделях предыдущего уровня. Например, в многорегиональных моделях расчет региональных параметров ведется вслед за переменными национального уровня таким образом, чтобы их сумма совпадала с соответствующими национальными переменными<sup>2</sup>. Примером задачи, решаемой по схеме «низ-верх», является задача оценки с позиций верхне-

<sup>1</sup> Для многорегиональных систем, рассматриваемых в контексте межуровневых отношений «национальная экономика — регионы», одним из важных классов таких задач являются задачи обоснования государственной региональной политики, важнейшие приоритеты которой состоят в обеспечении устойчивого экономического роста регионов и снижении необъективных межрегиональных различий. Типичной формой ее осуществления является принятие решений на уровне государственных органов управления и их выполнения в регионах.

<sup>2</sup> Такая схема расчетов широко использовалась в зарубежных проектах системного моделирования (см. *Multiregional Economic Modeling: Practice and Prospect*. — Amsterdam: North-Holl., 1982). Примером отечественной разработки является модельный комплекс ЦЭМИ РАН, (см. *Комплекс моделей перспективного планирования*. М.: Наука, 1986). Он состоит из моделей, распределенных по пяти иерархическим уровням. На 1-м уровне используется группа однопродуктовых эконометрических макромоделей, предназначенных для анализа в обобщающих показателях тенденций развития экономи-

Таблица 11.20

Расчетные (сплайновая аппроксимация) и фактические (по региональной модели) значения фонда непроизводственного потребления в I районе

Сальдо вывоза-ввоза по отраслям				Значения фонда непроизводственного потребления	
1	2	3	4	по функциям отклика	по модели
28,1	0	-33,6	0,6	117,73	117,75
28,9	2	-32,8	-0,4	118,92	118,94
27,7	2	-34	2	119,5	119,59
29,7	0	-32	4	122,66	122,92
31,7	4	-30	-4	120,74	120,76
19,2	0	-25,5	0	115,65	115,35
27,7	3	-30	-1	120,81	121,32
23,5	0	-28,6	1,2	119,15	120,17
32,3	-2,6	-29,5	6,5	126,5	126,75
34,7	-1,4	-27	1,4	125,79	126,28
35,7	-8	-26	8	128,45	128,45
27,7	4	-26	-4	120,7	122,85
23,2	4,5	-29,5	4,5	123,32	125,92
31,5	0	-26,4	3,8	127,03	129,03

Приведем некоторые результаты расчетов по межрегиональной модели М1, в которой блок I района замещен соответствующим интерполяционным сплайном. Модифицированная модель имеет вид (11.1) с той лишь разницей, что вместо функции отклика  $\psi_1^1(s_1^1, s_3^1)$  используется сплайн  $\sum_{\mu} \alpha_{\mu} \sigma_{\mu}(z(\xi_{\mu}))$ . Значения переменных в оптимальном плане модели достаточно близки к значениям одноименных показателей исходной межрегиональной модели М1. Относительная ошибка по региональным переменным непроизводственного потребления, отраслевых выпусков продукции, суммарных капитальных вложений не превышает 0,5 %. Наибольшую ошибку (до 2 %) дают показатели межрайонного обмена (см. [14, с. 247–250]).

## Глава 12. Согласование решений в двухуровневой системе с односторонними связями

При моделировании и изучении проблем развития многоуровневых систем существует класс задач, не предполагающий двухсторонних взаимосвязей. В них можно ограничиться расчетами, учитывающими только односторонние связи моделей подсистем и объектов. Это существенно облегчает задачу согласования решений, но вместе с тем требует тщательного обоснования правомерности такого подхода<sup>1</sup>.

Комплексы моделей с односторонними связями могут быть организованы по схемам «верх-низ» и «низ-верх». В модельных комплексах типа «верх-низ» вначале определяются значения переменных моделей более высокого уровня иерархии. Затем решаются задачи нижестоящих уровней при ограничениях на локальные переменные, определяемых в моделях предыдущего уровня. Например, в многорегиональных моделях расчет региональных параметров ведется вслед за переменными национального уровня таким образом, чтобы их сумма совпала с соответствующими национальными переменными<sup>2</sup>. Примером задачи, решаемой по схеме «низ-верх», является задача оценки с позиций верхне-

<sup>1</sup> Для многорегиональных систем, рассматриваемых в контексте межуровневых отношений «национальная экономика — регионы», одним из важных классов таких задач являются задачи обоснования государственной региональной политики, важнейшие приоритеты которой состоят в обеспечении устойчивого экономического роста регионов и снижении необъективных межрегиональных различий. Типичной формой ее осуществления является принятие решений на уровне государственных органов управления и их выполнения в регионах.

<sup>2</sup> Такая схема расчетов широко использовалась в зарубежных проектах системного моделирования (см. *Multiregional Economic Modeling: Practice and Prospect*. — Amsterdam: North-Holl., 1982). Примером отечественной разработки является модельный комплекс ЦЭМИ РАН, (см. *Комплекс моделей перспективного планирования*. М.: Наука, 1986). Он состоит из моделей, распределенных по пяти иерархическим уровням. На 1-м уровне используется группа однопродуктовых эконометрических макромоделей, предназначенных для анализа в обобщающих показателях тенденций развития экономи-

го уровня, альтернативных вариантов развития подсистем нижестоящего уровня. Для этого модели нижнего уровня приспособляются для генерирования множества вариантов развития соответствующих подсистем. На втором этапе варианты формулируются в показателях модели верхнего уровня<sup>1</sup>.

Согласование решений в комплексах моделей с односторонними связями осуществляется часто не в строгой математической форме, как в теоретических системах моделей, а в виде согласования различных мнений, точек зрения лиц, организующих и проводящих расчеты, — экспертов и пользователей. На определенном этапе развития таких комплексов возникают и формализованные связи по согласованию моделей. Именно под этим углом зрения ниже анализируются основные этапы обеспечения согласованных решений по типу «верх-низ» в двухуровневой системе «национальная экономика — регионы».

### 12.1. Алгоритмы региональной дифференциации сценарных параметров национального уровня

Несущей конструкцией, обеспечивающей построение согласованных решений в двухуровневых системах с односторонними связями являются процедуры сценарного подхода. Все показатели, описывающие состояние и развитие системы и ее подсистем делятся на две группы. Первую группу образуют эндогенные переменные (расчетные, зависимые), вторую группу составляют экзогенные параметры, рассматриваемые как заданные величины в единичном цикле расчетов. Как правило, в них фиксируются либо характеристики внешних условий по отношению к рассматриваемой системе, либо задается проблемная направленность предполагаемых расчетов, либо то и другое. Поэтому важным

ки. На 2-м уровне рассматриваются многосекторные эконометрические модели, позволяющие анализировать динамику, взаимосвязи и пропорции развития народного хозяйства в разрезе укрупненных отраслей народного хозяйства. 3-й уровень составляют укрупненные межотраслевые и финансовые модели. На нижних уровнях используются модели отраслевого и территориального планирования. Согласование расчетов проводилось через блок сценарных параметров, последовательно детализируемых по уровням моделей.

<sup>1</sup> По идейно близкой схеме построены, например, большинство методик оценки эффективности инвестиционных проектов, или оценок бизнес-планов коммерческих предложений. Вначале в детальных показателях формируются варианты проекта, затем они оцениваются в показателях и критериях, отражающих общественную (общесистемную) их значимость, и на этой основе делаются выводы о сравнительных преимуществах лучших вариантов.

условием согласования решений в системах с односторонними связями является корректное распространение на региональный уровень сценарных условий, определяющий выбор решений на верхнем уровне<sup>1</sup>.

Более конкретно постановка задачи состоит в следующем. По заданным методическим схемам (моделям) осуществляются перспективные прогнозы социально-экономического развития страны и отдельных регионов в соответствии со сценарными условиями и установками. На уровне страны расчеты проводятся по основным макропоказателям; часть из них, предварительно дезагрегированная, вместе с заданными сценарными параметрами может служить установками для региональных прогнозов (рис. 12.1). И наоборот, свод региональных показателей должен быть прямо сопоставим со своими национальными аналогами.

Общий алгоритм построения детализированных региональных сценарных параметров представлен на рис. 12.2. Он опирается на утверждение о том, что в растущей экономике структурные показатели являются более устойчивыми, чем их объемные аналоги и, следовательно, к их прогнозированию можно относиться с большим доверием<sup>2</sup>.

По согласованным данным ретропериода ( $r$  и  $R$ ) осуществляются прогнозы сценарного показателя на верхнем уровне  $R_p$  и коэффициентов его региональной детализации (относительных весов)  $S_p$  на региональном уровне<sup>3</sup>. Искомое значение сценарного параметра для регионов определяется произведением этих двух величин.

<sup>1</sup> В этом смысле сценарные параметры, используемые на региональном уровне, оставаясь для него экзогенными характеристиками, с позиций системных расчетов должны рассматриваться эндогенными переменными. Если сценарные параметры, используемые на двух уровнях, корреспондируют друг с другом, а результаты расчетов (сравнение внутренних переменных) вызывают вопросы, то, очевидно, возникает необходимость корректировок сценарных установок верхнего уровня. Процедуры, формализующие алгоритмы вариации сценарных параметров в моделях верхнего уровня, обсуждаются в следующем параграфе главы.

<sup>2</sup> Например, если  $x_k^t$  — объемы выпуска продукции и услуг в  $k$ -м регионе в году  $t$ , а  $X^t$  — выпуски по системе в целом, и  $X^t > X^{t-1}$ , то справедливо неравенство  $x_k^t: x_k^{t-1} > (x_k^t / X^t): (x_k^{t-1} / X^{t-1})$ . Аналогично, поскольку национальный темп роста показателя является взвешенной величиной региональных темпов, то его изменения лежат в диапазоне меньше, чем вариация ряда региональных темпов, что, следовательно, также дает основания доверять прогнозам агрегированных показателей больше, чем их более детальным аналогам.

<sup>3</sup> При этом обособление прогнозов макроуровня позволяет дополнительно учитывать в значениях сценарного параметра влияние других (внешних для системы) условий. Аналогично, эволюционную составляющую региональных коэффициентов детализации макропараметра, полученную продолжением тенденций ретропериода, можно дополнять нормативными соображениями изменения его территориальной структуры.

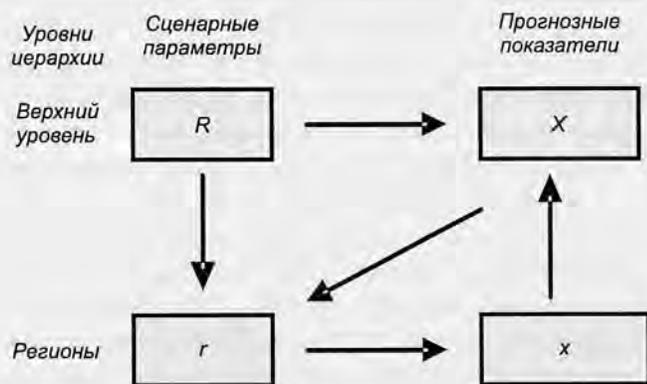


Рис. 12.1. Направления движения информации в задачах согласования типа «верх-низ»



Рис. 12.2. Блок-схема алгоритма региональной детализации сценарных параметров

В центре предлагаемых процедур детализации параметров верхнего уровня стоят структурные модели, позволяющие по короткому ряду ретроспективных показателей прогнозировать ожидаемые изменения территориальной структуры рассматриваемого параметра и на этой основе дифференцировать по регионам как-то определенную на макроуровне его величину.

Для прогнозирования динамики структурных коэффициентов предлагается использовать так называемые нормированные матрицы межвременных переходов. Поясним методику их построения и применения на примере структур размерности 2.

Пусть  $S = (s_1, s_2)$  и  $R = (r_1, r_2)$  — двухкомпонентные векторы структурных коэффициентов. Тогда связь между ними ( $R = P \cdot S$ ) можно установить заданием матрицы перехода  $P$  размерности  $2 \times 2$   $P = (P_{ij})$ ,  $i, j = 1, 2$ . Элементы матрицы  $P$  должны удовлетворять условиям нормировки:  $P_{11} + P_{12} = 1, P_{21} + P_{22} = 1$ .

Очевидно, что система  $P \cdot S = R$ , вместе с нормирующими условиями, однозначно разрешается относительно элементов матрицы  $P$ . На основе матрицы  $P$  прогноз структурных коэффициентов для последующих периодов,  $V_1, V_2, \dots, V_T$ , улавливающий эволюцию структур  $S$  и  $R$ , осуществляется рекуррентно,  $V_1 = P \cdot R, V_2 = P V_1$  и т.д.

Рассмотрим конкретно соотношения для коэффициентов матрицы  $P$ . Исходная система уравнений имеет вид

$$P_{11} \cdot s_1 + P_{12} \cdot s_2 = r_1$$

$$P_{21} \cdot s_1 + P_{22} \cdot s_2 = r_2$$

$$P_{11} + P_{12} = 1$$

$$P_{21} + P_{22} = 1$$

Нетрудно показать, что матрица  $P$  имеет следующий вид

$$P = \frac{1}{(s_1 - s_2)} \begin{bmatrix} r_1 - s_2 & s_1 - r_1 \\ r_2 - s_2 & s_1 - r_2 \end{bmatrix}$$

Если  $s_1 \neq s_2$ , то матрица  $P$  перехода от структуры  $S$  к структуре  $R$  определяется однозначно. Из структуры  $s_1 = s_2 = 1/2$  можно перейти только к такой же структуре,  $r_1 = r_2 = 1/2$ .

Очевидно, что для прогноза трехкомпонентных структур необходимо начальное их знание для трех последовательных лет. В этом случае матрица межвременных переходов трехкомпонентных структур имеет размерность  $3 \times 3$  и однозначно определяется нормирующими условиями и формулами связи соседних структур. Построение по этому правилу матриц структурных переходов для  $n$ -мерных территориальных структур предполагает использование ретростатистики, уходящей в прошлое на  $n$  лет, что не всегда оправдано. Если ограничиваться данными 2-3 летней давности, то для прогноза территориальных структур размерности более 3 необходимо предусматривать специальные процедуры предварительного иерархического разбиения прогнозируемой структуры на элементарные (двух-, трехкомпонентные). Одна из возможных схем рассматривается ниже.

Алгоритм детализации сценарных условий макроэкономических прогнозов на региональный уровень с использованием структурных моделей демонстрируется ниже на примере 25-региональной территориальной сетки. В ней каждый федеральный округ страны поделен на 2–5 макрорегионов, каждый из которых объединяет субъекты РФ, близкие по уровню экономического развития и ресурсному потенциалу. В рассматриваемой сетке, в обозначениях, используемых ниже, субъекты РФ были сгруппированы следующим образом:

*Север1* — Мурманская область, Республика Карелия

*Север2* — Республика Коми, Архангельская область, Ненецкий АО, Вологодская область

*СевЗап1* — Санкт-Петербург, Ленинградская область

*СевЗап2* — Новгородская и Псковская области

*Центр1* — Владимирская, Ивановская, Костромская, Тверская и Ярославская области

*Центр2* — Москва и Московская область

*Центр3* — Брянская, Калужская, Орловская, Рязанская, Смоленская и Тульская области

*ВолВят1* — Нижегородская область

*ВолВят2* — Республика Марий Эл, Мордовская республика, Чувашская республика, Кировская область

*ЦенЧер1* — Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская области

*Поволж1* — Республика Татарстан, Самарская и Ульяновская области

*Поволж2* — Волгоградская, Пензенская и Саратовская области

*Поволж3* — Астраханская область и Республика Калмыкия

*СевКав1* — Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская республика, Карачаево-Черкесская республика, Республика Северная Осетия

*СевКав2* — Республика Адыгея, Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область

*Урал1* — Свердловская и Пермская области, Коми-Пермяцкий АО, Удмуртская республика

*Урал2* — Республика Башкортостан, Оренбургская, Челябинская области

*ЗапСиб1* — Томская область, Юг Тюменской области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа

*ЗапСиб2* — Республика Алтай, Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская, Омская области

*ВосСиб1* — Красноярский край, Таймырский и Эвенкийский автономные округа, Республика Хакасия, Иркутская область, Усть-Ордынский АО

*ВосСиб2* — Республика Бурятия, Республика Тыва, Читинская область, Агинский Бурятский АО

*ДалВос1* — Камчатская и Магаданская области, Карякский и Чукотский автономные округа

*ДалВос2* — Республика Якутия (Саха)

*ДалВос3* — остальные регионы Дальнего Востока.

Отдельный субрегион образует Калининградская область, *КалГрал*.

На этой сетке была построена 4-уровневая иерархическая структура, каждый элементарный блок которой включал 2–3 региона на нижнем уровне и один, их объединяющий макрорегион, следующего уровня. На первом уровне выделены три макрзоны: центр европейской части РФ (Центр), представленный макрорегионами Центр1, Центр2, Центр3; остальная часть европейской зоны РФ (ОстЕвр), включая уральские макрорегионы, восточная зона РФ (Восток), содержащая макрорегионы Западной Сибири, Восточной Сибири и Дальнего Востока. На следующем уровне в макрзоне ОстЕвр выделены три макрорегиона — Евр1 (*Поволж1*, *Поволж2*, *Поволж3*), Евр2 (Евр21, макрорегионы Урала и Северного Кавказа), Евр3 (*Север1*, *Север2*, *СевЗап1*, *СевЗап2*, *ВолВят1*, *ВолВят2*). Нижний уровень представлен 2–3-звеньевыми связями субрегионов исходной 25-региональной структуры. Субрегион Евр21 объединил несколько искусственно *ЦенЧер1* и Калининградскую область, *КалГрал*, (рис. 12.3)<sup>1</sup>.

Всего в 25-региональной системе, иерархически объединяемой в 2–3-региональные звенья, выделяется 16 элементарных структур. По каждой из них проводились расчеты локальных структурных коэффициентов, которые затем пересчитывались в единую шкалу относительных весов регионов в сводном показателе.

<sup>1</sup> Понятно, что по этой же схеме может быть выделен и 5-й уровень иерархии, детализирующий 25-региональную структуру до уровня субъектов РФ. Расчеты в разрезе выделенной 25-региональной сетки изложены в [20, с. 48–58]. В более поздних работах в связи с переходом к системе федеральных округов состав 25-региональной структуры претерпел некоторые изменения, непринципиальные для формализованного анализа (см. например, [22, с. 153]).

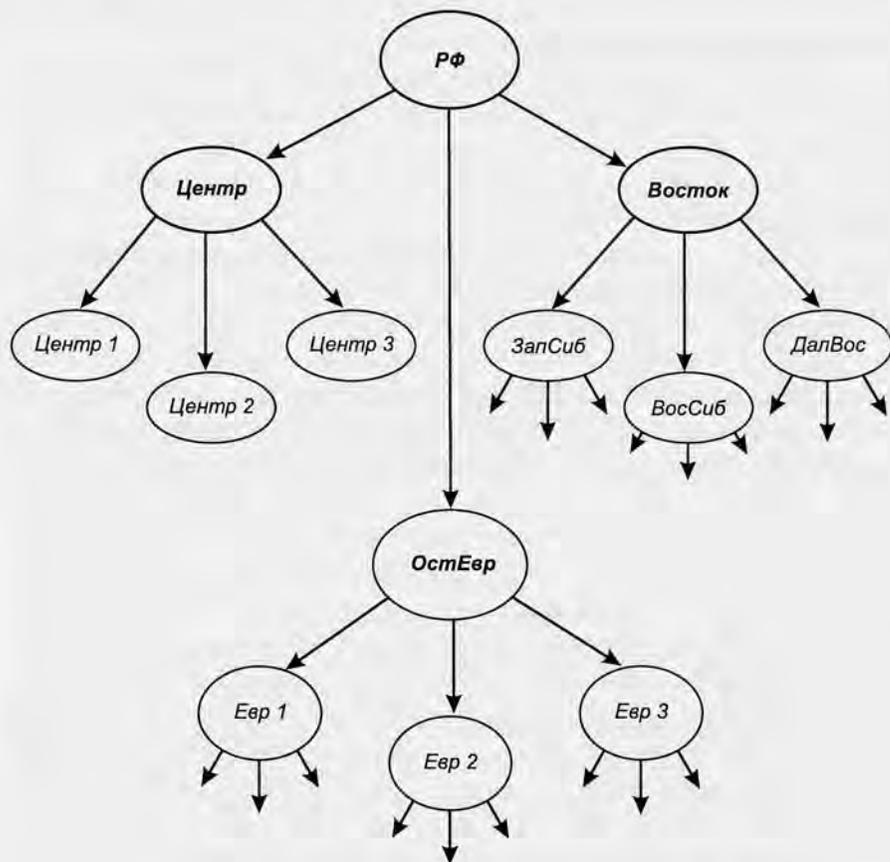


Рис. 12.3. Фрагмент территориальной иерархии РФ

Ниже приведены некоторые результаты проверки предлагаемого подхода. В табл. 12.1 представлены итоги последовательной детализации (по уровням территориальной иерархии) прогнозного значения оцениваемого параметра (ВРП), известного для РФ в целом (первое число столбца 6). Считаются заданными также данные по регионам в периоды, предшествующие прогнозному (столбцы 3–5). Очевидно, что собственно входными являются показатели нижнего (4-го) уровня иерархии. Для всех вышестоящих уровней они соответствующим образом агрегируются.

Таблица 12.1

Прогнозы по структурным моделям (первые три уровня иерархии)

Уровни иерархии	Регион	База измерений			Прогноз
		Период 1	Период 2	Период 3	
1	2	3	4	5	6
Уровень 1	<b>РФ</b>	<b>207103,3</b>	<b>207794,6</b>	<b>208918,8</b>	<b>210066,5</b>
	Центр	74357,4	74632,9	75059,6	75490,5
	ОстЕвр	76661,2	76710,2	76925,2	77154,4
	Восток	56084,7	56451,5	56934,0	57421,6
Уровень 2	<b>ОстЕвр</b>	<b>76661,2</b>	<b>76710,2</b>	<b>76925,2</b>	<b>77154,4</b>
	Евр1	23820,4	23837,1	23902,8	23946,8
	Евр2	37046,1	37057,7	37144,5	37188,3
	Евр3	15794,8	15815,5	15878,0	16019,3
	<b>Восток</b>	<b>56084,7</b>	<b>56451,5</b>	<b>56934,0</b>	<b>57421,6</b>
	ЗапСиб	39610,2	39994,8	40494,6	41061,3
	ВосСиб	8447,7	8432,7	8410,5	8341,7
	ДалВос	8026,9	8024,0	8029,0	8018,5
Уровень 3	<b>Евр1</b>	<b>23820,4</b>	<b>23837,1</b>	<b>23902,8</b>	<b>23946,8</b>
	Север	5558,4	5570,7	5598,2	5627,4
	СевЗап	10148,7	10138,3	10137,7	10108,8
	ВолВят	8113,3	8128,2	8166,8	8210,5
	<b>Евр2</b>	<b>37046,1</b>	<b>37057,7</b>	<b>37144,5</b>	<b>37188,3</b>
	Евр21	5586,7	5590,1	5600,9	5597,9
	Урал	22336,8	22352,2	22428,0	22505,8
	СевКав	9122,6	9115,4	9115,6	9084,7

В табл. 12.2 приведен пример прогноза структурных параметров для верхнего иерархического уровня. Исходные данные для него переведены в весовые коэффициенты. По ним рассчитаны элементы матрицы структурных переходов, на основании которой получена прогнозная территориальная структура оцениваемого параметра по трем выделенным макрорегионам и сами прогнозные его значения. Затем эти операции повторяются на следующем уровне расчетов. За конечное число однотипных шагов (в нашем случае 16) процесс детализации макропараметра доводится до уровня каждого из 25 субрегионов.

Таблица 12.2

Пример матрицы эволюции структур сценарного параметра (уровень 1)

Регион	Структуры			Прогноз-ная струк-тура	Матрица переходов		
	Период 1	Период 2	Период 3		Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3
Центр	0,359	0,359	0,359	0,359	0,979	0,020	0,001
ОстЕвр	0,370	0,369	0,368	0,367	0,022	0,971	0,008
Восток	0,271	0,272	0,273	0,274	0,000	0,009	0,991

Описанную схему расчетов с небольшими модификациями можно применить для территориальной дифференциации сводных прогнозных ценностных параметров (цен, сводных индексов, индексов-дефляторов)<sup>1</sup>.

Пусть  $X_s$  и  $X$  — региональный и национальный показатели в постоянных ценах;  $I_s, I$  — индексы роста цен (дефляторов).

Основное условие задается стандартным соотношением сводного и региональных ценностных индексов

$$I = \sum (I_s \cdot X_s) / X.$$

Из него нетрудно получить (делением на  $I$ ) структурные коэффициенты показателя в текущих ценах (региональных долей в национальном показателе)

$$S_s = (I_s \cdot X_s) / (I \cdot X).$$

Применяя к ним процедуры предыдущего пункта можно получить ряд прогнозных структурных коэффициентов  $S_{0s}$ , а зная прогнозные значения национальных показателей  $I_0$  и  $X_0$ , рассчитать региональные ценностные индексы

$$I_{0s} = I_0 \cdot S_{0s} \cdot X_0 / X_{0s}.$$

При этом используемые в качестве базы расчета региональных индексов показатели  $X_{0s}$ , в зависимости от схемы расчетов, могут быть заданы либо последним годом ретропериода, либо спрогнозированы по схеме предыдущего пункта.

<sup>1</sup> В последних редакциях Методических рекомендаций, направляемых Министерством экономического развития и торговли РФ в субъекты РФ для подготовки среднесрочных прогнозов, убраны разделы, содержащие уточненные для регионов основные ценовые индексы (потребительские цены, индексы цен промышленности и др.). Основанием к этому послужили наблюдавшиеся в последние годы малые отклонения таких индексов по федеральным округам от среднероссийских (в пределах 15%), что, по мнению авторов рекомендаций, заметно ниже точности проводимых прогнозов цен.

В табл. 12.3 представлена вторая схема одновременного прогноза и региональных индексов и базы их определения.

Таблица 12.3

Оценки сводных индексов по структурной модели

Регион	База сводных индексов			Прогноз	
	Период 1	Период 2	Период 3	базы	индексов
<b>Россия</b>	<b>207103,3</b>	<b>207794,6</b>	<b>208918,8</b>	<b>210066,5</b>	<b>1,040</b>
Север1	1292,0	1294,0	1298,1	1302,6	1,106
Север2	4266,4	4276,7	4300,1	4324,8	1,056
СевЗап1	9286,3	9276,4	9275,7	9249,1	1,046
СевЗап2	862,4	861,9	862,0	859,7	1,036
Центр1	5234,7	5233,3	5236,4	5233,6	1,025
Центр2	63824,4	64118,6	64554,8	65007,3	1,015
Центр3	5298,3	5281,0	5268,3	5249,6	1,005
ВолВят1	5458,6	5469,2	5497,9	5529,9	1,016
ВолВят2	2654,7	2659,0	2668,9	2680,6	1,026
ЦенЧер1	4990,6	4992,3	4999,8	4995,0	1,036
Поволж1	9757,6	9772,4	9816,3	9917,8	1,044
Поволж2	5140,5	5145,6	5161,6	5196,0	1,054
Поволж3	896,6	897,5	900,1	905,5	1,064
СевКав1	1219,1	1224,6	1231,4	1233,8	1,076
СевКав2	7903,5	7890,8	7884,3	7850,8	1,086
Урал1	11538,3	11551,1	11592,4	11634,8	1,096
Урал2	10798,5	10801,0	10835,5	10871,0	1,107
ЗапСиб1	28843,0	29209,9	29661,5	30165,2	1,005
ЗапСиб2	10767,2	10784,9	10833,1	10896,1	1,096
ВосСиб1	7275,5	7262,0	7239,5	7177,2	1,086
ВосСиб2	1172,1	1170,7	1170,9	1164,6	1,076
ДалВос1	885,2	883,9	883,3	881,3	1,560
ДалВос2	1350,2	1348,5	1349,2	1345,7	1,046
ДалВос3	5791,5	5791,6	5796,4	5791,5	1,036
КалГрал	596,1	597,7	601,0	602,8	1,036

### 12.2. Оптимизация народнохозяйственных сценарных условий с учетом региональных особенностей

Общая схема влияния сценарных условий верхнего уровня на обобщающие показатели развития многорегиональной системы может быть выражена следующей «формулой»: «сценарные условия национального уровня—экономики регионов—обобщающие индикаторы—межрегиональные сравнения—общие итоги по России» (традиционные подходы ограничиваются связкой крайних составляющих этой формулы или ее частным случаем для отдельного региона).

Следующий шаг состоит в том, чтобы осуществить естественное «замыкание» данной формулы, достроив ее заключительным этапом:

«...—межрегиональные сравнения—общие итоги по РФ—оценка эффективности решений федерального центра—коррекция управляющих решений—оптимальное сочетание сценарных условий».

Пусть  $U$  — вектор значений управляющих параметров верхнего уровня, отражающих сценарные условия народнохозяйственных прогнозов);

$s$  — индекс региона;

$I(U)$  — малая окрестность заданных параметров  $U$ ;

$R_s(U)$  — вектор индикаторов регионального развития;

$C_s(U)$  — желаемые уровни значений выбранных индикаторов;

$D_s(U)$  — отклонение фактических значений региональных индикаторов от желаемого уровня;

$B_s(U)$  — региональный критерий локальной оптимизации вектора региональных индикаторов в окрестности федеральных управляющих установок;

$F(U)$  — федеральный критерий качества управления  $U$ ;

$N$  — число регионов.

Показатели  $D_s(U)$  и  $B_s(U)$  могут быть определены следующим образом

$$D_s(U) = \dim\{R_s(U), C_s(U)\}^1$$

$$B_s(U) = \min\{D_s(U_s) : U_s \in I(U)\}.$$

**Варианты общей схемы.** Возможны следующие варианты схемы оценки влияния сценарных условий верхнего уровня на региональное развитие:

<sup>1</sup> Оператор  $\dim$  задается евклидовой метрикой в пространстве индикаторов (квадратичным отклонением вектора региональных индикаторов от их желаемого уровня).

А) *Схема без оптимизации  $U$*  — оценка среднего отклонения достигаемых и желаемых значений индикаторов развития регионов при выбранных параметрах вектора сценарных параметров  $U$ .

$$F(U) = \text{middle}\{D_s(U), s = 1, \dots, N\},$$

здесь символом  $\text{middle}$  обозначен оператор усреднения его аргументов.

Б) *Схема с частичной оптимизацией  $U$*  — минимизация среднего отклонения достигнутых и желаемых уровней региональных индикаторов в пределах малой окрестности федеральных регуляторов  $U$ .

$$F(U) = \text{middle}\{B_s(U), s = 1, \dots, N\}$$

В) *Схема с полной оптимизацией  $U$*

$$F(U) \rightarrow \min$$

$$U \in U.$$

Возможные варианты схем А, Б, В определяются вариантами задания  $C_s(U)$ ,  $I_s(U)$  и процедур расчета индикаторов  $R_s(U)$ .

**Варианты целевых установок.** Возможны 4 варианта определения желаемых уровней региональных индикаторов:

1.  $C_s(U) = V = \text{const}(s, U)$  — *неадаптивный единый уровень целевых установок.* Примером может служить ориентация на внешние стандарты (средний по развитым странам уровень душевого ВРП, заработной платы и т.д).

2.  $C_s(U) = V(U) = \text{const}(s)$  — *адаптивный единый по регионам уровень целевых установок.* Примером может служить среднее значение расчетных индикаторов,  $C_s(U) = \text{middle}(U_s(U), s = 1, \dots, N)$ .

3.  $C_s(U) = V_s = \text{const}(U)$  — *неадаптивная дифференциация желаемых уровней региональных индикаторов.* Близким примером могут служить предлагаемые Правительством РФ к разработке системы минимальных социальных стандартов и нормативов бюджетной обеспеченности.

4.  $C_s(U) = V_s(U)$  — *адаптивная дифференциация желаемых уровней региональных индикаторов.* Примером могут служить среднерегиональные значения индикаторов, включающие условия на неухудшение сложившихся и расчетных уровней.

**Возможные варианты определения региональных вариаций вектора федеральных параметров  $U$ .** Наиболее естественным и простым способом выделения локальной окрестности  $U$  является задание многомерного интервала

$$I_s(U) = \{U_s : U - D1_s \leq U_s \leq U + D2_s\}.$$

Возможны 4 случая определения пределов вариации федеральных параметров:

1. *Вырожденный интервал*

$$D1_s = D2_s = 0.$$

2. *Симметричный общий для всех регионов интервал*

$$D1_s = D2_s = D = \text{const}(s).$$

3. *Симметричный дифференцированный интервал*

$$D1_s = D2_s = D_s.$$

4. *Несимметричный дифференцированный интервал  $I_s(U)$  с параметрами*

$$D1_s \leq U \leq D2_s.$$

**Пример модели частичной и полной оптимизации параметров государственной политики.** Всевозможные сочетания вариантов задания  $C_s(U)$  и  $I_s(U)$  порождают для каждого региона 16 типов моделей частичной и полной оптимизации параметров государственной политики для каждого выбранного способа описания связи региональных индикаторов  $R_s$  и федеральных регуляторов —  $U \in U$ . Общее же число всевозможных сочетаний таких моделей по полной совокупности регионов невообразимо велико и равно  $16^N$ . Поэтому необходимы специальные приемы настройки параметров модельного комплекса. Можно, например, вначале искать решение (наилучшее сочетание государственных регуляторов) в поле общих установок, которые затем уточнять для ограниченного числа регионов). Примером такого базового модуля может служить модель для случая симметричного общего интервала и адаптивного общего уровня желаемых значений региональных индикаторов

*Частичная оптимизация:*

$$\begin{aligned} I_s(U) &= \{U_s: U - D \leq U_s \leq U + D\} \\ B_s(U) &= \min \{ \text{dim}(R_s(U_s)) - \text{middle} \{ R_s(U_s), s = 1, \dots, N \} \} \\ F(U) &= \text{middle} \{ B_s(U), s = 1, \dots, N \}. \end{aligned} \quad (12.1)$$

*Полная оптимизация:*

*Условия (12.1)*

$$\begin{aligned} U &\in U \\ F(U) &\rightarrow \min. \end{aligned} \quad (12.2)$$

**Формирование множества возможных управляющих параметров  $U$ .** Возможно несколько методов построения множества вариантов управляющих параметров: дискретные методы планирования эксперимента (двух-трехуровневого); схемы случайного эксперимента, в котором конкретное значение каждого экзогенного фактора принимается случайной величиной, равномерно распределенной в заранее выбранном интервале; методы выборочной вариации сценарных параметров, близкие схемам покоординатного спуска и т.д. В прикладных исследованиях реальные изменения каких-то параметров управления мотивируются обычно содержательными соображениями и проблемной ситуацией в «зоне действия» таких параметров.

Общая последовательность действий может быть таковой:

*Шаг 1:* по известному вектору управляющих параметров предыдущего периода  $U(t-1)$  в его окрестности одним из методов генерируется представительное множество значений управляющих параметров для очередного периода.

*Шаг 2:* для каждого сочетания параметров с использованием структурных моделей осуществляется их привязка к региональному уровню,  $U_s(t)$ , вычисляются значения региональных индикаторов,  $R_s(t)$ , желаемые уровни их значений,  $C_s(t)$ , отклонение расчетных и желаемых уровней региональных индикаторов,  $B_s(t)$ , среднее по всей многорегиональной системе отклонение расчетных и желаемых уровней региональных индикаторов,  $F(U(t))$ :

$$U(t) \rightarrow \{U_s(t)\} \rightarrow \{R_s(t)\} \rightarrow \{C_s(t)\} \rightarrow \{B_s(t)\} \rightarrow F(U(t)).$$

*Шаг 3:* выбор варианта управляющих параметров для текущего года расчетов с минимальными расхождениям желаемых и расчетных значений региональных индикаторов

$$U_0(t) = \arg \{ \min \{ F(U(t)) \} \}.$$

*Шаг 4:* считая выбранный вектор управляющих параметров начальным для следующего года расчетов, возвращение к шагу 1.

В других возможных схемах сначала генерируется множество вариантов финальных значений управляющих параметров, движение к каждому из которых из начального состояния осуществляется через тот или иной метод определения их промежуточной динамики.

**Операциональное определение желаемых уровней индикаторов регионального развития.** Возможны два подхода.

*Единые установки.* Эндогенный подход к определению желаемых уровней региональных индикаторов основан на двухэтапной процедуре. На первом шаге по выбранному вектору федеральных управляющих параметров  $U_0(t)$  рассчитываются региональные индикаторы. На втором — усреднением по системе в целом определяются целевые ориентиры их желаемого изменения.

$$C_s(U_0(t)) = \text{midle} \{R_s(U_0(t)), s = 1, \dots, N\}.$$

Данная схема достаточно проста и в отдельных случаях достаточно популярна, но в системном плане она не лишена недостатков. При любой системе выбранных индикаторов существуют регионы, для которых такой подход неприемлем. Это группы крайних регионов. Для самых «плохих» их подтягивание до среднего уровня, как правило, нереалистичная задача. Аналогично, группа самых благополучных регионов при ориентации на средний уровень лишается стимулов к полному использованию своего потенциала. Наконец, сам средний уровень может быть фактически нереализуем ни в одном из регионов и тем самым лишен в этом смысле основы объективного ориентира. К тому же в таком подходе не гарантировано, что средний уровень расчетных показателей не упадет по сравнению со средними значениями выбранных индикаторов стартового года расчетного периода.

*Дифференцированный подход.* В другом подходе, дифференцированно учитывающем региональные особенности, часть отмеченных недостатков нивелируется

$$C_s(U_0(t)) = \max(R_s(U(t-1)), R_s(U_0(t)), \text{midle} \{R_s(U_0(t)), s = 1, \dots, N\}).$$

В этом выражении обеспечивается неухудшение для каждого региона своего абсолютного положения; подтягивание отстающих регионов к среднему уровню; для относительно лучших регионов обеспечивается ориентация на собственный темп развития, гарантируется также рост в среднем. Вместе с тем, данный способ задания целевых установок еще не стимулирует уменьшения различий желаемых уровней региональных индикаторов, хотя и повышает вероятность их снижения, по крайней мере, для ситуаций, когда территориальная структура индикаторов  $R_s(U(t))$  несильно отличается от стартовых значений<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> В [25, с. 456–457] определение желаемых уровней регионального развития подчинено требованию снижения региональных различий, характеристиками которых являются сводные индексы (рейтинги) регионов, построенные на векторах региональных индикаторов. Еще один подход основан на адаптивной структуризации пространства региональных индикаторов, позволяющей выделять упорядоченные кластеры регионов, и на этой основе определять желаемые состояния [20, с. 63–73; 26].

### 12.3. Комплекс региональных макромоделей для оценки направлений и приоритетов региональной социально-экономической политики

Принципы согласования решений в теоретических двухуровневых системах «национальная экономика—регионы», основанные на процедурах «верх-низ», получили развитие в разработках комплекса макроэкономических региональных моделей, предназначенного для оценки направлений и приоритетов региональной социально-экономической политики<sup>1</sup>.

Общая структура комплекса приведена на рис. 12.4. Прогнозно-аналитические задачи, решаемые на основе модельно-методического инструментария, структурированы по уровням территориальной системы: страна, федеральные округа и макрорегионы, субъекты РФ.

**База данных** (блок 1 на рис. 12.4) содержит 3 специализированных массива показателей. В *массиве 1* представлена информация для подготовки исходных данных к прогнозным расчетам по всем регионам страны. Основные трудности в организации такой базы методического и информационного характера. В силу того, что региональные модели носят комплексный характер, входные массивы включают данные разных ведомств-держателей соответствующей статистики: общезкономической — Федерального агентства по статистике РФ и его региональных структур; налоговой — соответствующих налоговых служб; бюджетной и финансовой — Министерства финансов, Центробанка и Федерального казначейства РФ.

*Массив 2* включает данные статсборников «Регионы России», описывающие «годовые портреты» регионов примерно по 110 позициям, объединенным в 14 групп показателей. Используется для сравнительной оценки субъектов РФ, мониторинга социально-экономического положения регионов, выявления основных тенденций в их развитии.

*Массив 3* содержит данные оперативной статистики по перечню Федерального агентства по статистике РФ в годовом и полугодовом разрезах. Он используется для анализа текущего состояния регионов, предварительных итогов года и оценки недостающих показателей для стартового года прогнозных расчетов.

<sup>1</sup> Этот комплекс составляет еще одну специализированную версию модельного комплекса проекта СИРЕНА. Структура исходной версии, ее развитие и примеры использования подробно описаны в работах [20, 22, 23].

В блоках **сценарных установок (2 и 3)** формализуется процесс формирования экзогенных параметров различных сценариев социально-экономического развития регионов и их взаимодействия с федеральным центром. Процесс обоснования сценарных параметров разделен на два этапа. На первом этапе (блок 2 сценарных условий) на качественном уровне определяются общая направленность разрабатываемого сценария развития и, там, где возможно, количественные оценки макроэкономических установок для страны в целом (определяемые, например, правительственными программами социально-экономического развития на среднесрочную перспективу или на долгосрочный период). На 2-м этапе (в блоке 3) с использованием специальных процедур эти



Рис. 12.4. Структура комплекса региональных макромоделей

установки и оценки переводятся (может быть, вариантно) в сценарные параметры прогнозных моделей.

Конкретная схема действий по подготовке сценарных параметров выглядит следующим образом. Также как для входных и прогнозных показателей, для сценарных параметров существует своя территориальная иерархия (страна в целом—макрорегион—субъект РФ). Основные отличия — в обратной последовательности логических взаимосвязей. По известным значениям управляющих параметров в базисном году и исходя из общей направленности конкретного варианта расчетов, пользователем задается система экзогенных параметров на конец расчетного периода на федеральном уровне.

В расчетах по модели верхнего уровня уточняется промежуточная динамика этих параметров. Для их детализации на уровне федеральных округов используется описанная выше схема на основе построения структурных моделей. Такие же приемы используются и на региональном уровне для отражения внутрирайонных различий. Структурные модели позволяют эндогенизировать определение сценарных параметров каждого следующего уровня. Кроме того, в этом блоке производится развертка экзогенных параметров во времени по годам расчетного периода.

**Блок 4 — процедуры подготовки входных данных и оценки вариантов развития регионов РФ.** Включенные в этот блок методики и процедуры составляют основу программно-методической среды, которая обеспечивает функционирование в едином режиме и заданной последовательности действий всех составных частей предлагаемого комплекса региональных моделей. Одни из них носят частный характер, решая технические задачи сопряжения отдельных блоков, другие формализуют этапы общей методики и реализуют конкретные содержательные задачи общего процесса системных прогнозов регионально-го развития и их анализа:

1. *Процедуры построения матриц эволюции структурных параметров* (предназначены для краткосрочных прогнозов структурных и объемных параметров региональных моделей, досчета недостающих входных данных, моделирования замыкающих итогов основных балансовых соотношений, моделирования территориальных и отраслевых сдвигов в развитии страны, согласованных со сводными прогнозами и др.).

2. *Процедуры организации сценарных расчетов* (детализации сценарных макроэкономических установок, развертки во времени сценарных параметров, процедуры для оценки согласованности прогнозов на региональном, районном и сводном уровнях).

3. *Процедуры построения сопоставимых ретро и прогнозных массивов региональных индикаторов, сводных региональных индексов для корректных межрегиональных сравнений* (процедуры расчета индексов региональных удорожаний, рейтинговых оценок и индексов объективных различий регионов; процедуры адаптивной структуризации пространства региональных индикаторов и основанные на них аналитические схемы межрегиональных сопоставлений).

4. *Процедуры (методики) построения и оценки целевых сценариев* (комплексная методика расчетов общих, текущих и инвестиционных трансфертов [20, с. 133–164]; методика комплексной оценки влияния государственной социально-экономической политики на региональное развитие [22, с. 89–151]; методика комплексной оценки пространственных трансформаций экономики России [25] и др.).

**Блок 5. Прогнозно-аналитические модули.** Рабочая версия модельно-методического комплекса СИРЕНА-2 содержит 9 расчетных модулей, построенных единообразно — два для уровня страны (в разрезе федеральных округов и 25-региональной сетки) и семь для каждого федерального округа, рассматриваемых в разрезе входящих в него регионов. Структурно в каждый модуль входят 5 подсистем:

- подсистема годового мониторинга социально-экономического положения регионов;
- подсистема регионального мониторинга по данным оперативной статистики Федерального агентства по статистике РФ;
- модельно-методические комплексы для краткосрочных прогнозов социально-экономического развития регионов РФ;
- модельно-методические комплексы для среднесрочных прогнозов социально-экономического развития регионов РФ;
- модельно-методические комплексы для долгосрочных прогнозов социально-экономического развития регионов РФ.

Ядром всех прогнозных модулей является динамическая макроэкономическая модель региона, представляющая собой имитационную систему рекуррентного типа мягкой балансировки параметров регионального развития: балансы выполняются с точностью до оцениваемых моделью их невязок: численности безработных (для баланса трудовых ресурсов), величины денежной эмиссии или превышения доходов над расходами (для балансов денежных доходов и расходов населения), дефицита (профицита) регионального бюджета, сальдо финансовых потоков между регионом и федеральным уровнем, величины заемных

средств (для баланса потребностей в инвестициях и их предложения) и т.д. Математические формулировки модели приведены в [22, с. 191–202] (варианты модели описаны в [20, с. 14–33]).

Прогнозных показателей такой модели достаточно, чтобы рассчитать основные индикаторы регионального развития: ВРП на одного жителя или занятого в экономике и темпы его роста, изменение занятости, фондоотдачу и производительность труда, налоговую нагрузку, доходы федерального и регионального бюджетов, удельные инвестиции и др.

Таким образом, при проведении расчетов средствами описанного модельного комплекса имеется три группы условий, способствующих получению согласованных вариантов развития многоуровневой территориальной системы:

1. Единство входной информации для моделей разных уровней.
2. Согласованные режимы формирования сценарных параметров.
3. Наличие на каждом уровне однотипных моделей, облегчающих согласование решений разных уровней и корректировки задающих условий.

\* \* \*

Развитие экономико-математических исследований двухуровневых систем «национальная экономика—регионы» с односторонними взаимосвязями в теоретическом отношении может быть интересным, по крайней мере, в двух направлениях. Первое из них является прямым логическим продолжением обсуждаемых в главе задач и связано с поиском оптимального разбиения системы показателей, описывающей развитие многорегиональной системы, на две подсистемы — экзогенных параметров и эндогенных переменных. Вариация состава экзогенных (сценарных) параметров может интерпретироваться в терминах альтернативных функциональных структур управления экономикой, а его оптимизация — как поиск наилучшего управления.

Другое направление также основано на сложившихся различиях в понимании, трактовке и определении сценарных параметров и эндогенных переменных в модельных расчетах. Очень часто границу между ними проводят по методам их определения. Эндогенным переменным более близки количественные методы их определения. При задании сценарных параметров часто используются экспертные методики, качественные оценки и т.п. При правильной организации качественные прогнозы в области своей компетенции могут быть достаточно надежными и составлять опору количественным прогнозам (например, специалистам

понятно, что в обозримой перспективе вряд ли удастся существенно снизить дифференциацию уровней развития регионов РФ).

Представляется, что многоуровневые системы (в частности двухуровневые многорегиональные) с односторонними взаимосвязями между уровнями, методы их моделирования и поиска согласованных решений являются удобным полигоном, обладающим определенной массой заделанных исследований, для развития методов прогнозирования на основе синтеза количественных и качественных прогнозов.

### **Основные публикации авторского коллектива по проблемам части III**

1. Гранберг А.Г. Многоотраслевые модели комплексного размещения производительных сил в народном хозяйстве // Оптимальное территориально-производственное планирование / Под ред. А.Г. Аганбегяна и Д.М. Казакевича. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1969. С. 81–120.
2. Гранберг А.Г., Чернышов А.А. Задача оптимального территориального планирования «Запад-Восток» // Изв. СО АН СССР. Серия общ. наук. 1970. № 6, вып. 2. С. 75–87.
3. Аганбегян А.Г., Багриновский К.А., Гранберг А. Г. Система моделей народнохозяйственного планирования. М.: Мысль, 1972.
4. Гранберг А.Г. Оптимизация территориальных пропорций народного хозяйства. М.: Экономика, 1973.
5. Территориальные народнохозяйственные модели // Сб. науч. тр. / Отв. ред. А.Г. Гранберг. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1976. 219 с.
6. Сибирь в едином народнохозяйственном комплексе. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1980.
7. Моделирование социально-экономического развития территориальных систем / Под ред. А.Г. Гранберга, Г.М. Мкртчяна. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1983. 288 с.
8. Гранберг А.Г., Рубинштейн А.Г., Селиверстов В.Е., Суслов В.И., Чернышов А.А. Модели согласования решений в системе «народное хозяйство — регионы» // Моделирование социально-экономического развития территориальных систем (опыт исследований в социалистических странах) / Под ред. А.Г. Гранберга, Г.М. Мкртчяна. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1983. С. 6–68.
9. Экономика Сибири в разрезе широтных зон / Отв. ред. А.Г. Гранберг. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1985.
10. Гранберг А.Г., Селиверстов В.Е., Суслов В.И., Суспицын С.А. Развитие комплекса моделей согласования народнохозяйственных и региональных плановых решений (Проект СИРЕНА) // Материалы конф. «Проблемы долгосрочного и среднесрочного прогнозирования и планирования народного хозяйства». Ереван, 27–29 мая 1986 г. Новосибирск: ИЭОПП, 1986.

11. Гранберг А.Г. Специализированные модельные комплексы народного хозяйства // Экономика и мат. методы. 1987. Т. XXIII, вып. 6.
12. Суспицын С.А. Согласование народнохозяйственных и региональных решений в проекте СИРЕНА // Экономика и мат. методы. 1987. Т. XXIII, вып. 6. С. 1050–1059.
13. Суспицын С.А. Опыт построения и использования специализированных комплексов моделей планирования народного хозяйства // Моделирование сложных экономических процессов: Сб. докл. Междунар. симпозиума. Прага, 1988. Ч. 1. С. 227–245.
14. Гранберг А.Г., Суспицын С.А. Введение в системное моделирование народного хозяйства. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1988. 303 с.
15. Оптимизационные межрегиональные межотраслевые модели / Отв. ред. А.Г. Гранберг. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1989. 257 с.
16. Granberg A.G., Seliverstov V.E., Suslov V.I., Rubinshtein A.G. The SYRENA (Synthesis of Regional and National Models) Model Complex // Advances in Input-Output Analysis. Technology, Planning, and Development. New York: Oxford, 1991. P. 161–173.
17. Проект СИРЕНА: методология и инструментарий. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1991. 255 с.
18. Гранберг А.Г., Зайкин В.С., Селиверстов В.Е. Российская федерация в общесоюзной экономике. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 1991. 287 с.
19. Гранберг А.Г., Суспицын С.А. Принципиальная структура комплекса моделей для прогнозирования финансово-экономического состояния регионов в двухуровневой системе «федеральный центр—регионы—субъекты РФ» // Анализ и моделирование экономических процессов переходного периода в России: Сб. науч. тр. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 1997. Вып. 2. С. 103–117.
20. Суспицын С.А. Моделирование и анализ межуровневых отношений в Российской Федерации. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 1999. 196 с.
21. Суспицын С.А. Методические проблемы прогнозирования приоритетов и последствий государственной региональной политики // РЭЖ. 2000. № 2. С. 57–71.
22. Проект СИРЕНА: влияние государственной политики на региональное развитие. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2002. 359 с.
23. Суспицын С.А. Комплекс моделей для прогнозирования и оценки приоритетов и последствий региональной социально-экономической политики // Методология регионального прогнозирования. Доклады Всероссийской научно-практической конференции. М.: СОПС, 2003. С. 30–42.
24. Суспицын С.А. Барометры общего регионального положения // Проблемы прогнозирования. 2005. № 2. С. 97–110.
25. Suspitsyn S.A. Scenario Analysis of Potential Spatial Transformations of the Russian Economy: Procedural Approach and Empirical Estimates // Studies on Russian Economic Development. 2006. V. 17, No. 4. P. 449–456.
26. Суспицын С.А. Измерения и анализ пороговых значений в региональных кластерах // Регион: экономика и социология. 2007. Вып. 1.