Криосфера Земли, 1998, т. II, № 3, с. 6—12

УДК 551.48

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СВЕТЕ ЗАДАЧ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ

А. Г. Бабушкин, И. Г. Соловьев

Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия

Рассмотрены теоретические вопросы построения математических моделей территорий в условиях рынка. Введенные соотношения отражают в динамике взаимовлияния основных социальных, экологических и экономических факторов. Вводятся критерии, условия и задачи о сбалансированном сосуществовании названых сред (факторов) на принципах самофинансирования.

Экопотенциал, предложения—спрос, цена, социум, антропогенная нагрузка, прибыль

SOCIAL-ECOLOGICAL-ECONOMIC MODELLING IN PROBLEMS OF BALANCED DEVELOPMENT

A. G. Babushkin, I. G. Solovyov

Earth Cryosphere Institute SB RAS, 625000, Tyumen, 1230, Russia

The theoretical problems of a construction of mathematical models of territories in conditions of the market are considered. The entered ratioes reflect in dynamics mutual influence basic social, ecological and economic forces. The criterions, condition and problem about the balanced coexisting named of environments (factors) on principles of self-financing are introduced.

Ecological potential, proposal—demand, price, social sphere, antropogeneous load, profit

ВВЕДЕНИЕ

Переход на рыночные механизмы хозяйствования существенно видоизменил взгляд на вопросы управления регионами. Отсутствие общих стратегических целей национального развития усиливает идею суверенизации. В этой связи тенденция сбалансированного устойчивого сосуществования территорий видится наиболее приемлемой, как в настоящее время, так и на ближайшую перспективу [*Коптюг, 1995*].

Обобщенная методика создания систем управления [*Растригин, 1981*] сводится к конструированию трех образующих частей: 1 — выделение из проблемной среды и формализованное описание объекта управления — P; 2 — формулировка и количественное описание целевых условий — J; 3 — построение алгоритма (стратегии) достижения цели J на объект P.

Выработка критериев и стратегий сбалансированного сосуществования — дело сложное. Трудно предположить, что проблемы такого типа смогут получить когда-нибудь окончательное разрешение. Однако время устанавливает свои критерии значимости тех или иных пропорций развития.

И в то же время, всякая эколого-экономическая и социально-этническая среда скрывает свои критерии устойчивого сосуществования.

Искусство управления — увидеть балансы стабильности и обеспечить развитие в условиях соблюдения балансовых соотношений.

Настоящая работа посвящена прежде всего вопросу о построении математической модели административно-территориального образования как объекта управления.

Жизнь региона в своем многообразии представляет собой многофакторное явление, характеризующееся показателями финансово-экономического состояния, степенью социального и, в целом, духовного благополучия на фоне ресурсно-экологического потенциала „вмещающей среды". В зависимости от уровня общности (детальности) анализа [*Месарович и др., 1972*], количество переменных состояния объекта обследования может быть разным.

Детальность описания специализирует исследования и в большей степени отвечает на вопрос „как устроен региональный мир". Переход к моделям в обобщенных (агрегированных) переменных приближает нас к „секретам мироздания", когда мы объясняем „а почему мир так устроен?" [*Моисеев, 1981*, *Форрестер, 1984*].

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Рассмотрим модель региона в агрегированных переменных. Особенности жизнеустройства индустриального Севера связаны со спецификой развитых ресурсодобывающих монопроизводств, большими объемами импорта товаров жизнеобеспечения, антропогенной нагрузкой на окружающую среду, повышенными миграционными процессами и слабой укорененностью индустриального населения.

Однако в условиях исчерпаемости минерально-сырьевых (стратегических для региона и России в целом) ресурсов, проблема укорененного сосуществования на принципах самоокупаемости приобретает все более актуальное значение. Ключевой вопрос жизнеустройства на Севере — это установление балансов между этноэкологической средой обитания и антропогенной нагруженностью территории.

Основное содержание нижеизложенного связано с обоснованием правил построения количественных моделей административно-территориальных образований масштаба района округа, в которых одновременно учитывались бы показатели финансово-экономического, экологического и социального состояний территории. Сложность построения вполне понятна, это объединение в единую количественную схему трудноформализуемых, неподдающихся прямому исчислению понятий.

Полезность исследований очевидна. Модель как инструментальная среда анализа имеет многовариантное применение: модель — как универсальная схема хранения, систематизации и агрегации данных о состоянии территории; модель — как инструмент оперативного анализа и прогнозирования ситуации в районе; модель — как основа для формирования сбалансированных стратегий развития территории.

Перейдем к описанию блочных компонент вектора состояния территории: $\mathbf{x}(k)$ — объем произведенных продуктов, товаров, услуг в k-й период времени (k — дискретная переменная времени, как правило в один год); $\mathbf{l}(k)$ — вектор социальных показателей (в частности квалификационно-возрастной состава проживающего (или прибывающего) на территории населения); вектор состояния основных фондов, имеющий вид:

$$Q(k) = [X(k)\, L(k)\, \Delta R(k)]^T,$$

где $X(k)$ — фонды производственного назначения, $L(k)$ — фонды социально-бытового назначения, $\Delta R(k)$ — фонды природоохранного назначения; $\mathbf{r}(k)$ — вектор антропогенной нагрузки природных комплексов территории, $\Delta\mathbf{r}(k)$ — вектор продуктов и услуг природоохранной деятельности, $\mathbf{z}(k)$ — вектор продуктов и услуг импортного происхождения.

Производственные фонды определяют экономический потенциал района, так что всякий раз выполнено:

$$\mathbf{x}(k) \le X(k). \quad (1)$$

Социально-возрастная структура населения территории согласована с системой социальных фондов, если обеспечивается неравенство:

$$\mathbf{l}(k) \le L(k). \quad (2)$$

Объемы природоохранных производств также лимитируются мощностью соответствующих фондов:

$$\Delta\mathbf{r}(k) \le \Delta R(k). \quad (3)$$

Инвестиции

Стратегия развития территории помимо прочего определяется объемом инвестиций в основные фонды. Выделяют разные классы организации инвестиционного процесса. По скорости реакции принято говорить о долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных вложениях. Инвестиции направляются на повышение эффективности производств (как правило, такие вложения долгосрочные) и на расширение производственных мощностей. Мы будем придерживаться простейшей модели динамики состояния основных фондов и связанных с ними инвестиционных процессов:

$$Q(k+1) = (I_Q - A_Q)\, Q(k) + \\ + \Delta Q_A(k) + \Delta Q(k), \quad (4)$$

где A_Q — матрица норм амортизационных отчислений, $\Delta Q_A(k)$ — эксплуатационные затраты основных фондов (в номинале выполнено $\Delta Q_A(k) = A_Q\, Q(k)$), $\Delta Q(k)$ — инвестиции в расширение основных фондов:

$$\Delta Q(k) = [\Delta X(k)\, \Delta L(k)\, \Delta\Delta R(k)]^T,$$

I_Q — здесь и далее обозначение единичной матрицы размерности — $\dim Q$.

Экология

Всякая производственная, социально-бытовая и инвестиционная деятельности обуславливают затраты экопотенциала. Пусть текущее состояние окружающей среды (ОС) оценивается вектором $R(k)$. Однако современный регламент платного природопользования оперирует не состоянием ОС, а мерой антропогенной нагрузки — $\mathbf{r}(k)$.

Схема вычисления $\mathbf{r}(k)$ имеет вид:

$$\mathbf{r}(k) = A_{41}\mathbf{x}(k) + A_{42}\mathbf{l}(k) + \\ + A_{43}Q(k) - \Delta\mathbf{r}(k) + A_{45}\Delta Q(k), \quad (5)$$

где $A_{41}\mathbf{x}(k)$ — доля нагрузки производственного характера, $A_{42}\mathbf{l}(k)$ — социально-бытовая нагрузка, $A_{43}Q(k)$ — нагрузка от размещения и содержания основных фондов, $A_{45}\Delta Q(k)$ — доля нагрузки от строительства (расширения) основных фондов, $\Delta \mathbf{r}(k)$ — работы, мероприятия и услуги природоохранной деятельности, $A_{4\cdot}$ — матрицы ($<\cdot> = 1, 2, ..., 5$) норм ресурсно-экологических затрат, $A_{44} = I_R$.

Пусть вектор R_* — установившееся значение экопотенциала на территории с объемом производств $\mathbf{x}_*$, с социально-возрастной структурой $\mathbf{l}_*$, количеством основных фондов Q_*, объемом инвестиционной деятельности ΔQ_* и количеством природоохранной деятельности $\Delta \mathbf{r}_*$. Зависимость такого рода может быть отражена выражением вида:

$$R_* = R\,(\mathbf{x}_*, \mathbf{l}_*, Q_*, \Delta r_*, \Delta Q_*). \qquad (6)$$

В предположении непрерывности функции $R\,(\mathbf{x}_*, l_*, Q_*, \Delta r_*, \Delta Q_*)$ от аргументов перейдем к линеаризованному представлению статической модели состояния экопотенциала

$$R_\infty(k) = R_* - \delta R\,(k),$$

с вектор-функцией возмущений вида:

$$\delta R\,(k) = B_{41}(\mathbf{x}\,(k) - \mathbf{x}_*) + B_{42}(\mathbf{l}\,(k) - \mathbf{l}_*) + B_{43}(Q\,(k) - Q_*) + B_{44}(\Delta \mathbf{r}\,(k) - \Delta \mathbf{r}_*) + B_{45}(\Delta Q\,(k) - \Delta Q_*), \qquad (7)$$

где $B_{4\cdot}$ — матрицы частных производных от (6), вычисленные в точке $[\mathbf{x}_*, l_*, Q_*, \Delta r_*, \Delta Q_*]$, $(<\cdot> = 1, 2, ..., 5)$.

Для имитации динамики переходных процессов следует обратить внимание на сложный многотемповый характер эволюции компонента вектора $R(k)$.

Будем выделять три типа динамических реакций вектора $R(k)$ на возмущение $\delta R(k)$: мгновенный отклик; ускоренная реакция на деградацию среды, когда $R(k+1) - R(k) \le 0$; естественная (как правило, долговременная) реакция самовосстановления, когда $R\,(k+1) - R\,(k) > 0$.

Пусть $R_* - \delta R\,(k)$ — предельное состояние вектора $R\,(\infty)$, а $R\,(k)$ — его текущее значение. Представим вектор отклонений $\varepsilon R\,(k) = R\,(k) - (R_* - \delta R\,(k))$ в виде суммы:

$$\varepsilon R\,(k) = \varepsilon R_1(k) + \varepsilon R_2(k), \qquad (8)$$

где $\varepsilon R_1(k)$ — часть отклонений с мгновенной отработкой, т. е.

$$R\,(k) := R\,(k) + \varepsilon R_1(k). \qquad (9)$$

Компенсация оставшегося уровня возмущения осуществляется по двухтемповой схеме:

$$R\,(k+1) = R\,(k) + T_{R1}^{-1}((-I_R + A_R)\,(R\,(k) - R_* + \delta R\,(k)))_- + T_{R2}^{-1}((-I_R + A_R)\,(R\,(k) - R_* + \delta R\,(k)))_+. \qquad (10)$$

Здесь T_{R1} — диагональная матрица собственных временных интервалов ускоренной реакции ОС на понижение экологического потенциала, а T_{R2} — диагональная матрица собственных времен самовосстановления окружающей среды, A_R — матрица взаимовлияний компонентов вектора $R\,(k)$.

В (10) принято обозначение:

$$(\chi)_+ = \begin{cases}\chi, \text{ если } \chi > 0,\\ 0, \text{ если } \chi \le 0,\end{cases} \quad (\chi)_- = \begin{cases}\chi, \text{ если } \chi < 0,\\ 0, \text{ если } \chi \ge 0,\end{cases}$$

где выписанные условия применяются к каждой компоненте вектора χ.

Соотношения $(5 \div 10)$ образуют искомую экологическую модель территории, причем условием (5) назначается мера исчисления антропогенной нагрузки, а выражения $(6 \div 10)$ отражают эволюцию состояния ОС.

Экономика и финансы

Основу модели территории образует финансово-экономический блок. Определим социально-эколого-экономическую программу развития территории вектором плановых показателей:

$$\mathbf{w}\,(k+1) = [\mathbf{x}\,(k+1)\; \mathbf{l}_\infty(k+1)\; Q\,(k+1)\; \mathbf{r}\,(k+1)\; \mathbf{Z}\,(k+1)]^T, \qquad (11)$$

где $\mathbf{l}_\infty(k+1)$ — предельное состояние социально-возрастной структуры населения территории при установленном уровне возмущения.

Реализация данного плана связана с затратами имеющихся ресурсов, т. е.:

$$\mathbf{w}\,(k) = [\mathbf{x}\,(k)\; \mathbf{l}\,(k)\; Q\,(k)\; \mathbf{r}\,(k)\; z\,(k)]^T. \qquad (12)$$

Не все из указанных ресурсов могут быть выставлены на продажу. Объем предложений на рынке ресурсов определяется блочно-диагональной матрицей долевых показателей:

$$\mathbf{w}p\,(k) = V\,(k)\,\mathbf{w}\,(k),$$
$$V\,(k) = \mathrm{diag}[V_1(k) \ldots V_5(k)] \in [0_w, I_w]. \qquad (13)$$

Здесь и далее 0_w — нулевая квадратная матрица размерности $\dim \mathbf{w}$.

Например, $V_2(k)$ — доля трудоспособной части населения.

Структура затрат, обусловливающих спрос на рынке ресурсов вводится следующей суммой:

$$\mathbf{w}s\,(k) = A_1\mathbf{x}\,(k+1) + A_2\mathbf{l}\,(k) + a_3 Q\,(k) + A_4\Delta \mathbf{r}\,(k+1) + A_5\Delta Q\,(k). \qquad (14)$$

Приведенное выражение имеет блочную структуру. Рассмотрим компонентный состав суммы затрат. Вектор затрат ресурсов производственного назначения:

$$wx(k) = A_1 x(k+1) =$$
$$= [A_{11}\, A_{21}\, A_{31}\, A_{41}\, A_{51}]^T\, x(k+1).$$

Вектор образован: $xx(k) = A_{11}x(k+1)$ — затратами произведенных продуктов, $lx(k) = A_{21}x(k+1)$ — затратами труда, необходимым объемом основных производственных фондов

$$Qx(k) = A_{31}x(k+1) = [X(k+1)\, 0_L\, 0_R\,]^T,$$

$rx(k) = A_{41}x(k+1)$ — затратами экоресурсов (5), $zx(k) = A_{51}x(k+1)$ — затратами на импорт.

Вектор затрат социального и бытового назначения

$$wl(k) = A_2 l(k) = [A_{12}\, A_{22}\, A_{32}\, A_{42}\, A_{52}]^T\, l(k). \quad (15)$$

Как и в первом случае вектор образован блоками: $xl(k) = A_{12}l(k)$ — социальные затраты продуктов территориального производства, $ll(k) = A_{22}l(k)$ — затраты труда в социальной сфере.

Объем основных фондов для содержания социальной сферы

$$Ql(k) = A_{32}l(k) = [0_X\, L(k)\, 0_R\,]^T,$$

$rl(k) = A_{42}l(k)$ — затраты экоресурсов социально-бытового происхождения (5), $zl(k) = A_{52}l(k)$ — затраты импорта на питание и соцкультбыт.

Блочный вектор затрат на содержание основных фондов

$$wQ(k) = A_3Q(k) =$$
$$= [A_{13}\, A_{23}\, A_{33}\, A_{43}\, A_{53}]^T\, Q(k). \quad (16)$$

Вектор включает: $xQ(k) = A_{13}Q(k)$ — затраты продуктов территориального производства на содержание фондов $Q(k)$, $lQ(k) = A_{23}Q(k)$ — затраты труда на содержание фондов, $QQ(k) = A_{33}Q(k) = 0_Q$ — производства ремонтно-эксплуатационного характера для содержания фондов (явно не выделяются), $rQ(k) = A_{43}Q(k)$ — см. (5), $zQ(k) = A_{53}Q(k)$ — затраты по импорту на содержание основных фондов.

Блочный вектор затрат на реализацию природоохранных мероприятий

$$wr(k) = A_4\Delta r(k+1) =$$
$$= [A_{14}\, A_{24}\, A_{34} A_{44}\, A_{54}]^T\, \Delta r(k+1).$$

Вектор включает: $xr(k) = A_{14}\Delta r(k+1)$ — затраты продуктов территориального производства на природоохрану, $lr(k) = A_{24}\Delta r(k+1)$ — затраты труда и иных социальных институтов на программу защиты ОС,

$$Qr(k) = A_{34}\Delta r(k+1) = [0_X\, 0_L\, \Delta\Delta R(k+1)\,]^T,$$

— объем основных фондов природоохранного назначения, $rr(k) = A_{44}\Delta r(k+1) = -\Delta r(k+1)$ — собственно природоохранные мероприятия, $zr(k) = A_{54}\Delta r(k+1)$ — затраты по импорту на экологию.

Блочный вектор затрат на реализацию инвестиционной деятельности по расширению основных фондов

$$w\Delta(k) = A_5\Delta Q(k) = [A_{15}\, A_{25}\, A_{35}\, A_{45}\, A_{55}]^T\, \Delta Q(k).$$

Здесь: $x\Delta(k) = A_{15}\Delta Q(k)$ — потребление продуктов территориального производства на строительство, $l\Delta(k) = A_{25}\Delta Q(k)$ — затраты трудовых ресурсов в строительстве основных фондов, $Q\Delta(k) = A_{35}\Delta Q(k) = 0_Q$ — основные фонды инвестиционной деятельности (явно не учитываются). Например от (1, 2, 3) можно перейти к условиям:

$$\begin{cases} [x(k)\, l(k)\, \Delta R(k)\,]^T \le (I_Q - \Lambda_Q)\, Q(k), \\ \Delta Q(k) \le \Lambda_Q\, Q(k), \end{cases}$$

где Λ_Q — доля основных фондов стройиндустрии ($\Lambda_Q \in [0_Q, I_Q\,]$), $r\Delta(k) = A_{45}\Delta Q(k)$ — антропогенная нагрузка от строительства, $z\Delta(k) = A_{55}\Delta Q(k)$ — затраты импорта на инвестиции.

Из приведенных определений следует, что план оптимальной нагрузки территории, согласно (5) и (14), соответствует прямым затратам экоресурсов, т. е.

$$rs(k) = r(k+1) = rx(k) + rl(k) +$$
$$+ rQ(k) - \Delta r(k+1) + r\Delta(k).$$

Из определения эксплуатационных затрат основных фондов $wQ(k) = A_3Q(k)$ (14), связанных с покрытием амортизационных отчислений (4), следует, что выполнено:

$$\Delta Q_A(k) = A_Q\, Q(k).$$

Но схема исчисления затрат на амортизацию $\Delta Q_A(k)$, согласно (4), такая же, что и для организации инвестиционного процесса:

$$w\Delta(k) = A_5\Delta Q(k).$$

Отсюда

$$wQ(k) = A_3Q(k) = A_5\Delta Q_A(k) = A_5A_Q\, Q(k),$$

следовательно, структура затрат на эксплуатацию основных фондов имеет матрицу норм потреблений следующего вида:

$$A_3 = A_5A_Q.$$

Вывод. В условиях (1)—(4), (12) плановые показатели состояния территории $w(k+1)$ предельно достижимы, если для $ws(k)$ (14) выполнено:

$$\Delta Q_A(k) = A_Q Q(k),$$

$$\Delta Q(k) = ([x(k+1) I_\infty (k+1)\Delta r(k+1)]^T - Q(k))_+,$$

$$\Delta r(k+1) = A_{41}x(k+1) + A_{42}l(k) + A_{43}Q(k) - r(k+1) + A_{45}\Delta Q(k),$$

$$ws(k) \le V(k)\,w(k) = wp(k).$$

Для анализа финансовых показателей развития выделенной группе ресурсов территории (12) сопоставим вектор цен:

$$c(k) = [c_1(k)\, c_2(k)\, c_3(k)\, c_4(k)\, c_5(k)]^T.$$

Линеаризованную модель динамики ценообразования (модель рынка) введем разностным уравнением в отклонениях от сбалансированных значений состояния цен — c_*, спроса — ws_* и предложений wp_*:

$$\Delta c(k+1) = (I_w - T_c^{-1}(I_w - A_c))\,\Delta c(k) + T_c^{-1}\Gamma_c\,[\Lambda_c(ws(k) - ws_*) - (I_w - \Lambda_c)(wp(k) - wp_*)], \quad (18)$$

где $c(k) = c_* + \Delta c(k)$, T_c — блочно-диагональная матрица собственной динамики рынка, A_c — матрица взаимовлияния цен, Γ_c — блочно-диагональная матрица чувствительности цен к вариациям рынка, $\Lambda_c \in [0_w, I_w]$ — диагональная матрица распределения уровней чувствительности по спросу и предложениям $I_w - \Lambda_c$.

Социум

Для построения модели социума конкретизируем описание вектора $l(k)$. Разделим все население территории на пять групп:

$$l(k) = [l_1(k)\, l_2(k)\, l_3(k)\, l_4(k)\, l_5(k)], \quad (19)$$

где $l_1(k)$ — количество детей (включая школьников начальных классов), $l_2(k)$ — количество учащихся школ, техникумов, институтов, $l_3(k)$ — профессионально пригодная трудоспособная часть проживающего населения, $l_4(k)$ — количество пенсионеров, $l_5(k)$ — число трудоспособных с временным статусом пребывания на территории.

Выделенный таким образом вектор состояния характеризует социальную квалификационную структуру населения.

Следуя (6), дадим факторное представление модели социума в виде неявно заданной функции

$$\Delta l(k) = l(lp(k) - ls(k),\ Cl(k) - Cc(k),\ L(k) - l(k),\ R(k)),$$

где $\Delta l(k)$ — величина прироста (сокращения) населения территории, $lp(k)$ — предложения на рынке труда, $ls(k)$ — спрос (занятость) на рынке труда, $Cl(k)$ — финансовая обеспеченность (доход) населения, $Cc(k)$ — стоимость проживания населения, $l(k)$ — обеспеченность социально-бытовой инфраструктурой, $R(k)$ — состояние экологического потенциала среды обитания.

Соответствующая линеаризованная модель имеет вид:

$$l(k+1) = (I_L + A_L)\,l(k) + \Delta l(k),$$

$$\Delta l(k) = B_{21}(lp(k) - ls(k)) + B_{22}(Cl(k) - Cc(k)) + B_{23}(L(k) - l(k)) + B_{24}(R(k) - R_*), \quad (20)$$

где $B_{2\cdot}$ — матрицы влияния соответствующих размерностей, A_L — матрица взаимовлияний (типовых пропорций) социальных групп.

Вектор предложений на рынке труда, согласно (11), (13) и (17), задается следующим образом:

$$lp(k) = [v_{21}(k)\cdot l_1(k) \ldots v_{25}(k)\cdot l_5(k)]^T.$$

Вектор спроса $ls(k)$ является составным блоком вектора затрат $ws(k)$, который вычисляется по выражению (14).

Стоимость проживания на территории зависит от объемных норм социального потребления — $wl(k)$ (15) и долевых затрат на содержание основных фондов (16) социально-бытового назначения, т. е.

$$wl_1(k) = V_L(k)\,A_5 A_Q\,[0_X\, L(k)\, 0_R]^T, \quad (21)$$

где $V_L(k)$ — матрица долей затрат, приходящихся на социальную сферу, $((I_w - V_L(k))$ — доля затрат, покрываемых территорией из централизованных фондов.

Стоимость проживания на одного (по квалификационно-возрастной группе) вычисляется в соответствии с (15), (21) по выражению:

$$cc(k) = (A_2^T(I_w - E_{3w}) + 1_{2Q}^T A_Q^T A_5^T V_L^T(k))\,c(k), \quad (22)$$

где E_{3w} — блочно-диагональная матрица размерности $\dim w$ с единицей I_Q в третьем блоке, т. е. $E_{3w} = \text{block diag}\,[0_X\, 0_L\, I_Q\, 0_R\, 0_z]$, 1_{2Q} — блочная „единица“ следующего вида $1_{2Q} = [0_x\, I_L\, 0_R]$.

В приведенном соотношении учтен тот факт $(I_w - E_{3w})$, что в себестоимость проживания не входит стоимость основных фондов $c_3(k)$ блока цен (17). А тогда искомый вектор стоимости проживания населения $l(k)$ на территории вычисляется по выражению:

$$Cc(k) = l(k) \otimes cc(k), \tag{23}$$

где $\otimes$ — знак покомпонентного умножения векторов. При оценке средней доходности необходимо учитывать два обстоятельства: типовое перераспределение доходов работающих внутри семьи, т. е. между группами; ограниченную занятость населения.

Искомое выражение имеет вид:

$$Cl(k) = \mathrm{M} \cdot ls(k) \otimes c_2(k), \tag{24}$$

где M — матрица перераспределения доходов между социальными группами, $ls(k)$ — количество работающих (14), $c_2(k)$ — цена труда (17).

Задачи

Рекуррентные и алгебраические соотношения (4), (7)—(10), (13), (14), (18)—(24) представляют собой искомую модель территории, отражающую динамику взаимовлияния основных социально-эколого-экономических факторов. Следует заметить, что введенное множество факторов-ресурсов является объектами рыночных отношений, которые имеют свою текущую стоимость. Модель позволяет отслеживать большое количество полезных причинно-следственных связей видимый анализ которых затруднен.

Сформулируем несколько важнейших задач, конкретизирующих понятие сбалансированного развития (сосуществования) территории.

Основными инструментальными переменными, образующими балансовые соотношения являются: прибыль территории — $\Delta\Phi$; предельное состояние экопотенциала — R; равновесное состояние социмума — l.

Прибыль территории — это сложноорганизованный показатель, включающий: главную часть прибыли — от продажи произведенной продукции; прибыль — как сбережение средств в социальной сфере; стоимость основных фондов, нереализованной части товарной продукции.

Остановимся на схеме вычисления главной части — прибыли от продажи произведенной продукции. Рассмотрим динамически равновесное состояние, когда выполняется:

$$x(k+1) = x(k) = x,$$
$$R(k+1) = R(k) = R,$$
$$l(k+1) = l(k) = l,$$
$$c(k+1) = c(k) = c.$$

Прибыль от продажи вычисляется как разность между доходом и затратами. Согласно (13), (14), можно записать:

$$\Delta\Phi = c^T(I_w - E_{3w}) \cdot (l_{1w} V_1 x -$$
$$- A_1 x - A_2 l - A_3 Q - A_4 \Delta r - A_5 \Delta Q),$$

где $l_{1w} = [I_x\, 0_L\, 0_Q\, 0_R\, 0_z\,]^T$ — блочная „единица“.

Диагональная матрица $I_w - E_{3w} =$ $=$ block diag $[I_X\, I_L\, 0_Q\, I_R\, I_z\,]$ отражает тот же смысл, что и в (22).

Равновесное состояние экопотенциала (7) вычисляется по выражению:

$$R = R_* - B_{41}(x - x_*) +$$
$$+ B_{42}(l - l_*) + B_{43}(Q - Q_*) +$$
$$+ B_{44}(\Delta r - \Delta r_*) + B_{45}(\Delta Q - \Delta Q_*).$$

И, наконец, равновесное состояние социума, согласно (20)—(24), вычисляется из условия: $\Delta l = 0$, где

$$\Delta l = B_{21}(V_2 l - A_{21} x - A_{22} l - A_{23} Q -$$
$$- A_{24}\Delta r - A_{25}\Delta Q) +$$
$$+ B_{22}(\mathrm{M}(A_{21} x + A_{22} l + A_{23} Q +$$
$$+ A_{24}\Delta r + A_{25}\Delta Q) \otimes 1_{2w}^T\, c -$$
$$- l \otimes (A_2^T (I_w - E_{2w}) + l_{2Q}^T A_Q^T A_5^T V_L)\, c) +$$
$$+ B_{23}(l_{2Q}^T Q - l) + B_{24}(R - R_*).$$

В приведенных обозначениях искомый образ задач о сбалансированном сосуществовании может быть введен следующими условиями.

Задача 1. Оптимальные балансы при свободных инвестициях.

Введем критерий оптимизации:

$$J_1(q_1, \Delta Q) = \alpha_1 \Delta\Phi + \alpha_2 R^T P_1 R - \alpha_3 \Delta l^T P_2 \Delta l, \tag{25}$$

где $P_1, P_2 > 0$ — положительно определенные матрицы, $\alpha_i \ge 0$, $\sum_1^3 \alpha_i = 1$ — весовые коэффициенты, $q_1 = [x\ l\ \Delta r\,]^T$ — вектор параметров оптимизации.

Сформулированная задача имеет следующую запись:

$$q_1^*(\Delta Q) = \operatorname{Arg\,max} J_1(q_1, \Delta Q), \; q_1 \le Q. \tag{26}$$

В случае (25), (26) территория удовлетворяет условиям самофинансирования, если для произвольно малого $\varepsilon_\Delta > 0$ выполнено:

$$\Delta\Phi^* = \Delta\Phi(q_1^*, \Delta Q) > 0, \tag{27}$$

при $\|\Delta Q\| \ge \varepsilon_\Delta > 0$, где $\|\cdot\|$ — обозначение евклидовой нормы вектора [*Стренг, 1980*].

Условия (25)—(27) подсказывают схему формирования содержательных задач подобного смысла.

Задача 2. Сбалансированное нормирование с последовательным сокращением числа проживающих:

$$J_2(q_2, \Delta Q) = \alpha_1 \Delta\Phi +$$
$$+ \alpha_2 R^T P_1 R - \alpha_3 (\Delta l + \delta)^T P_2 (\Delta l + \delta),$$

где $q_2 = [x\ I_*\ \Delta r\ ]^T$, δ — вектор желаемых сокращений, I_* — текущие значения вектора социальных показателей.

Подобно (26), задача вводится условием:

$$q_2^*(\Delta Q\ ) = \mathrm{Arg\ max}\ J_2(q_2, \Delta Q\ ),\ q_2 \le Q,\ I = I_*.$$

Задача 3. В условиях экологического нормирования: $R^T P_1 R = \delta R_*$ можно говорить о стратегиях оптимального социально-экономического развития, т. е.

$$q_3^*(\Delta Q\ ) = \mathrm{Arg\ max}\ J_1(q_3, \Delta Q\ ),$$

$$q_3 \le Q,\ R^T P_1 R = \delta R_*.$$

Задача 4. Большой практический интерес представляет вопрос описания множества стационарных состояний территории, заданных уровнем рентабельности производств:

$$\Sigma_\Phi = \{[q\ \Delta Q\ ]^T : q \le Q,\ \Delta\Phi \ge \Phi\}. \qquad (28)$$

Заметим, что в условиях рынка, когда перепроизводство влечет большие затраты, выведенное множество Σ_Φ ограниченно и замкнуто. Причем для любых значений Φ_i $i = 1, 2, \ldots$ таких, что $\Sigma_{\Phi_i} \ne \varnothing$ (непустое множество) выполнено

$$\{\forall\ i, j, : \Phi_i < \Phi_j\ \} \Rightarrow \{\Sigma_{\Phi_j} \subset \Sigma_{\Phi_i}\ \}.$$

Введенное условием (28) множество Σ_Φ является важнейшей характеристикой территории, которая указывает на социальную, экономическую и экологическую емкость района с заданным уровнем рентабельности.

Литература

Коптюг В. А. Устойчивость трансформирующихся нелинейных систем — острые проблемы на пути к устойчивому развитию. Выступление на Международной конференции, 29 июня 1995 г. // Наука спасет человечество. Новосибирск, Издательство СО РАН НИЦ ОИГГМ, 1997, с. 212.

Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем: Пер. англ. М., Мир, 1972, 334 с.

Моисеев Н. Н. Человек, среда, общество. М., Наука, 1981.

Растригин Л. А. Адаптация сложных систем. Рига, Зинатне, 1981, 375 с.

Стренг Г. Линейная алгебра и ее применения. М., Мир, 1980, 454 с.

Форрестер Дж. Мировая динамика. М., Мир, 1984, 212 с.

Поступила в редакцию
16 февраля 1998 г.