

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ СТРАТЕГИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

© 2015 В.А. Цыбатов*

Ключевые слова: стратегирование регионального развития, модели общего равновесия, оценивание достижимости целевых ориентиров.

Предложено решение проблемы стратегирования регионального развития от математической постановки задачи до информационной технологии в виде системы регионального стратегирования. Основные компоненты системы стратегирования - модель деятельности региона (субъекта РФ), воспроизводящая динамику социально-экономических процессов, и система стратегического управления, формирующая и отрабатывающая управленческие решения на модели региона.

Стратегирование регионального развития объединяет процессы стратегического планирования, прогнозирования и управления. Особую актуальность региональное стратегирование приобретает после принятия Федерального закона РФ "О стратегическом планировании в Российской Федерации"¹. При решении задач стратегирования перед региональными правительствами встают следующие основные проблемы:

1) отсутствие методических и программных средств, позволяющих формировать полностью сбалансированные прогнозы одновременно по всем тематическим направлениям. Необходима система экономико-математических моделей большой размерности, которая с единых позиций воспроизводила бы социально-экономическую деятельность региона в целом. В основе моделей должна лежать концепция "баланса балансов" для обеспечения внутреннего равновесия ресурсов - материальных, энергетических, демографических, трудовых, финансовых и пр. Этот баланс должен формироваться с учетом региональной специфики и интеграции в российскую и мировую экономику. Взаимосвязанная система балансов региона позволит точно определить потребность в ресурсах для обеспечения формируемой стратегии регионального развития, необходимые объемы воспроизводства и привлечения ресурсов извне, а также обеспечит

полную сбалансированность получаемых прогнозных результатов;

2) отсутствие методических и программных средств, позволяющих формировать сбалансированные системы целевых ориентиров и оценивать их достижимость. Задача стратегирования регионального развития, относящая к классу обратных задач сверхбольшой размерности, для своего решения требует инструментария оценки достижимости целевых ориентиров, который бы преодолел "проклятье размерности", позволив за приемлемое время решать обратные задачи для десятков целей, сотен управляющих переменных и глубоких горизонтов прогнозирования.

Автором разработана методология регионального стратегирования, которая совместно с компанией ИБС доведена до информационной технологии. Эта технология прошла успешную апробацию в ряде субъектов Российской Федерации. В настоящей статье представлены методологические основы разработанной технологии. Также использованы результаты научных исследований, проведенных при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (договор № 02.G25.31.0023) в рамках реализации проекта "Разработка технологии выявления кризисных ситуаций и определения путей их разрешения. Создание модели опережающего стратегического управления".

* Цыбатов Владимир Андреевич, доктор экономических наук, профессор Самарского государственного экономического университета. E-mail: vestnik_sgeu@mail.ru.

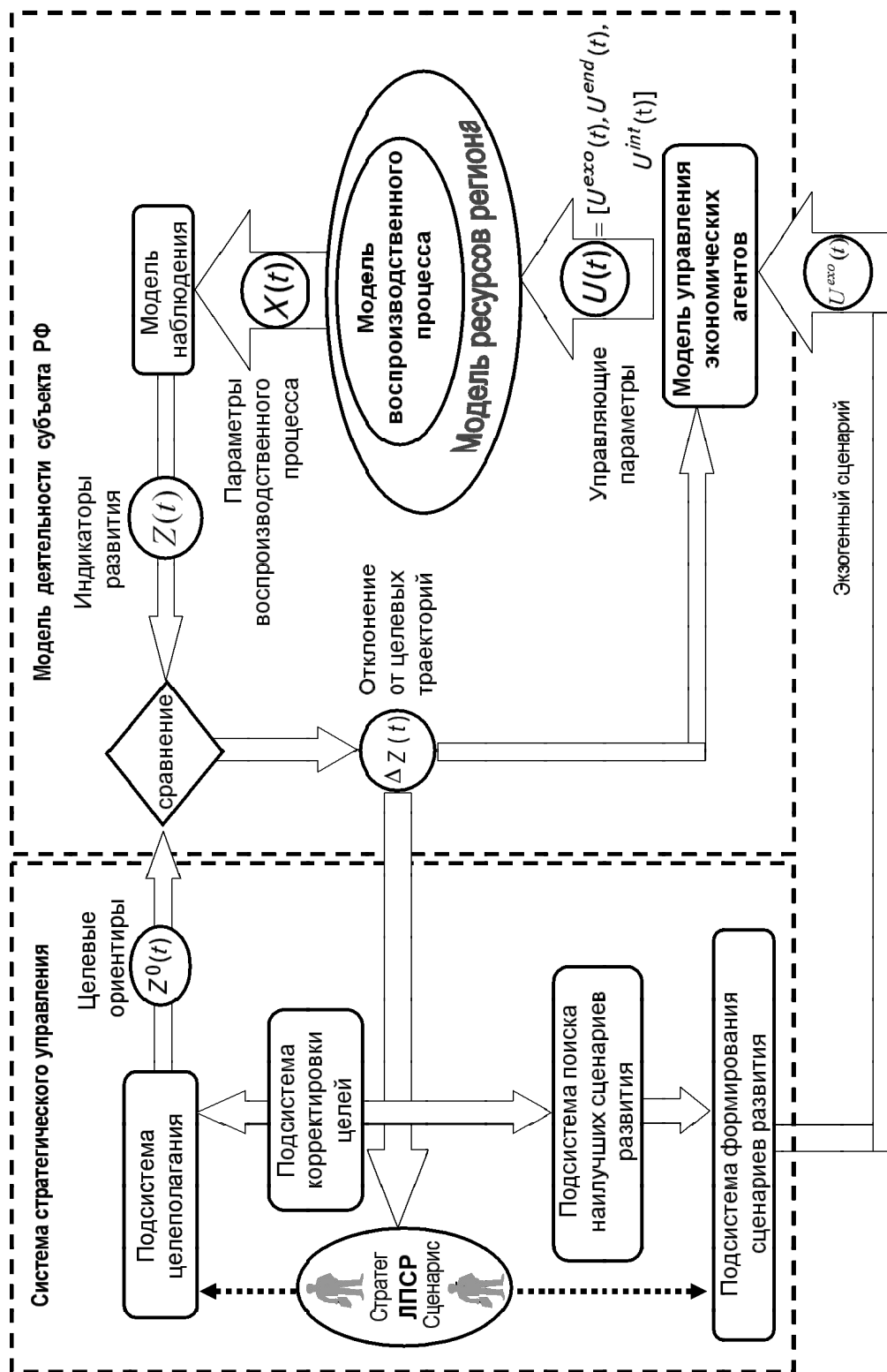


Рис. 1. Концептуальная схема системы регионального стратегирования

1. Концептуальная схема системы стратегирования

На рис. 1 показана концептуальная схема предлагаемой системы регионального стратегирования. Система выполняет функции прогнозирования показателей социально-экономического развития субъекта РФ, стратегического целеполагания и поиска наилучших сценариев развития в контексте заявленных целей.

В состав системы стратегирования входят²:

- ◆ модель деятельности региона (субъекта РФ), воспроизводящая динамику социально-экономических процессов;

- ◆ система стратегического управления, формирующая и отработывающая управленческие решения на модели региона.

Деятельностью системы стратегического управления управляют лица, принимающие стратегические решения (ЛПСР). Это физические лица, усилиями и в интересах которых осуществляются прогнозирование и стратегирование. Роль ЛПСР оказывается решающей, ибо именно их цели, интересы и предпочтения формируют процесс стратегирования. Именно ЛПСР задают целевые ориентиры и сценарные условия, формируют критерии отбора наилучших управленческих решений.

2. Модель социально-экономической деятельности субъекта РФ

Модель деятельности субъекта РФ разработана в классе моделей, рассматривающих развитие экономики как результат деятельности экономических агентов - основных субъектов социально-экономических процессов. Основными прототипами разрабатываемой модели являются вычислимые модели общего равновесия (Computable general equilibrium (CGE) models)³. В 1997 г. академиком В.Л. Макаровым была создана первая в России CGE-модель - RUSEC⁴. Другими близкими российскими аналогами являются модели ЦЭМИ РАН⁵.

При построении модели деятельности субъекта РФ были решены следующие основные задачи:

1) разбиение экономики региона на множество экономических агентов;

2) разработка моделей условных продуктов;

3) формирование моделей внешних связей;

4) обеспечение динамического равновесия на рынках условных продуктов;

5) формирование информационной базы модели на основе общедоступной региональной статистики.

Экономика региона разбита “без остатка” на совокупность экономических агентов по границам разделов и подразделов ОКВЭД $A_1, A_2, B, CA, CB, DA, DB, \dots, DN, E, F, \dots, N, O$ ⁶ с добавлением агента H “Домашние хозяйства”, агента W “Внешнее окружение” и агента X “Невидимая рука рынка”, отвечающего за равновесие спроса и предложения на рынках товаров и факторов производства (всего 33 экономических агента). Экономические агенты, относящиеся к реальному сектору экономики, стремятся выйти на траекторию устойчивого роста, сохранив норму прибыли в приемлемых границах. Они управляют своими ресурсами с учетом собственных планов, состояния производственных факторов и внешней обстановки. Экономические агенты, относящиеся к сектору нерыночных услуг, оказывают преимущественно нерыночные услуги. Вместо платы за оказываемые услуги эти агенты получают трансферты из бюджетов всех уровней и внебюджетных фондов. Экономический агент “Домашние хозяйства” воспроизводит население и трудовые ресурсы. Агент оказывает трудовые услуги, управляет занятостью по видам деятельности и распределением доходов, полученных от своей трудовой деятельности и в виде трансфертов от государства. Экономический агент L “Государственное управление” представляет собой коллективный управляющий центр, состоящий из органов региональной власти и федеральной власти, имеющей интересы в регионе. Этот агент формирует бюджеты всех уровней и оказывает бесплатные коллективные и индивидуальные услуги по государственному управлению, военной безопасности, социальному обеспечению. Агент W “Внешнее окружение” управляет внешним спросом и предложением, вне-

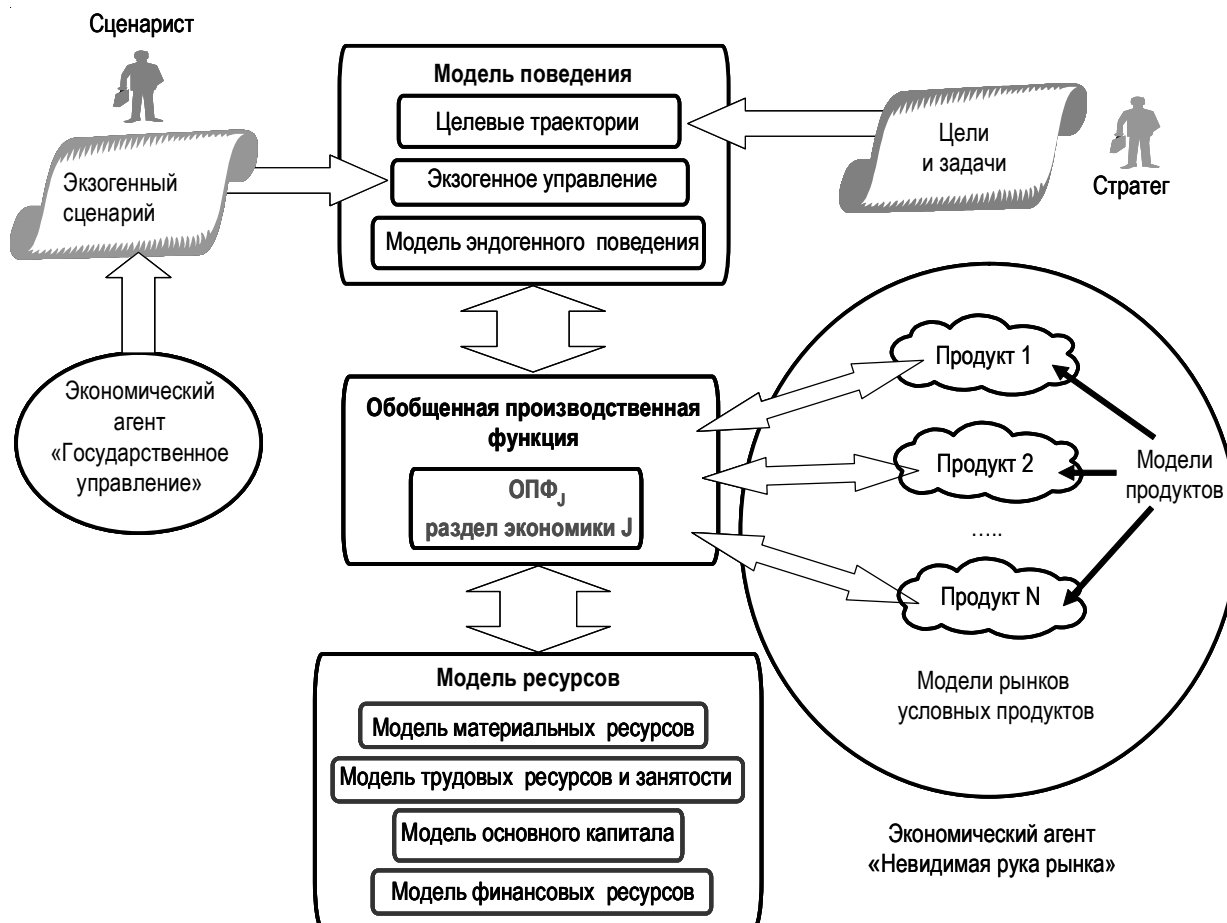


Рис. 2. Модель экономического агента

шними инвестициями и ценами на внешние сырьевые ресурсы.

Модельное описание экономического агента содержит описание его ресурсов - природных, трудовых, капитальных, финансовых, а также производственной функции и поведения в рамках воспроизводственного процесса (рис. 2).

Основой поведения каждого экономического агента J ($J \in D_J$) являются целевые установки (траектории) $Z_J^0(t)$, которые ориентируют его действия в направлении, обеспечивающем достижение поставленных целей (задач). Агент по наблюдаемым траекториям индикаторов $Z_J(t)$ и с учетом их целевых значений $Z_J^0(t)$ формирует допустимые управляющие воздействия на воспроизводственный процесс:

$$U_J(t) = M_{U,J}(Z_J, Z_J^0, R_J, t),$$

$$U_J(t) \subset D_{U,J}(t), t \in [0, T]; \quad (1)$$

$$Z_J(t) = M_{Z,J}(R_J, t). \quad (2)$$

Здесь $M_{U,J}(\cdot)$ - обобщенная модель управления агента J (как правило, это решение оптимизационных задач на функции полезности агента);

$M_{Z,J}(\cdot)$ - модель наблюдения агента J ;

R_J - ресурсы агента J .

В зависимости от уровня самостоятельности принимаемых решений вектор управляющих параметров экономического агента можно разбить на три группы:

$$U_J = [U_J^{exo}, U_J^{end}, U_J^{int}], \quad (3)$$

где U_J^{exo} - вектор экзогенных управляющих параметров агента, поступающих извне (от других агентов или ЛПСР);

U_J^{end} - вектор эндогенных управляющих параметров, являющийся выходом эндогенной модели управления агента

$M_{U,J}^{end}(\cdot)$, в которой по наблюдаемым траекториям индикаторов $Z_J(t)$ и с учетом их целевых значений $Z_J^0(t)$ формируются допустимые управляющие воздействия агента на воспроизводственный процесс:

$$U_J^{end}(t) = M_{U,J}^{end}(Z_J, Z_J^0, R_J, t);$$

U_J^{int} - вектор интергенных управляющих параметров, являющийся выходом коллективной модели управления

$M_U^{int}(\cdot)$:

$$U_J^{int}(t) \subset U^{int}(t);$$

$$U^{int}(t) = M_U^{int}(Z, Z^0, R, t).$$

Интергенные параметры - это параметры коллективного управления, в формировании значений которых принимает участие также экономический агент "Невидимая рука рынка". Ему поручено следить за балансом спроса и предложения на рынках условных продуктов и формировать эти балансы путем корректирующих воздействий на интергенные параметры агентов с учетом заданной степени самостоятельности агента. В наибольшей степени корректируются действия агентов, имеющих низшие степени самостоятельности. Причем, с помощью агента "Невидимая рука рынка" можно задавать разную степень

"рыночности" - от жесткого плана (нулевая самостоятельность агентов, при которой интергенные параметры превращаются в экзогенные), до совершенной конкуренции. В таблице приведены управляющие параметры агентов, относящихся к реальному сектору региональной экономики.

Считается, что экономические агенты производят один или несколько условных продуктов из базового набора, которые продаются внутри региона или вывозятся. При этом приобретаются необходимые продукты как внутри региона, так и за его пределами. В модели используется следующая линейка базовых условных продуктов, сформированная исходя из логики воспроизводственного процесса:

- ◆ промежуточные товары и услуги (продукт m);
- ◆ инвестиционные товары и услуги (продукт k);
- ◆ потребительские товары и услуги (продукт c);
- ◆ государственные услуги (продукт g);
- ◆ трудовые услуги (продукт h).

Для нужд более подробного моделирования экономики базовые условные продукты могут быть декомпозированы на необходимую глубину с учетом сложившихся группировок товаров и услуг. Например, "промежуточные товары и услуги" могут быть разделены на сырье и материалы, топливно-энергетические ресурсы, инфраструктурные услуги, услуги финансового посредничества.

Группа управляющих параметров	Управляющие параметры
Экзогенные	Мировые цены на сырьевые ресурсы; курсы валют; ключевая ставка; цены на товары и услуги естественных монополий; ставки налогов; пропорции распределения налогов между бюджетами; средняя пенсия; средняя бюджетная зарплата; пенсионный возраст
Интергенные	Индексы роста выпуска продуктов; индексы-дефляторы цен на производимые продукты; пропорции производственного потребления; пропорции вывозимой продукции; пропорции ввозимой продукции для промежуточного потребления
Эндогенные	Пропорции распределения денежных средств на потребление и накопление; доля добавленной стоимости (ДС), скрытой от налогообложения; доля оплаты труда в ДС; норма амортизации; норма инвестиций в основной капитал; доля вывезенной ДС

Пользуясь терминологией СНС⁷, будем полагать, что каждый экономический агент (раздел или подраздел региональной экономики) состоит из одного или нескольких объединенных заведений, каждое из которых производит один условный продукт. Использование заведения в качестве единицы классификации позволяет разделить интегрированные предприятия по однородным продуктам. На рис. 3 показано распределение разделов экономики по заведениям, производящим соответствующие условные продукты. Числа показывают доли заведений в валовом выпуске соответствующих разделов (подразделов) экономики.

Продуктовый набор, производимый J -м агентом (разделом или подразделом экономики $J = A1, A2, B, CA, CB, DA, \dots, M, N, O$), обозначим как

$$s_J = [s_{m,J}, s_{k,J}, s_{c,J}, s_{g,J}, s_{h,J}], \quad (4)$$

где $s_{i,J}$ - количество i -го продукта ($i = m, k, c, g, h$), производимого разделом J за год.

При производстве продуктового набора s_J разделом экономики J приобретаются базовые продукты на соответствующих рынках товаров и услуг в количествах

$$x_J = [x_{m,J}, x_{k,J}, x_{c,J}, x_{g,J}, x_{h,J}],$$

$$\text{где } x_J = Q_{T,J} s_J. \quad (5)$$

Здесь $Q_{T,J} = \|q_{i,j}^{(J)}\|$ - технологическая матрица, каждый элемент $q_{i,j}^{(J)}$ которой показывает количество условного продукта i , приобретаемого для изготовления продукта j , входящего в продуктовый набор r_J .

Производственную деятельность агента будем описывать следующей двунаправленной обобщенной производственной функцией (ОПФ):

$$s_J(t) = \min\{s_J^{plan}(t), s_J^{pot}(t), s_J^{dem}(t) + \Delta s_J(t)\}; \quad (6)$$

$$d_J(t) = x_J(t) \otimes P(t). \quad (7)$$

$$d_{J,\Sigma}(t) = s_J^{dem}(t) \otimes P_J(t); \quad (8)$$

$$x_J(t) = Q_{T,J}(t) s_J(t). \quad (9)$$

Здесь (6) - предложение J -го агента на соответствующих рынках в натуральной форме (в условных единицах);

(7) - платежеспособный спрос агента на необходимые промежуточные продукты и производственные факторы;

(8) - денежные средства, поступающие от реализованной продукции;

(9) - покупные факторы производства, поступающие в натуральной форме;

№ п/п	Наименование раздела / подраздела экономической деятельности (экономического агента)	Производимые условные продукты				
		Промежуточные товары и услуги	Инвестиционные товары и услуги	Потребительские товары и услуги	Государственные услуги	Трудовые услуги
		m	k	c	g	h
1	2	3	4	5	6	7
	Раздел А: Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство (экономического агента)					
1	Подраздел А-01: Сельское хозяйство, охота и предоставление услуг в этих областях	60%		40%		
2	Подраздел А-02: Лесное хозяйство и предоставление услуг в этой области	100%				

Рис. 3. Распределение выпуска по заведениям, производящим однородные продукты (начало)

1	2	3	4	5	6	7
3	Раздел В: Рыболовство и рыбоводство	50%		50%		
	Раздел С: Добыча полезных ископаемых					
4	Подраздел СА: Добыча топливно- энергетических полезных ископаемых	100%				
5	Подраздел СВ: Добыча полезных ископаемых, кроме ТЭР	100%				
	Раздел D: Обрабатывающие производства					
6	Подраздел DA: Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака			100%		
18	Подраздел DM: Производство транс- портных средств и оборудования	20%	15%	65%		
19	Подраздел DN:	100%				
20	РАЗДЕЛ E: Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	72%		28%		
21	РАЗДЕЛ F: Строительство		100%			
22	РАЗДЕЛ G: Оптовая и розничная торговля...	57%		43%		
23	Раздел H: Гостиницы и рестораны			100%		
24	РАЗДЕЛ I: Транспорт и связь	68%		32%		
25	Раздел J: Финансовая деятельность	90%		10%		
26	Раздел K: Операции с недви- жимым имуществом, аренда и представ- ление услуг	68%		32%		

Экономический агент "DM"

Заведение DM. m

Заведение DM. k

Заведение DM. c

m

k

c

Рис. 3. Распределение выпуска по заведениям, производящим однородные продукты (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
27	Раздел L: Государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное и социальное обеспечение				100%	
28	Раздел M: Образование			29%	71%	
29	Раздел N: Здравоохранение и предоставление социальных услуг			19%	81%	
30	Раздел O: Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг			100%		
31	СЕКТОР N: Домашние хозяйства					100%

Рис. 3. Распределение выпуска по заведениям, производящим однородные продукты (окончание)

$s_j^{plan} = s_j^{plan}(U_j, t)$ - вектор-столбец планируемого выпуска J -го агента ("что агент хочет"); $U_j(t)$ - управляющие параметры J -го агента (3);

$s_j^{pot}(t) = s_j^{pot}(Q_T, J, R_j, U_j, t)$ - потенциальный выпуск J -го агента, рассчитанный по основным факторам производства и с учетом бюджетных ограничений ("что агент может"); $R_j(t)$ - ресурсы J -го агента;

$x_j(t)$ - вектор-столбец продуктов экономики, необходимых агенту для производственной деятельности;

$s_j^{dem}(t) = s_j^{dem}(U, t)$ - вектор спроса на продукты, производимые J -м агентом, со стороны других экономических агентов, в том числе нерезидентов ("что агент должен"); $U(t)$ - управляющие параметры экономических агентов;

$\Delta s_j(t) = \Delta s_j(U, t)$ - прирост запасов продуктов, производимых J -м агентом;

$d_{j,\Sigma}(t)$ - платежеспособный спрос на продукцию J -го агента;

$d_j = [d_{m,j}, d_{k,j}, d_{c,j}, d_{g,j}, d_{h,j}]^T$ - вектор платежеспособного спроса J -го агента

на продукты, в том числе: спрос на промежуточные товары и услуги ($d_{m,j}$), инвестиционные товары и услуги ($d_{k,j}$), потребительские товары и услуги ($d_{c,j}$), трудовые услуги ($d_{h,j}$), государственные услуги ($d_{g,j}$); верхний индекс "Т" означает транспонирование;

⊗ - знак поэлементного умножения матриц;

$P_j = [p_{m,j}, p_{k,j}, p_{c,j}, p_{g,j}, p_{h,j}]^T$ - цены на производимые продукты, устанавливаемые J -м агентом;

$P = [p_m, p_k, p_c, p_g, p_h]^T$ - вектор средних цен продуктов на рынках.

Потенциальный выпуск агента $s_j^{pot}(Q_j, R_j, U_j, t)$ конструируется как модель потенциальных возможностей, которая описывает изменение границ возможного выпуска соответствующего раздела экономики в зависимости от динамики вектора ресурсов экономического агента - материальных, капитальных, трудовых, финансовых:

$$dR_j(t) / dt = R_j^{in}(R_j, X_j, U_j, t) - R_j^{out}(R_j, X_j, U_j, t). \quad (10)$$

Здесь $R_j^{in}(\cdot)$ и $R_j^{out}(\cdot)$ - функции прироста и выбытия ресурсов экономического агента;

$X_j(t)$ - вектор параметров воспроизводственного процесса (6) - (9).

Архитектура модели субъекта РФ приведена на рис. 4. Модель представлена в виде матрицы частных моделей экономических агентов. Столбцы этой матрицы образуют модели экономических агентов (разделов и подразделов региональной экономики), а строки матрицы являются "регионообразующими" моделями, объединяющими соответствующие ресурсы региона в единое целое. Финансовые ресурсы объединены в единую систему, включающую в себя сводные региональные счета, счета доходов и расходов экономических агентов (разделов и подразделов экономики), сводный финансовый баланс. Для объединения других ресурсов используются принятые в статистике балансы населения, трудовых ресурсов, основного капитала⁸.

Общая модель воспроизводственного процесса получается путем объединения ОПФ экономических агентов через рынки производимых и приобретаемых продуктов. Обычно в CGE-моделях для обеспечения равновесия между спросом и предложением используют матрицу финансовых потоков, известную в иностранной литературе как Social Accounting Matrix (SAM)⁹. Эта матрица показывает балансы доходов и расходов экономических агентов, включая финансовые потоки конечных потребителей и органов государственного управления. По своей сути, SAM является расширением таблицы межотраслевого баланса (МОБ) в стоимостной форме¹⁰. Однако представление баланса только в стоимостной форме не является достаточным, поскольку при долгосрочных прогнозных расчетах это неизбежно приводит к серьезным искажениям из-за разной динамики цен на продукты. Измерение конечной продукции в стоимостной форме не дает

представления о масштабах производства конечной продукции в натуральных единицах. Особенно это относится к промежуточному потреблению, поскольку представление промежуточной продукции в стоимостных единицах не позволяет моделировать ее потребление в необходимых количествах для производства конкретных продуктов. Кроме того, все ограничения, связанные с потенциальным выпуском секторов экономики, носят материальный характер. При моделировании потоков в натуральном выражении работают законы превращения и сохранения материи, а в стоимостном выражении работают бюджетные ограничения. Поэтому необходим "баланс балансов", который бы объединял в единой балансовой схеме спрос и предложение продуктов как в стоимостной, так и натуральной форме.

В рассматриваемой модели равновесие на рынках обеспечивает агент "Невидимая рука рынка" на основе продуктово-секторного баланса (ПСБ), который, в отличие от межотраслевого баланса, описывает межотраслевые связи, а связи между рынками и соответствующими секторами экономики¹¹. Методологически ПСБ базируется на таблицах ресурсов и использования СНС 2008¹² (это таблицы 14.12-14.14). Поскольку секторы экономики порождают двунаправленные потоки продуктов и оплаченного спроса на данные продукты, для описания этих потоков одновременно формируются два баланса: ПСБ в натуральной форме (для условных продуктов) и ПСБ в стоимостной форме.

Для построения ПСБ разделим экономику на секторы, производящие однородные продукты. Это несложно сделать, объединив однородные заведения разделов и подразделов экономики (рис. 5). Получим следующие секторы экономики: *M* - промежуточный сектор, производящий промежуточные продукты *m*; *K* - капиталосоздающий сектор, производящий инвестиционные продукты *k*; *C* - потребительский сектор, выпускающий потребительские продукты *c*; *G* - государственный сектор, оказывающий государственные услуги *g*; *H* - сектор домашних хозяйств, оказывающий трудовые услуги *h*.

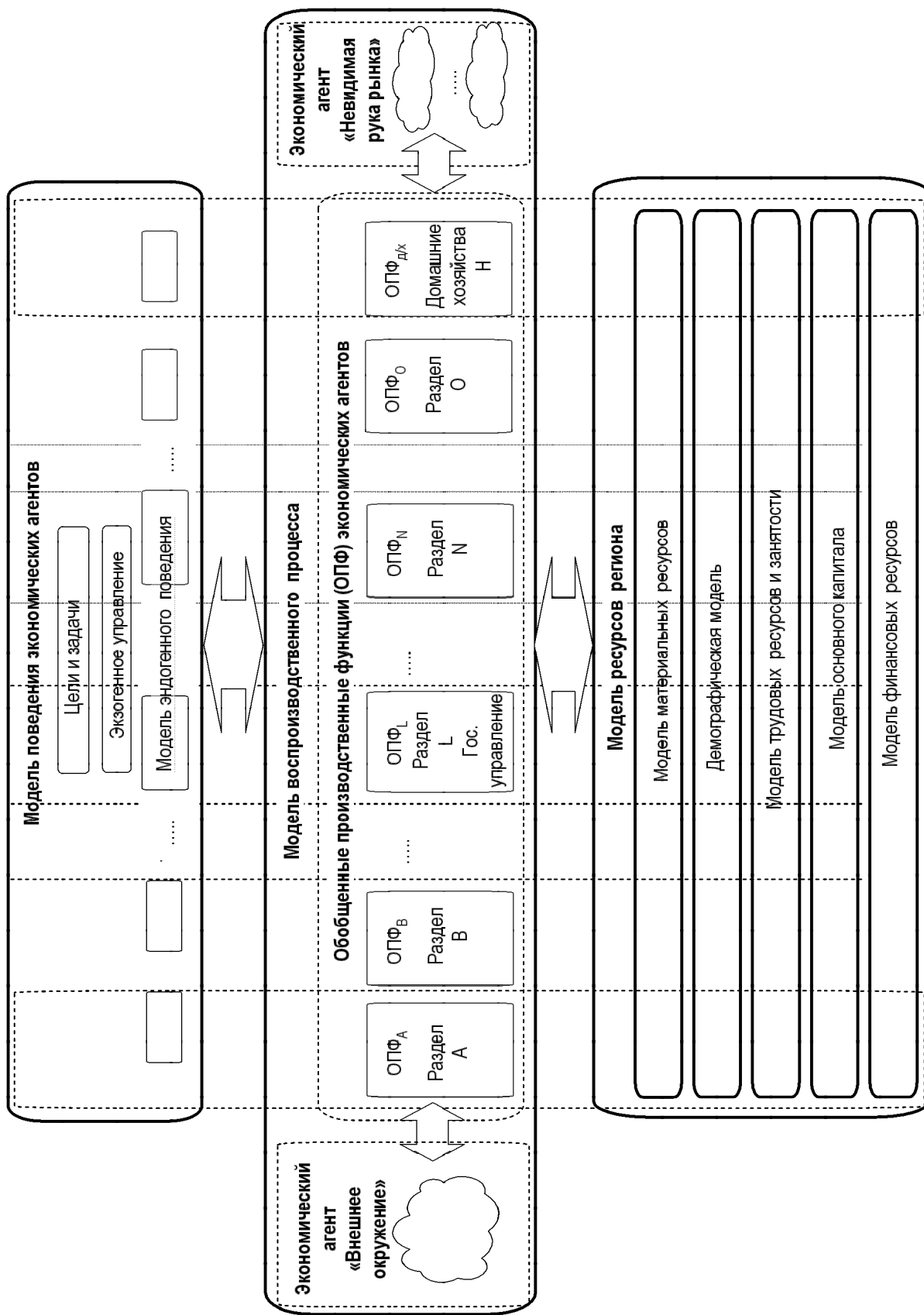


Рис. 4. Матрица моделей региональной экономики

Секторы связаны друг с другом и с внешним миром через общие рынки продуктов. Спрос и предложение на рынках уравновешиваются экспортно-импортными операциями и приростом запасов. Для i -го условного продукта ($i = m, k, c, g, h$) можно записать следующее балансовое соотношение для некоторого временного периода (например, года):

$$x_{i,M} + x_{i,K} + x_{i,C} + x_{i,G} + x_{i,H} = s_i - s_i^{\text{exp}} + s_i^{\text{imp}} - \Delta s_i. \quad (11)$$

Здесь $x_{i,M}, x_{i,K}, x_{i,C}, x_{i,G}, x_{i,H}$ - приобретение единиц продукта i в год в секторах M, K, C, G, H , соответственно;

s_i - выпуск продукта i в регионе (выпуск соответствующего сектора) в натуральном выражении (единиц продукта i в год);

$x_i^{\text{exp}}, x_i^{\text{imp}}$ - объемы экспорта и импорта продукта i ;

Δs_i - прирост запасов продукта i в регионе.

№ п/п	Наименование раздела (подраздела) экономической деятельности	Производимые условные продукты				
		Промежуточные товары и услуги	Инвестиционные товары и услуги	Потребительские товары и услуги	Государственные услуги	Трудовые услуги
		m	k	c	g	h
1	2	3	4	5	6	7
	Раздел А: Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство					
1	Подраздел А-01: Сельское хозяйство, охота и предоставление услуг в этих областях	60%		40%		
2	Подраздел А-02: Лесное хозяйство и предоставление услуг в этой области	100%				
3	Раздел В: Рыболовство и рыбоводство	50%		50%		
	Раздел С: Добыча полезных ископаемых					
4	Подраздел СА: Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	100%				
5	Подраздел СВ: Добыча полезных ископаемых, кроме ТЭР	100%				
	Раздел Д: Обрабатывающие производства					
6	Подраздел ДА: Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака			100%		
7					

Рис. 5. Выделение секторов экономики (начало)

1	2	3	4	5	6	7
16	Подраздел DK: Производство машин и оборудования, производство оружия и боеприпасов	60%	40%			
17	Подраздел DL: Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	30%	40%	30%		
18	Подраздел DM: Производство транспортных средств оборудования	20%	15%	65%		
19	Подраздел DN:	100%				
20	РАЗДЕЛ E: Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	72%		28%		
21	РАЗДЕЛ F: Строительство		100%			
22	РАЗДЕЛ G: Оптовая и розничная торговля...	57%		43%		
23	Раздел H: Гостиницы и рестораны			100%		
24	РАЗДЕЛ I: Транспорт и связь	68%		32%		
25	Раздел J: Финансовая деятельность	90%		10%		
26	Раздел K: Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	68%		32%		
27	Раздел L: Государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное и социальное обеспечение				100%	
28	Раздел M: Образование			29%	71%	
29	Раздел N: Здравоохранение и предоставление социальных услуг			19%	81%	
30	Раздел O: Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг			100%		
31	СЕКТОР H: Домашние хозяйства					100%

Рис. 5. Выделение секторов экономики (окончание)

Левая часть уравнения (11) показывает натуральный спрос региональной экономики на продукт i , а правая часть - предложение продукта на региональном рынке, причем учитываются также возможности приобретения части продукции по импорту, экспортные поставки секторов и изменение запасов нереализованной продукции.

Обозначим, что $\delta x_i = \Delta s_i / (x_{i,M} + x_{i,K} + x_{i,C} + x_{i,G} + x_{i,H})$ - относительный прирост запаса продукта. Тогда показатель

$$Q_x(t) = \sum_{i=m,k,c,g,h} |\delta x_i(t)| \quad (12)$$

будет характеризовать суммарный относительный дисбаланс между спросом и предложением на рынках продуктов, подсчитанный для прироста запасов, выраженных в условных единицах ($t = t_1, t_2, \dots, t_T$).

ПСБ в стоимостной форме для продукта i ($i = m, k, c, g, h$), производимого и приобретаемого в экономике, запишется следующим образом:

$$\begin{aligned} d_{i,M} + d_{i,K} + d_{i,C} + d_{i,G} + d_{i,H} = \\ = v_i - v_i^{\text{exp}} + v_i^{\text{imp}} - \Delta v_i. \end{aligned} \quad (13)$$

В левой части баланса показаны затраты секторов M, K, C, G, H на приобретаемый продукт i (платежеспособный спрос секторов), а в правой части баланса - предложение i -го продукта. Здесь v_i - выпуск продукта i в регионе (выпуск соответствующего сектора) в стоимостном выражении (руб./год); $v_i^{\text{exp}}, v_i^{\text{imp}}$ - объемы экспорта и импорта продукта i в стоимостном выражении; Δv_i - чистый прирост запасов (руб./год).

Аналогично (12) введем показатель

$$Q_d(t) = \sum_{i=m,k,c,g,h} |\delta v_i(t)|, \quad (14)$$

характеризующий суммарный относительный дисбаланс на рынках продуктов для прироста запасов, выраженных в стоимостной

форме ($t = t_1, t_2, \dots, t_T$), где $\delta v_i = \Delta v_i / (d_{i,M} + d_{i,K} + d_{i,C} + d_{i,G} + d_{i,H})$. (15)

Связь между натуральным и стоимостным балансами осуществляется через цены соответствующих условных продуктов.

Динамику воспроизводственного процесса будем рассматривать в дискретном времени $t = t_0, t_1, t_2, \dots, t_T$ с постоянным шагом 1 год, T - горизонт прогнозирования. В промежутках все параметры модели будем считать неизменными и все изменения отнесем к моменту перехода модели от одной временной точки к другой. Прогнозная траектория будет представлять собой последовательность взаимосвязанных ПСБ в натуральной (11) и стоимостной (13) формах, построенных при соблюдении материальных и бюджетных ограничений. Для начала движения необходимо построить ПСБ для базового года ($t = 0$). Элементы стоимостного баланса (13) нетрудно взять из материалов региональной статистики для базового года. Для построения натурального баланса (11) для базового года следует совершить переход от элемента $d_{i,J}(0)$, показывающего стоимость приобретения продукта i сектором J , к элементу $x_{i,J}(0)$, характеризующему это приобретение в единицах условного продукта i [у.е. i]. Для этого предположим, что в базовом году каждый сектор J произвел ровно 100 ед. своей продукции ($s_J(0) = 100$ ед. j), после чего рассчитаем базовые внутренние цены условных продуктов $p_i(0)$ и коэффициенты технологической матрицы Q_T .

3. Технология регионального стратегирования

Разработанная технология регионального стратегирования содержит следующие основные этапы:

1) стратегическое целеполагание (определение целей и задач развития региона; формирование перечня основных индикаторов развития; конкретизация целе-

вого состояния региона в виде целевой карты);

2) формирование пространства управленческих решений (выявление рычагов управления, которые экономические агенты способны задействовать для достижения заявленных целей);

3) ситуационное прогнозирование, при котором по заданному сценарию на модели рассчитываются траектории индикаторов развития (задача класса “что будет, если...?”);

4) оценивание достижимости поставленных целей и формирование пути движения к цели, когда по заданной целевой карте рассчитывается сценарий развития, приводящий к желаемому результату (задача класса “что надо, чтобы...?”);

5) выбор варианта сценария развития, приводящего к наилучшему, в смысле заданного критерия, приближению к целевому состоянию.

Стратегическое целеполагание сводится к формированию ЛПСР вектора целевых траекторий:

$$Z^0(t) = F_{\text{ЛПСР}}^Z(t), \quad (16)$$

а также к постановке оптимизационных задач типа

$$\underset{U_J(t) \in D_{U,J}(t)}{\text{extr}} \left\{ Q_J(R_J, Z_J, Z_J^0, U_J, t) \right\}, \quad J \in D_J \quad (17)$$

для всех экономических агентов, где $Q_J(\cdot)$ - функция полезности агента J , $Z_J^0 \subset Z^0$.

В частности, экономические агенты, относящиеся к разделам и подразделам реального сектора экономики, стремятся выйти на целевые траектории устойчивого роста путем оптимизации условий валового выпуска (6). Целевыми индикаторами агента “Домашние хозяйства” являются занятость в экономике и уровень потребления на душу населения. Для достижения целевых значений данных индикаторов экономический агент стремится оптимизировать оплату труда и занятость по видам деятельности, а также максимизировать полезность благ, приобретаемых на доходы; при этом агент ранжирует свои потребности и осуществляет расходы в пределах

имеющихся бюджетных ограничений. Экономический агент L “Государственное управление” в своей деятельности руководствуется целевыми значениями, установленными для основных целевых индикаторов социально-экономического развития. Указанные ориентиры выражают сбалансированные интересы федерального центра и регионального сообщества. При целеполагании для органов власти используются следующие группы целевых индикаторов, для которых устанавливаются целевые значения на горизонте стратегирования: уровень жизни населения (5 индикаторов); демография (4 индикатора); трудовые ресурсы и занятость (3 индикатора); социальная политика (3 индикатора); экономический потенциал (5 индикаторов).

Формирование пространства управленческих решений сводится к построению общего вектора управления моделью $U = [U^{exo}, U^{end}, U^{int}]$ и к установлению границ для каждого регулятора: $u_j^{\min} \leq u_j \leq u_j^{\max}, \forall j$.

Ситуационное прогнозирование представляет собой форму прогнозных исследований возможных путей регионального развития, когда по принципу “что будет, если...?” на модели региона $M_Z(\cdot)$ на горизонте прогнозирования t_1, t_2, \dots, t_T отрабатываются возможные варианты сценариев развития $U^{exo}(t)$, задаваемые ЛПСР:

$$Z(t) = M_Z(R, U^{exo}, U^{end}, U^{int}, t). \quad (18)$$

$$U^{exo}(t) = F_{\text{ЛПСР}}^{exo}(t); \quad t = t_1, t_2, \dots, t_T. \quad (19)$$

При этом векторы параметров $U^{end}(t)$ и $U^{int}(t)$, входящие в модель (18), являются решением следующей системы оптимизационных задач эндогенного управления:

$$\underset{\substack{U_J^{end}(t) \in D_{U,J}^{end}(t) \\ U_J^{int}(t) \in D_{U,J}^{int}(t)}}}{\text{extr}} \left\{ Q_J(R_J, Z_J, Z_J^0, U_J^{exo}, U_J^{end}, U_J^{int}, t) \right\}, \quad J \in D_J, \quad (20)$$

решаемых для всех экономических агентов.

Отметим, что данные задачи для параметров $U_j^{int}(t)$ должны решаться одновременно с задачами обеспечения равновесия на рынках условных продуктов:

$$\sum_{k=1}^T Q_x(U^{exo}, U^{end}, U^{int}, t_k) \rightarrow 0. \quad (21)$$

$$U^{int}(t_1), U^{int}(t_2), \dots, U^{int}(t_T)$$

$$\sum_{k=1}^T Q_d(U^{exo}, U^{end}, U^{int}, t_k) \rightarrow 0. \quad (22)$$

$$U^{int}(t_1), U^{int}(t_2), \dots, U^{int}(t_T)$$

Здесь задача (21) - устранение суммарного дисбаланса на рынках условных продуктов, выраженного в условных единицах (12); задача (22) - устранение суммарного рыночного дисбаланса, выраженного в стоимостных единицах (14).

Оценивание достижимости поставленных целей $Z^0(t)$ является важнейшей задачей стратегирования, поскольку именно по результатам этой задачи выясняется, имеет ли разрабатываемая стратегия шанс быть реализованной или не имеет. Особенность задачи заключается в том, что целевые ориентиры являются противоречивыми и обеспечение условия их достижения всей совокупностью индикаторов развития математически неразрешимо. Для формирования компромиссного решения вводится критерий $\Phi(\cdot)$, характеризующий общую "неудовлетворенность" из-за отклонения вектора индикаторов $Z(t)$ от заданных целевых траекторий $Z^0(t)$. При этом задача достижимости поставленных целей сводится к следующей задаче оптимизации: "Найти допустимый сценарий экономического развития $U^{exo}(t) \in D_U^{exo}(t)$, минимизирующий общую "неудовлетворенность" от недостижения заявленных целевых ориентиров $Z^0(t)$, $t = t_1, t_2, \dots, t_T$ ".

$$\min_{U^{exo}(t) \in D_U^{exo}(t)} \Phi(U^{exo}(t)) = \min_{U^{exo}(t) \in D_U^{exo}(t)}$$

$$\left\{ \sum_{i=1}^N \left\{ g_n \sum_{k=1}^T \left| \frac{z_n(U^{exo(j)}(t_k))}{z_n^0(t_k)} - 1 \right| \right\} \right\}. \quad (23)$$

В содержательном смысле задача (23) является обратной задачей ситуационного прогнозирования (18) - (22). Процедура решения задачи (23) сводится к целенаправленной последовательности задач (18) - (22), когда на модели $M_Z(\cdot)$ отрабатываются векторы управления $U^{exo}(t)$, формируемые по некоторому алгоритму. Это могут быть, например, градиентная схема поиска с использованием процедур планирования эксперимента¹³ либо процедуры, основанные на методе Ньютона¹⁴.

Трудоемкость решения задачи (23), относящейся к классу обратных задач сверхбольшой размерности, зависит от размерности вектора сценарных параметров $U^{exo} = [u_1^{exo}, u_2^{exo}, \dots, u_L^{exo}]$, от количества точек на горизонте прогнозирования T и трудоемкости a_0 однократного решения задачи (18) - (22). Автором разработан *матричный метод поиска*, который позволяет за приемлемое время решать обратные задачи класса (23) для десятков целей, сотен управляющих переменных и глубоких горизонтов прогнозирования. Разработанный на его основе решатель формирует сценарии развития, при которых целевые индикаторы максимально приближаются к целевым ориентирам с учетом значимости этих индикаторов (весов g_i) и ограничений на управляющие воздействия. Поиск наилучшего сценария на модели региона при $N=50$ целей, $L=150$ регуляторов на горизонте $T=20$ лет занимает 20 мин времени для персонального компьютера средней мощности.

Метод состоит из следующих этапов.

Начальные условия. Итерация $j = 0$. Сценарист (см. рис. 1) формирует начальное приближение экзогенного сценария (19):

$$U^{exo(0)} = \begin{bmatrix} u_{1,1}^{(0)} & u_{1,2}^{(0)} & \dots & u_{1,T}^{(0)} \\ u_{2,1}^{(0)} & u_{2,2}^{(0)} & \dots & u_{2,T}^{(0)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{L,1}^{(0)} & u_{L,2}^{(0)} & \dots & u_{L,T}^{(0)} \end{bmatrix} \quad (24)$$

Коэффициентам корректировочной матрицы $K^{(0)} = \left\| k_{i,j}^{(0)} \right\|_{L \times T}$ присваивается начальное значение, равное 1: $k_{i,j}^{(0)} = 1, \forall i, j$.

Этап 1. Решается задача ситуационного прогнозирования (18) - (22) для сценария $U^{exo(j)}$, и рассчитываются коэффициенты матрицы $Q^{(j)} = \left\| q_{n,k}^{(j)} \right\|_{N \times T}$ относительного отклонения текущих значений целевых индикаторов $z_1(U^{exo(j)}(t_k)), z_2(U^{exo(j)}(t_k)), \dots, z_L(U^{exo(j)}(t_k))$ от целевых траекторий $z_1^0(t_k), z_2^0(t_k), \dots, z_L^0(t_k)$ во всех точках горизонта прогнозирования $t_k = t_1, t_2, \dots, t_T$:

$$q_{n,k}^{(j)} = \left| \frac{z_n(U^{exo(j)}(t_k))}{z_n^0(t_k)} - 1 \right|. \quad (25)$$

Рассчитывается текущее значение критерия “неудовлетворенности”:

$$\Phi^{(j)} = \sum_{n=1}^N \left\{ g_n \sum_{k=1}^T q_{n,k}^{(j)} \right\}.$$

Если $\Phi^{(j)} - \Phi^{(j-1)} < \varepsilon_0$, то расчет останавливается, в противном случае выполняется переход ко 2-му этапу. Здесь ε_0 - малое число, например, 0,1.

Этап 2. Итерация $j := j + 1$.

Уточняются коэффициенты корректирующей матрицы:

$$K^{(j+1)} = f_1(K^{(j)}, Q^{(j)}).$$

Этап 3. Уточняется экзогенный сценарий:

$$U^{exo(j)} = U^{exo(0)} \otimes K^{(j)}. \quad (26)$$

Осуществляется переход на 1-й этап.

Процесс решения сходится за 150-200 итераций, что существенно быстрее, чем для известных пакетов GEMPACK¹⁵ и GAMS¹⁶.

Разработанный *матричный метод поиска* оказался пригодным для решения следующих задач, сводящихся к задаче стратегирования (23):

1) оценивание достижимости целевых ориентиров для десятков целей, сотен управляющих переменных и глубоких горизонтов прогнозирования;

2) верификация и коррекция отчетных данных для устранения их внутренней противоречивости (разбалансированности);

3) калибровка модели региона для воспроизведения траекторий отчетного периода;

4) обеспечение долговременного динамического равновесия на моделируемых рынках товаров и услуг в задачах макроэкономического моделирования (задача (21)-(22));

5) решение систем нелинейных алгебраических уравнений.

Высокая скорость и точность метода достигаются за счет следующих факторов:

♦ одновременного движения сразу по всем $L \times T$ управляющим переменным (25);

♦ использования мультипликативного шага приращения управляющих переменных (26) вместо аддитивного.

Трудоёмкость матричного метода поиска: $W \sim N \times L^2 \times T$.

Подводя итоги, отметим, что разработанную инфраструктуру моделирования и стратегирования регионального развития (см. рис. 1) можно представить в виде трех вложенных контуров оптимизационных задач (рис. 6), объединенных между собой в единое целое через одноименные компоненты вектора управляющих параметров (3).

Контур стратегического управления (внешний контур) образуют задачи оценивания достижимости поставленных целей, где подбирается наилучший экзогенный сценарий развития, минимизирующий общую “неудовлетворенность” от недостижения целей. Второй контур образуют модели целенаправленной деятельности экономических агентов, оптимизирующих свои функции полезности с учетом текущего экзогенного сценария и корректирующего воздействия агента “Невидимая рука рынка”, который решает свои задачи в третьем контуре, минимизируя натуральный и стоимостный дисбалансы между спро-

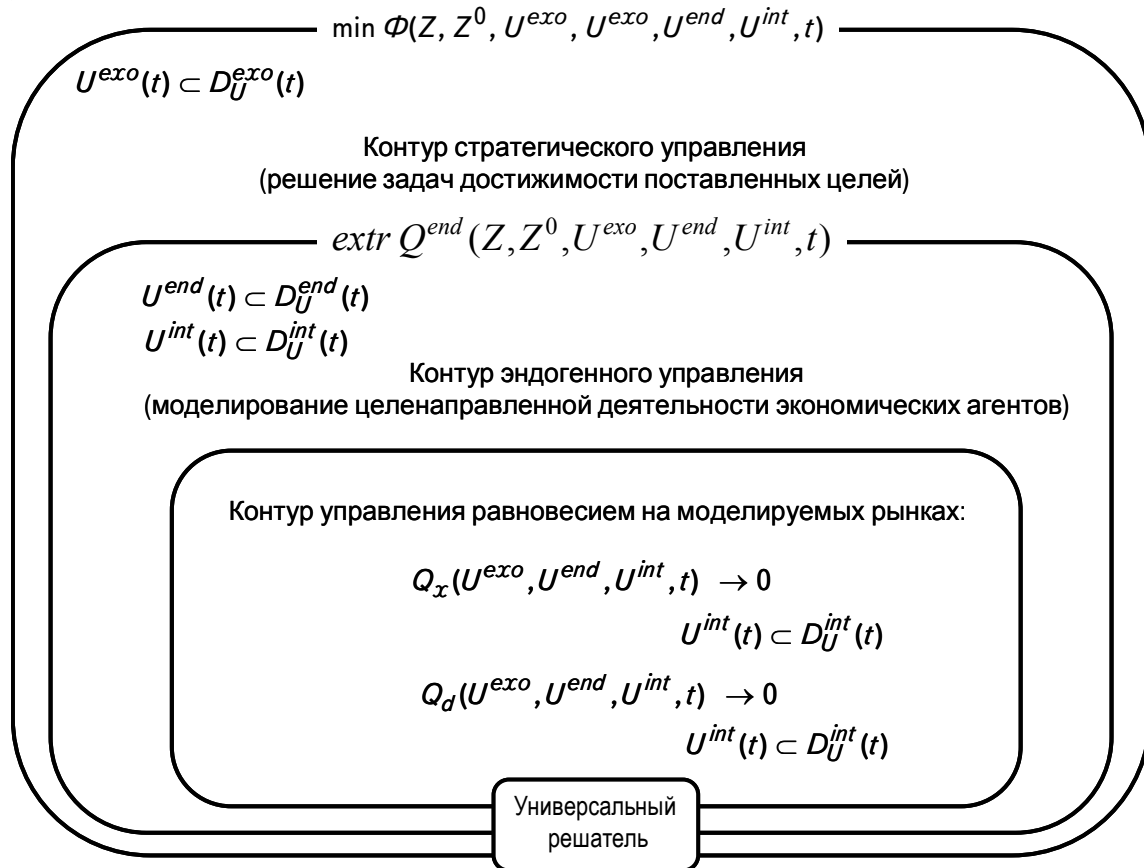


Рис. 6. Контуры стратегирования и моделирования

сом и предложением на рынках условных продуктов. На основе разработанного матричного метода поиска создан универсальный решатель, позволяющий за приемлемое время комплексно решать всю систему задач моделирования и стратегирования.

4. Практическое использование

Материалом для формирования информационной базы разработанной модели субъекта РФ служат общедоступная региональная статистика и отчеты различных региональных министерств и ведомств. Для дополнения временно отсутствующих данных и устранения дисбалансов разработаны средства верификации и коррекции официально публикуемых данных. Для настройки коэффициентов модели используется калибровка - автоматический подбор значений калибровочных коэффициентов модели, при которых модель наиболее точно воспроизводит исторические данные и ожидаемую реакцию на тестовые внешние воздействия в соответствии с заложенными

теоретическими предпосылками. Все эти средства позволяют настроить модель на любой субъект РФ.

Разработанные методы, модели и информационные технологии стратегирования регионального развития прошли успешную апробацию при формировании стратегий Алтайского и Красноярского краев. Основные компоненты этих технологий положены в основу создания серии автоматизированных систем и комплексов, которые установлены в ряде субъектов РФ, в частности, в правительствах Санкт-Петербурга, Республики Коми, Алтайского и Красноярского краев, Самарской области. Эти системы использовались также в проектах НИУ "Высшая школа экономики" и ФГАОУ ВПУ "Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова".

¹ О стратегическом планировании в Российской Федерации : федер. закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ.

² Программирование и прогнозирование комплексного социально-экономического развития региона : монография / под ред. проф. Г.Р. Хасаева. Самара : Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2013.

³ *Wickens M.* Macroeconomic theory: A Dynamic General Equilibrium Approach. Princeton : Princeton University Press, 2008.

⁴ *Макаров В.Л.* Вычислимая модель Российской экономики / ЦЭМИ РАН. 1999. Препринт. № 99.

⁵ См.: *Бахтизин А.Р.* Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика, 2008; *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С.* Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М. : Научный эксперт, 2007.

⁶ Методологические положения по статистике. Вып. 5 / Росстат. М., 2006.

⁷ Система национальных счетов. 2008 / под ред. проф. Ю.Н. Иванова. Нью-Йорк, 2012.

⁸ Методологические положения по статистике. Вып. 1 / Госкомстат России. М., 1996.

⁹ *Social Accounting Matrices, A Basis for Planning / G. Pyatt, J.I. Round (eds); The World Bank. Washington, D.C., 1985.*

¹⁰ *Леонтьев В.* Межотраслевая экономика. М. : Экономика, 1997. С. 479.

¹¹ *Цыбатов В.А.* Принципы построения макроэкономических моделей // Экономика, моделирование, прогнозирование / НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь. Минск, 2013. С. 84-94

¹² Система национальных счетов. 2008.

¹³ *Гилл Ф., Мюррей У., Райт М.* Практическая оптимизация : пер. с англ. М. : Мир, 1985

¹⁴ *Волков Е.А.* Численные методы. М. : Физматлит, 2003.

¹⁵ *Harrison V., Pearson K.* An Introduction in GEMPACK. Fifth edition / Center of Policy Studies and Impact Project. Melbourne, Australia, 2000.

¹⁶ *Rutherford T.* Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem: An Overview of the Modeling Framework and Syntax. Department of Economics, University of Colorado, 1997.

Поступила в редакцию 19.12.2014 г.