

СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ПРИРОДНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА “АВТОНОМНАЯ РЕСПУБЛИКА КРЫМ”

Апатова Н. В., Буякевич М. В.

Модель - это прежде всего инструмент исследования и понимания. Модель - это образ объекта, созданный языком науки, это не копия 1:1, а упрощенная версия некоторой части реального мира. Это такое упрощение, которое делает модель полезной, потому что предлагает достаточно исчерпывающую и всеобъемлющую версию проблемной ситуации. Это упрощение в то же время является большим недостатком. Создание всеобъемлющей, функционально отражающей части реального мира, которая охватывает все существующие элементы и механизмы реальной системы, является очень сложной и практически неразрешимой задачей. Поэтому особенно важно уделять внимание и учитывать развитие идеи, последовательность действий и создание концепций при выборе и разработке соответствующей модели для частной проблемы.

На протяжении лет приемы и способы моделирования развивались для различных целей, включая процессы научных исследований и решения различных задач. В зависимости от их назначения, можно выделить следующие типы моделей:

(1) описательные или исследовательские модели, предназначенные для предварительного анализа соответствующей проблемы или для создания начального представления, которое может служить основой для более тщательного исследования структуры и отношений;

(2) исследовательские модели, развивающие основные наблюдения как за входными, так и выходными данными и нацеленные на прояснение работы системы;

(3) прогнозные модели, основанные на знании входных данных и структуры системы, они используются для исследования развития прогнозируемых изменений;

(4) предписывающие, контролирующие или модели управления, т.е. специфический тип прогнозирующих моделей, разрабатываемых на основе методов оптимизации и описывающие условия, благодаря которым становится возможным достижение целей. Здесь результат определен заранее, необходимо оценить входные воздействия ;

(5) оценочные модели, которые обосновывают структуру и алгоритм для представления последствий (столкновений) альтернативных выборов соответственно выбору множества критериев и весовых функций.

В политике и управлении модели в основном используются для генерации альтернативных решений проблем и оценки преимуществ того или иного решения. В связи с этим описательные и исследовательские модели являются частью и необходимой стадией в разработке моделей последнего типа. После этой стадии наступает

имитация или оптимизация для окончательного решения проблемы. Связь между моделями различного типа представлена на рис.

На рис. 2 представлена классификация моделей окружающей среды и моделей природных ресурсов. Слева и справа расположены «крайние» случаи: модели окружающей среды и природных ресурсов, как монодисциплинарные. Классы экономико-экологических моделей и моделей экономики окружающей среды используют в качестве входных и выходных данных как природные ресурсы, так и загрязнения. Класс экономико-экологических моделей состоит из двух классов моделей, связанных потоками данных о природных ресурсах и загрязнениях.

Система моделей природно-экономического комплекса (СМПЭК) «Крым» представляет собой совокупность математических соотношений, описывающих динамику небιологических и биологических ресурсов Крыма, зависящих от воздействий экономики и человека. Организационно СМПЭК состоит из следующих функциональных блоков моделей: *межотраслевого баланса (МОБ), динамики природных ресурсов (ДПР), поиска невозмущенных состояний (ПНС), генерирования рядов абсолютных запасов (ГРАЗ) ресурсов, принятия управленческих решений (ПУР).*

Глобальной целью разрабатываемой СМПЭК является устранение проблемных ситуаций, возникающих в связи с принятием решений, эффективных с точки зрения сегодняшнего дня, но неэффективных для будущего. Областью применения СМПЭК является процедура принятия управленческих природоохранных решений, которая реализуется для компетентного административного органа с целью выработки системы эффективных мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Данная процедура представляет собой последовательную работу (в диалоговом режиме) программно-реализованных блоков моделей ГРАЗ, ПНС, МОБ, ДПР и ПУР.

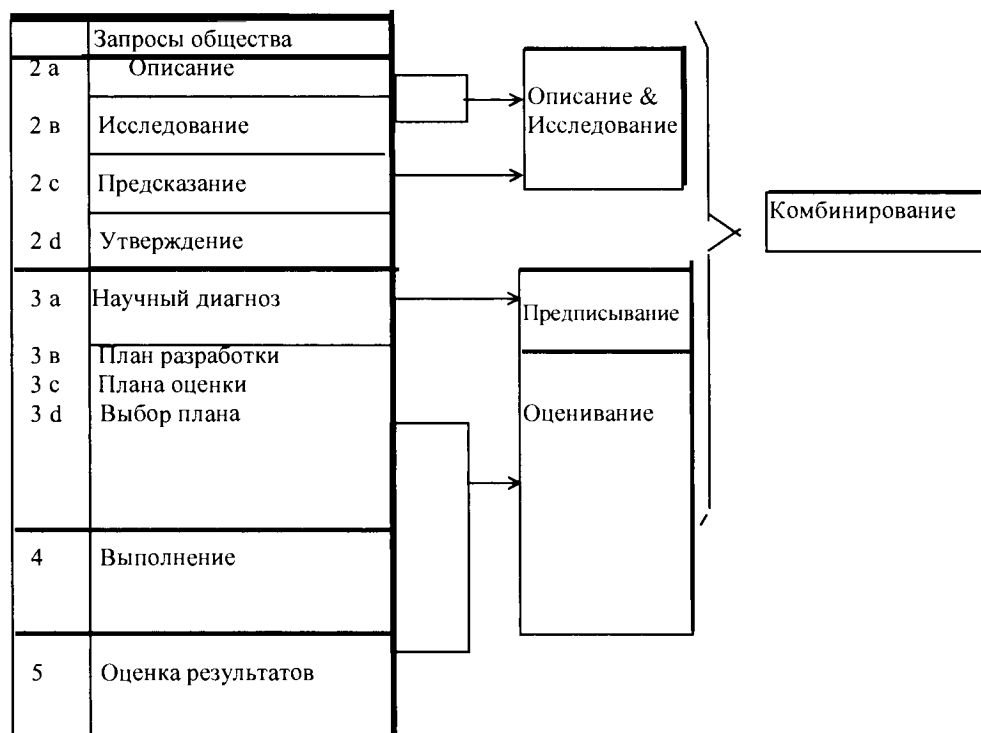


Рис.1. Выбор наиболее подходящего способа моделирования для поставленной задачи

Таблица 1

Отрасли экономики и показатели среды и ресурсов

Отрасли экономики	Показатели среды и ресурсов
1. Добывающая промышленность	1. Суммарная приведенная концентрация примесей в воде
2. Перерабатывающая	2. Концентрация характерной примеси в воде
3. Сельское хозяйство	3. Суммарная приведенная концентрация примесей в воздухе
4. Транспорт	4. Концентрация характерной примеси в воздухе
5. Капитальное строительство	5. Бонитет почвы
6. Энергетика	6. Площадь сельскохозяйственных земель
7. Пищевая промышленность	7. Лесопокрытая площадь
8. Машиностроение и металлообработка	8. Приведенный запас минеральных ресурсов
9. Легкая промышленность	9. Приведенный запас биологических ресурсов
10. Лесопереработка и целлюлозно-бумажная промышленность	
11. Промышленность стройматериалов	
12. Прочие	
13. Рекреация	

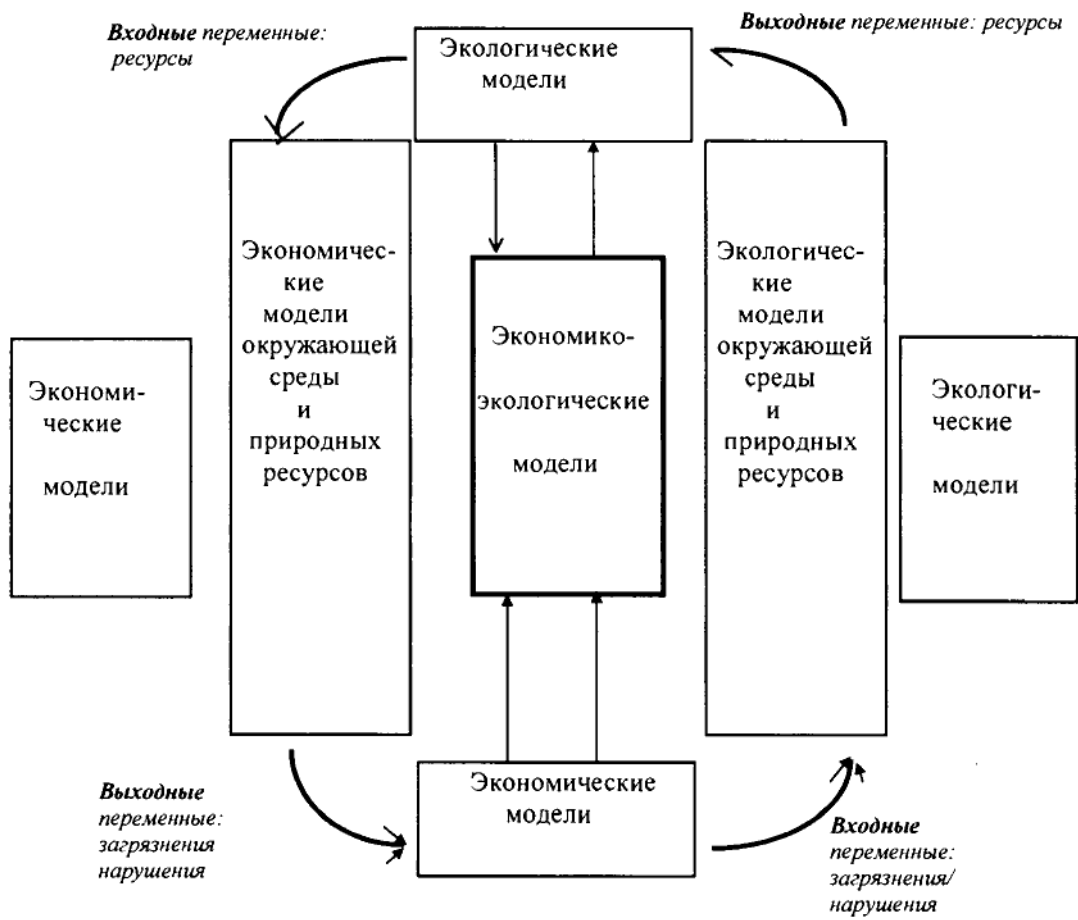


Рис. 2. Монодисциплинарные и мультидисциплинарные типы моделей

Блок МОБ представлен тринадцатитраслевой (табл. 1) моделью леонтьевского типа:

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \bar{A}\bar{v} + \bar{B}\bar{u} + \bar{A}^{(z)}\bar{z} + \bar{B}^{(z)}\bar{w} + \bar{p} + \bar{v}^j + \bar{v}^u, \\ (0 \leq \bar{v} \leq \bar{V}, \quad 0 \leq \bar{z} \leq \bar{Z}), \end{aligned} \quad (1)$$

где $\bar{v}, \bar{v}^j, \bar{v}^u$ – соответственно векторы стоимостей выпуска валовой продукции чистых отраслей МОБ, экспорта и импорта продукции, тыс. грн.; \bar{u}, \bar{w} – соответственно векторы скоростей капитальных вложений в основные и ресурсовосстановительные фонды, тыс. грн.; \bar{z}, \bar{Z} – соответственно векторы валовых затрат на восстановление природных ресурсов и мощности природовосстановительных отраслей, тыс. грн.; \bar{p} – вектор конечного непродовольственного потребления, тыс. грн.; \bar{V} – вектор производственных мощностей отраслей, тыс. грн.;

$\bar{A}, \bar{A}^{(z)}$ – соответственно матрицы прямых удельных производственных и ресурсных затрат, безразмерные; $\bar{B}, \bar{B}^{(z)}$ – соответственно матрицы фондообразующих производственных и ресурсных затрат, безразмерные.

Блок МОБ используется как источник следующих переменных: непродовольственного потребления – p_i валового выпуска – v_i производственной мощности – V_i , мощности ресурсовосстановительной отрасли – Z_i ($i = \overline{1,13}$).

Векторы $\bar{u}, \bar{v}, \bar{V}, \bar{z}, \bar{Z}, \bar{p}$ являются векторами выходных переменных блока МОБ, используемых в качестве экзогенных в блоке ДПР, который представлен следующей системой однородных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{R}}{dt} &= \bar{Q}(\bar{R} - \bar{R}^*) - (\bar{C}\bar{v} + \bar{D}\bar{u}) - \bar{F}\bar{p} - \bar{D}^{(z)}\bar{w} + \\ &+ \bar{I}\bar{z} + \bar{\alpha}N + \bar{r}^3 - \bar{r}^u, \quad (\bar{R}_{\min} \leq \bar{R} \leq \bar{R}_{\max}), \end{aligned} \quad (2)$$

где \bar{R}, \bar{R}^* – соответственно векторы значений природных ресурсов в возмущенном и невозмущенном (т. е. без учета влияния экономики и человека) состоянии; $\bar{R}_{\max}, \bar{R}_{\min}$ – соответственно векторы наибольших и наименьших значений ресурсов; \bar{Q} – матрица скоростей самовосстановления и взаимовлияния ресурсов; \bar{C} – матрица, учитывающая эффективность изъятия ресурса, необходимого для производства единицы продукции (матрица удельных ресурсных затрат); $\bar{D}, \bar{D}^{(z)}$ – соответственно матрицы удельных производственных и ресурсовосстанавливающих фондообразующих затрат; \bar{F} – матрица удельных затрат ресурсов на непродовольственное потребление отраслями региона; \bar{I} – диагональная матрица (индикатор

роста биологических ресурсов); $\bar{\alpha}$ – вектор влияния населения региона на естественные ресурсы; N – численность населения рассматриваемого региона; \bar{r}^e, \bar{r}^i – соответственно векторы величин перетоков ресурсов (экспорт, импорт) между выделенными районами.

Для моделирования региональных особенностей, связанных с пространственным распределением труда, проводилось предварительное районирование Крымского региона, результатом которого явилось выделение четырех ячеек: региона в целом, северного промышленного района, центрального агропромышленного района и южного аграрно-промышленного рекреационного района. Этот факт в модели отражается посредством использования у переменных верхнего индекса m ($m = \overline{1,4}$).

В блоке ДПР используется следующая структура агрегированных природных ресурсов: R_1^m, R_2^m – соответственно удельные концентрации приведенного и характерного загрязнителей воды m -го района, безразмерные; R_3^m, R_4^m – соответственно удельные концентрации приведенного и характерного загрязнителей воздуха m -го района, безразмерные; R_5^m – средний бонитет почв m -го района в баллах, безразмерный; R_6^m – площадь сельскохозяйственных угодий m -го региона, тыс. га; R_7^m – площадь лесопокрытой зоны m -го района, тыс. га; R_8^m – приведенные запасы минеральных ресурсов m -го района, тыс. грн; R_9^m – приведенные запасы биологического ресурса, тыс. грн.

Блок ДПР является ядром СМПЭК “Крым”, в котором под действием векторов управляющих воздействий экономики $\bar{p}, \bar{v}, \bar{V}, \bar{z}$ происходит прогнозирование на заданный интервал времени значений ресурсов. Это достигается интегрированием системы дифференциальных моделей (2) по методу Эйлера с автоматическим выбором шага дискретизации.

Блок поиска невозмущенных состояний (ПНС) предназначен для анализа временных рядов запасов ресурсов и их поиска на основе множества не возмущенных действиями экономики и человека состояний ресурсов, число которых выбирается равным числу анализируемых временных рядов.

В блоке ПНС производится выбор невозмущенного состояния по каждому из ресурсов $R_j^m, (j = \overline{1,9}; m = \overline{1,4})$. Под невозмущенным состоянием запаса j -го ресурса m -го района понимается некоторое его естественное состояние в среде, изолированной от влияния антропогенных факторов. При этом рост запаса данного ресурса асимптотически стремится к некоторому предельному значению $R_j^{*(m)}$.

На практике очень трудно определить момент времени t_{in} , соответствующий началу невозмущенного состояния, которое в идеальных условиях может длиться сколь угодно долго. Однако в реальных условиях, связанных с деятельностью общества и человека, время нахождения ресурса в невозмущенном состоянии зависит от баланса воздействия на его рост со стороны окружающей среды.

Функцией блока ГРАЗ является воспроизведение временного ряда запасов (по любому из ресурсов) на базе информации о добыче и учетах, в котором затем устраняются аномальные значения и производится сглаживание.

Блок ПУР предназначен для анализа результатов прогнозирования каждого природного ресурса и выбора на основе экономического векторного критерия некоторого множества приемлемых вариантов (сценариев) развития природно-экономического комплекса, содержащего оптимальный по заданному экономическому критерию вариант.

Блок ПУР производит контроль каждого прогнозируемого в момент времени t значения j -го ресурса m -го региона, сравнивая его со значением ресурса в невозмущенном состоянии. В результате этого для каждого j -го ресурса m -го региона на всем интервале прогнозирования $[t_{k+1}, T]$, где t_k и T – моменты времени, соответствующие концам временного ряда $\{R_{jt}^m\}$ и интервала прогнозирования, вычисляется величина

$$\varepsilon_j^m = \sqrt{\sum_{t=t_{k+1}}^T (R_{jt}^m - R_j^{*(m)})^2 / (T - t_k)}, \quad j = \overline{1, 10}$$

Вектор среднеквадратических отклонений прогноза от невозмущенного состояния ε^m , сформированный для всего множества ресурсов R_j^m m -го района, сравнивается с вектором некоторых эталонных значений $\varepsilon^{*(m)}$, которые определяют минимальные границы варьирования прогнозов каждого из ресурсов вокруг его значения в невозмущенном состоянии.

Далее проводится вычисление следующей оценки:

$$F^m = \sum_{j=1}^9 \omega_j (\varepsilon_j^m - \varepsilon_j^{*(m)})^2,$$

где ω_j , – введенный экспертно вес j -го ресурса, характеризующий его народнохозяйственную важность ($\omega_j < 1, \sum \omega_j = 1$). Критерием формирования множества допустимых решений является $F_l^m > F^{*(m)}$ ($F^{*(m)}$ – некоторое критическое значение, а F_l^m – оценка l -го варианта прогноза для m -го региона).

Окончательный выбор приемлемого варианта развития природно-экономического комплекса осуществляется по критерию минимума суммарной мощности ресурсовосстановительных отраслей

$$\min\left(\sum_{j=1}^9 Z_j^l\right),$$

где Z_j^l – производственная мощность ресурсовосстановительных отраслей в l -м варианте развития, исчисляется в стоимостной форме.

Исходную информацию для идентификации параметров будем считать заданной в виде матриц временных рядов.

Литература

1. Приложение математических моделей у анализе эколого-экономических систем. - Новосибирск: Наука, 1988. - 215 с.
2. М.Я. Лемешев, О.А. Щербина. Оптимизация рекреационной деятельности. - М.: Экономика, 1986. - 160 с.
3. L.C. Braat, W.F.J. Lierop. Economic-Ecological Modeling. Elsevier Science Publishers B.V. - Amsterdam, 1991. - 300 pp.