

Рамазанов С.К., д.т.н., д.е.н., професор
Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля,
м. Луганськ – Северодонецьк,
Полтавський університет економіки і торгівки, м. Полтава

ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ СОЦІАЛЬНО - ЕКОЛОГО – ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ СТОХАСТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Вступ. Для прогнозування нелінійної динаміки еколого - економічних і соціально - гуманітарних систем (ЕЕСГС) в сучасних умовах актуальною проблемою є розробка і дослідження інтегрованих моделей на базі використання інформаційних і інноваційних технологій. Такий підхід в повному об'ємі підтверджується думкою багатьох видатних учених вираженої із приводу концепції стійкого розвитку, яка з'явилася в результаті об'єднання трьох основних моделей і точок зору (триєдиній моделі): економічною, соціальною і екологічною, а також гуманітарної підсистеми [1-6].

Мета роботи є розробка інтегральної соціально - еколого - економічної стохастичної моделі динаміки для прогнозування стану техногенних регіональних виробництв (ТРВ) та управління, придатних для кризових умов.

Виклад основних результатів. Запропонований огляд і аналіз деяких отриманих останніми роками різними авторами результатів по макро і мікромоделюванню динаміки еколого-економічних і соціогуманітарних систем і процесів, які функціонують і розвиваються в складних умовах нелінійностей, нестабільностей і криз.

Більшість створених раніше закремих моделей ЕЕСГС мають теоретичний і детермінований характер і досить проблемно з точки зору наявності інформації для їх реалізації. У зв'язку з цим завдання управління техногенним регіональним виробництвом в умовах кризи обумовлює об'єктивну необхідність вдосконалення методів, моделей і інформаційних технологій на основі стохастичних диференціальних рівнянь для прогнозування і управління ЕЕСГС. У роботі [1-3] досліджений процес вдосконалення механізму управління ТРВ шляхом розробки методів, моделей і інформаційних технологій соціально-еколого-економічного управління (СЕЕУ) в умовах кризи. Це дослідження є розвитком результатів робіт автора [1-6] по еколого-економічному моделюванню і управлінню на випадок обліку стохастичних чинників впливу.

Концептуальну модель прогнозування і управління еколого-економічними процесами (ЕЕП) техногенного економічного об'єкту (ТЕО) в умовах наявності «НІ - і БАГАТО - чинників» можна представити у вигляді теоретико-множинної моделі тобто як кортеж:

$$\langle X, Y, F, H, R, E, \Omega, T, G, K_u, K_p, P, U \rangle, \quad (1)$$

де X - безліч можливих станів техногенного економічного об'єкту; $Y = \langle Y^{\text{екн}}, Y^{\text{екл}} \rangle$ - загальний вихід техногенного економічного об'єкту, причому $Y^{\text{екн}}$ - продуктивна множина (тобто «корисний вихід»), а $Y^{\text{екл}}$ - безліч забруднень (тобто «шкідливий вихід»); $F = \langle F^{\text{екн}}, F^{\text{екл}} \rangle$ - модельне відображення ТЕО; $H = \langle H^{\text{екн}}, H^{\text{екл}} \rangle$ - загальний оператор спостережень (вимірів); R - ресурсна множина (тобто основний контрольований вхід ТЕО); E - безліч невизначених чинників (як зовнішніх, так і внутрішніх, тобто як аддитивних, так і мультиплікативних), зокрема, ця множина стохастичної, нечіткої, множинної або змішаною неопределенностей; Ω - безліч обмежень; T - часовий інтервал функціонування і розвитку ТЕО; G - цільова множина; K_u - узагальнений еколого-економічний критерій управління (ЕЕК); K_p - узагальнений критерій оптимізації прогнозування (КОП); P - оператор еколого-економічного прогнозування; $U = \langle U^{\text{екн}}, U^{\text{екл}} \rangle$ - вектор еколого-економічного управління (ЕЕУ). Позначення «екн» і «екл» відповідають економічним і екологічним змінним.

Тоді завдання оптимального еколого-економічного прогнозування, тобто визначення предиктора, як для внутрішніх, так і для зовнішніх процесів можна сформулювати таким чином: визначити оцінку $\hat{x}(T + \delta)$, $\delta = \delta_0, \delta_1, \dots$ вектору стану $x(T + \delta)$ при заданому кроці прогнозу δ на основі безлічі еколого-економічних спостережень $\{y(t), t \in [t_0, T]\}$ і по заданому КОП K_p . Завдання ЕЕУ тепер полягає у визначенні ефективного інтегрального вектору управління $U = \langle U^{\text{екн}}, U^{\text{екл}} \rangle$ на основі оцінок $\hat{x}(T + \delta)$, $\delta = \delta_0, \delta_1, \dots$ і нелінійної динамічної еколого-економічної моделі ТЕО, що забезпечує досягнення мети G при заданому узагальненому еколого-економічному критерію K_u і обмеженнях Ω з урахуванням умов неопределенностей і ризиків.

Інтегральна соціо-еколого-економічна динамічна модель поведінки з духовно-моральними змінними концептуально може бути представлена, в загальному (у блоковому) вигляді:

$$\begin{cases} \dot{X}_1 = f_1(X_1, X_2, X_3, X_4; P_1, \xi_1), \\ \dot{X}_2 = f_2(X_1, X_2, X_3, X_4; P_2, \xi_2), \\ \dot{X}_3 = f_3(X_1, X_2, X_3, X_4; P_3, \xi_3), \\ \dot{X}_4 = f_4(X_1, X_2, X_3, X_4; P_4, \xi_4), \end{cases} \quad (5)$$

де $x = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ - об'єднаний вектор поведінкових змінних і станів соціо-еколого-економічної системи з урахуванням змінної рівня духовності (СЕЕСД) - X_4 , причому в (5) $X_1 = X_1(t)$ - вектор економічних змінних; $X_2 = X_2(t)$ - вектор екологічних змінних (змінних забруднення); $X_3 = X_3(t)$ - вектор соціальних змінних; $P = (P_1, P_2, P_3, P_4)$ - сукупний вектор параметрів СЕЕСД (внутрісистемні і зовнішнього середовища); $\Xi = (\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4)$ - вектор зовнішніх випадкових і невизначених змінних. Наприклад, для ТРВ [2,3] $X_1 = (K_1, L_1, I, \tau, C)$, $C = (C_1, C_2, C_3, C_4)$ - вектор деяких параметрів споживання (витрат),

а C_1 - величина соціального споживання (тобто на зарплату і т. п.), $C_2 = C_s$ - споживання на екологію, $C_3 = C_s$ - споживання на безпеку, $C_4 = C_i$ - об'єм інвестицій на інноваційні, інформаційні і гуманітарні технології.

Стохастична модель нелінійної динаміки СЕЕС з хаотичною поведінкою:

$$\partial X_i / \partial t = A_i [\xi_i (r_i X_i - \sum_{j \neq i} b_{ij} X_i X_j - a_i X_i^2) + D_i(x, y) \Delta X_i] + \zeta_i + u_i,$$
 де X_i - координати вектору стану системи, причому $X_i \equiv X_i(t, x, y)$; $i, j = 1, 2, \dots, n$; r_i - коефіцієнт репродукції; a_i - параметр насичення, обмежуюче зростання; b_{ij} - параметр взаємодії між підсистемами (суб'єктами господарської діяльності); $D_i(x, y)$ - коефіцієнт дифузії i - й підсистеми в точці (x, y) ; $\xi_i \equiv \xi_i(t, x, y)$ і $\zeta_i \equiv \zeta_i(t, x, y)$ - стохастичні мультиплікативні і адитивні складові моделі, відповідно; $u_i \equiv u_i(t, x, y)$ - координати вектору управлінських рішень; A_i - масштабуючий коефіцієнт, Δ - лапласиан, тобто $\Delta(*) = \partial^2(*) / \partial x^2 + \partial^2(*) / \partial y^2$, а $t \in [0, T]$ - інтервал часу функціонування і розвитку системи [1,2].

Принцип системної динаміки стохастичних процесів. Принцип системної динаміки стохастичних процесів або метод системної динаміки (МСД) - це метод вивчення складних систем з нелінійними зворотними зв'язками, а також при наявності екзогенних та ендогенних стохастичних впливів:

$$dX = F(X^+, X^-, W) \equiv \alpha X^+ - \beta X^- + \sigma(X, t) dW_t, \quad (6)$$

де $\alpha, \beta > 0$, W_t - стандартний броунівський рух; σ - коефіцієнт волатильності.

Для стохастичної моделі динаміки системи в дискретному випадку можна використати різницеве рівняння: $x(t+1) = f(x(t), t) + w(x(t), t)$, $t \in T$, де f - умовне середнє від $x(t+1)$ при заданому $x(t)$, а w - випадкова величина з нульовим середньому. При прийнятті поняття білого шуму з безперервним часом, то рівняння динаміки можна представити як: $\frac{dx}{dt} = F(x, t) + \sigma(x, t)e(t)$, де $\{e(t), t \in T\}$ - білий шум з безперервним часом.

Наприклад, динаміка капіталу (для фондовооруженості) може істотно залежати від випадкових чинників, які ми врахуємо, додавши в рівняння стохастичний доданок σdW_t , тобто диференціальне рівняння матиме вигляд:

$$dk_t = -(\mu + \nu)k_t + \rho F(k_t, 1)dt + \sigma k_t dW_t.$$

Тут W_t - стандартний броунівський рух; σ - коефіцієнт волатильності приросту капіталу, а стохастичний доданок σdW_t в рівнянні характеризує вплив екзогенних випадкових чинників на динаміку системи.

Для моделі праці використовують рівняння типу Ферхюльста або Гомперца і стохастична модель у вигляді стохастичного логістичного рівняння Ферхюльста: $dL_t = (a + bL_t)(L^0 - L_t)dt + \sigma \cdot (L^0 - L_t)dW_{L_t}$, як стохастичне диференціальне рівняння, де L^0 - загальне (граничне) число працюючих; $L^0 - L_t$ - об'єм потенційного ринку праці; W_{L_t} - стандартний вінерівський процес, σ -

волатильність ринку праці, т. е. $\sigma \cdot (L^0 - LK_t) dW_{iL}$ - випадковий процес, пропорційне неохопленій частині ринку праці.

Нелінійна модифікована динамічна модель системи при логістичному характері зміни L має вигляд [4]:

$$\begin{cases} \dot{k}(t) = \alpha f(k) - n_0(1 - \eta(t))k(t), & k(t_0) = k_0, \\ c(t) = (1 - \alpha)f(k), \\ \dot{\eta}(t) = n_0\eta(t)(1 - \eta(t)), & \eta(t) \equiv L(t) / L_{\max}, \\ \eta(t_0) = L_0 / L_{\max}. \end{cases}$$

Для вирішення завдань ЕЕУ на основі приведених стохастичних і детермінованих моделей можна скористатися відомими класичними методами оптимального управління з обмеженнями [3-6].

Висновки. Розроблена інтегральна соціально - еколого - економічна стохастична модель динаміки для прогнозування стану техногенних регіональних виробництв та управління, придатних для кризових умов. Відмітимо, що при моделюванні динаміки капіталу, праці, ресурсів та інших факторів використано узагальнене стохастичне логістичне рівняння Ферхюльста. Більшість створених раніше моделей соціально- еколого- економічних систем (СЕЕС) моделей мають теоретичний і детермінований характер і досить проблемно з точки зору наявності інформації для їх реалізації. У зв'язку з цим завдання прогнозування і управління техногенним регіональним виробництвом в умовах кризи обумовлює об'єктивну необхідність вдосконалення методів, моделей і інформаційних технологій на основі стохастичних рівнянь для прогнозування і управління СЕЕС.

Список використаної літератури

1. Рамазанов С.К., Сергиенко А.В. Социо-эколого-экономическое моделирование и управление техногенным региональным производством в условиях кризиса. - С. 199-218; Моделирование и информационные технологии в исследовании социально-экономических систем: теория и практика: Монография/ Коллектив авторов. // Под ред.. д.э.н., проф.. В.С. Пономаренко, д.э.н., проф. Т.С. Клебановой. – Бердянск, 2014. - 604 с.
2. Рамазанов С. К. Моделювання соціально – еколого - економічної динаміки в нестабільному середовищі /С. К. Рамазанов // Інформатика та системні науки (ІСН-2015): матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю, (м. Полтава, 19–21 берез. 2015 р.). – Полтава: ПУЕТ, 2015.
3. Рамазанов С.К., Рогоза Н.Є., Мусаєва Е.К. Нелінійний моделі та аналіз складних систем: навчальний посібник / Під ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ – Полтава: ПУЕТ, 2009. – 636 с.
4. Рамазанов С.К. Инструменты эколого-экономического управления предприятием: [монография] / С. К. Рамазанов. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2008. –351 с.
5. Рамазанов С. К. Інноваційні технології антикризового управління економічними системами. Монографія/ С.К. Рамазанов, Г.О. Надьон, Н.І. Кришталь, О.П. Степаненко, Л.А. Тимашова; Під ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 584 с.
6. Рамазанов С. К., Бурбело О. А., Вітлінський В. В. и др. Ризики, безпека, кризи і сталый розвиток в економіці: методології, моделі, методи управління та прийняття рішень. Монографія / Під заг. ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2012. – 948 с.