

УДК 519.6:658.5

ЕВОЛЮЦІЙНІ МОДЕЛІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДИНАМІКИ ТЕХНОГЕННОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ КРИЗИ

С. К. Рамазанов, д. т. н., д. е. н., професор,
професор кафедри економічної кібернетики
Полтавський університет економіки і торгівлі,
зав. кафедрою економічної кібернетики
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля
sratazanov@i.ua;

Є. І. Івченко, к. т. н., доцент,
доцент кафедри економічної кібернетики
Полтавський університет економіки і торгівлі
pnic@issu.org.ua

Розглянута проблема створення еволюційних моделей соціально-еколого-економічної динаміки техногенного підприємства, функціонуючих в умовах криз.

Ramazanov S.K., Ivchenko E.I. Evolutional models of social-ecologic-economics dynamics of technogenic enterprise is in the conditions of crises. The considered problem of creation of evolutional is models of social-ecologic-economics dynamics of technogenic enterprise, functioning in the conditions of crises.

Ключові слова: МОДЕЛІ ЕВОЛЮЦІЙНОЇ ДИНАМІКИ, СТАБІЛЬНИЙ РОЗВИТОК, КРИЗА.

Keywords: MODELS OF EVOLUTIONAL DYNAMICS, STABLE DEVELOPMENT, THE CRISIS.

Вступ. Проблема стійкого розвитку має аспекти: системний, синергетичний, екологічний, економічний, математичний, інформаційний, філософський, юридичний, освітній і так далі. У роботі розглядається аспект інтеграції 4-х сфер діяльності і функціонування: соціально-еколого-економічної і гуманітарною (СЕЕГ), включаючи духовно-моральні і культурні технології. Парадигма стійкого розвитку вимагає переходу від дослідження окремих функціонуючих ізольованих систем до дослідження інтегральних еволюціонуючих систем, актуалізації і посилення системно-синергетичних зв'язків відкритої системи і його

оточення [1, 2]. Існуючі «монодисциплінарні» концепції, лінійні статичні моделі, репродуктивно-репрезентативні методи (що відбивають лінійність наших знань), критерії прибутковості, оптимальності повинні поступатися місцем міждисциплінарним, системно-синергетичним, еволюційним нелінійним моделям і методам прогнозування і витягання знань, управління (що відбиває нелінійність законів природи і суспільства), критеріям раціональності, локальної оптимальності, відповідності «здоровому глузду». «Міждисциплінарна» парадигма розуміється не в інтуїтивному, технократичному зв'язку дисциплін, накопиченні квантів знань і умінь, а в актуалізації індивідуального і громадського інтелекту, освіти і вивченні нових структур, які самоорганізуються і є стійкими.

Відмітимо також, що системно мисляча і діюча людина, як правило, прогнозує і зважає на результати своєї діяльності, порівнює свої можливості, враховує інтереси довкілля, наступних поколінь і необхідності ноосферного розвитку [2].

При дослідженні еволюції складної динамічної системи потрібна її декомпозиція на підсистеми з метою забезпечення: ефективності взаємодії з оточенням; оптимального обміну речовими, енергетичними, інформаційними ресурсами з підсистемами; еволюціонування системи в умовах динамічної зміни і переупорядкування цілей, структурної активності і складності системи; керованості системи, ефективних зв'язків з підсистемами системи, зворотного зв'язку. При цьому система еволюційно розвиваючись може стати системою, що задовольняє запитам оточення в майбутньому, не задовольняючи їм в сьогоденні (*проривна система*).

Важливо при цьому мати такі моделі, процедури моделювання, які враховують досить просто і інтегрально зв'язки на структурах, як усієї системи, так і її окремих підсистем. Для i -ої підсистеми системи структури S розглянемо вектор $x = (x_1(i), \dots, x_m(i))$ основних параметрів (без яких не можна описати і вивчити функціонування підсистеми відповідно до цілей і структури системи) і функціонал $s = s(x(i))$, який назовемо функціоналом активності (просто активністю) підсистеми. Для усієї системи розглянемо вектор стану системи x і активність $s(x)$, а також поняття потенціалу системи. Ці функціонали відбивають інтенсивність процесів в підсистемах і системі в цілому. Для завдань моделювання важливими будуть значення $s(t)_{\max}$, $s(t)_{\min}$, $s(t)_{\text{opt}}$ - максимальні, мінімальні і оптимальні значення активності i -ої підсистеми, а також аналогічні

значення для усієї системи (S_{\max} , S_{\min} , S_{opt}). В якості показника стану можна узяти також відношення значення цього показника до його нормованого значення.

Основні результати та перспективи дослідження даного напрямку [1, 2].

1. Концептуальну модель інтегрального еколого-економічного, соціального гуманітарного розвитку і управління складною системою в умовах невизначеності, нестабільності, складності і тому подібне "НІ - чинників" і "БАГАТО - чинників" можна представити у вигляді кортежу виду:

$$IS := \langle \langle E_c, E_n, S_o, H_u \rangle; \langle X_1, Y_1, F_1, G_1, K_1, \Omega_1 \rangle, R_1, U_1, E_1, T \rangle \quad (1)$$

де $\langle E_c, E_n, S_o, H_u \rangle$ - інтегральний кортеж основного набору систем, причому E_c - економіка (економічна система); E_n - довкілля (екосфера); S_o - соціальна сфера (соціальна система); H_u - гуманітарні компоненти в моделі. Кортеж $\langle X_1, Y_1, F_1, G_1, K_1, \Omega_1 \rangle$ складається із загальновідомих компонент для кожної вищезгаданих систем: $R_1 = \langle R_c, R_n, I_n, \tau_{II}, R_S \dots \rangle$ - кортеж ресурсів, причому R_c і R_n - економічні і екологічні ресурси; I_n - інвестиції; τ_{II} - інформаційні і інноваційні потенціали; R_S - ресурс для забезпечення безпеки від сукупності загроз, ризиків і криз.

Інтегральна модель ноосферного стійкого розвитку системи можна представити у вигляді інтегратора: $S = E_n \oplus E_c \oplus S_o \oplus H_u$, тобто як інтегральна «4-и-єдина» система, причому E_c - економічна система, E_n - екологічна система, S_o - соціальна система, H_u - гуманітарна система; $X(t, r)$ - стан інтегральної системи S; у просторі змінних $(t, r) \in [T \times R^3]$; X_0 - стан системи S в початковий момент часу t_0 ; W - безліч обурюючи чинників зовнішнього середовища [2].

2. Інтегральна соціо-еколого-економічна динамічна модель поведінки з духовно-моральними змінними концептуально може бути представлена, в загальному вигляді:

$$\begin{cases} \dot{X}_1 = f_1(X_1, X_2, X_3, X_4; P_1, \xi_1), \\ \dot{X}_2 = f_2(X_1, X_2, X_3, X_4; P_2, \xi_2), \\ \dot{X}_3 = f_3(X_1, X_2, X_3, X_4; P_3, \xi_3), \\ \dot{X}_4 = f_4(X_1, X_2, X_3, X_4; P_4, \xi_4), \end{cases} \quad (2)$$

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 (2) $X_1 = X_1(t)$ - 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 [1,2] $X_1 = (K_1, L_1, I, \tau, C)$, $C = (C_1, C_2, C_3, C_4)$ - вектор деяких параметрів споживання (витрат), а C_1 - величина соціального споживання (тобто на зарплату і т. п.), $C_2 = C_3$ - споживання на екологію, $C_3 = C_4$ - споживання на безпеку, $C_4 = C_i$ - об'єм інвестицій на інноваційні, інформаційні і гуманітарні технології.

3. *Стохастична модель системної динаміки.* Принцип системної динаміки стохастичних процесів або метод системної динаміки - це метод вивчення складних систем з нелінійними зворотними зв'язками. Він при наявності екзогенних та ендогенних стохастичних вплив можна представити як стохастичне диференціальне рівняння загального вигляду:

$$dX_j = F(X_j^+, X_j^-, W_{jt}) \equiv \alpha_j X_j^+ - \beta_j X_j^- + \sigma_j(X_j, t) dW_{jt}, \quad (3)$$

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

Нехай дана деяка керована система, про яку відомі лише s_{min} і s_{max} . Відома цільова функція управління $F(s(t), u(t))$, де $s(t)$ - активність (стан) системи у момент часу t , а $u(t)$ - управління з деякої безлічі U допустимих управлінь, причому вважаємо, що досяжно u_{opt} - оптимальне управління з U , причому $0 < t_0 < t < T$ і s_{min} (s_{max}).

Тоді міра успішності (по М. Моїсєєву) ПР по управлінню системою оцінюється як:

$$H = |(F_{max} - F_{min}) / (F_{max} + F_{min})|, \quad F_{max} = \max F(u_{opt}, s_{max}),$$

$$F_{\min} = \min F(u_{\text{opt}}, s_{\min}), t \in [t_0; T], s \in [s_{\min}, s_{\max}].$$

Збільшення H свідчить про успішність управління системою (прийнятого рішення, функції підсистеми, що управляє). Життєздатність підприємства рівносильна його виживаності і збереженню адаптаційних, еволюційних можливостей впродовж проміжку години, що задається, і в заданій економічній ніші. Підприємство життєздатне, якщо має певний соціально-економічний і виробничий потенціал.

Підмодель розвитку підприємства можна представити за законом (згідно динамічної моделі В. Вольтерра) виду:

$$\frac{dy(x)}{dt} = [a - by - cy(x-l) + w \sin vx - d \int_0^x y(z) f(x-z) dz] y, \quad y(0) = y_0,$$

$0 \leq x \leq L$, де $y(x)$ – вихід системи, що відповідає фактору розвитку x (наприклад, час); $a(x)$ - еволюціонування системи, $b(x)$ - лімітоване; $c(x)$ - вплив запізнення (лаг) l ; $w(x)$ - вплив періодичних коливань факторів середовища; v - періодичність цих коливань; $d(x)$ - вплив організаційних факторів; $f(x-s)$ – функція, що характеризує темп впливу внутрішніх факторів від зміни фактору x ; s - запізнення цього впливу; y_0 - початковий рівень виробництва при $x=0$.

Реальні системи типа СЕЕСД є стохастичними із-за випадкового характеру чинників довкілля і міри їх дії. Вважатимемо, що усі параметри a, b, c, d, w носять випадковий характер, а, отже, випадковий характер мають і значення y_i ; $i=0, 1, \dots, n$. Важно знайти оцінку T - очікуваній тривалості життєздатності підприємства, а також V - еволюційна місткість середовища, наприклад, економічної ніші.

У результаті комплексної формалізації отримаємо один з варіантів соціально-еколого-економічною моделі динаміки у вигляді наступної системи рівнянь [2]:

$$\dot{K}(t) = -\alpha K(t) + e^{br} F(K(t), L(t), R(t)) - C(t) - D(t), \quad K(0) = K_0,$$

$$Y = F(K, L, R) = \left[\beta_1 K^{\frac{\delta-1}{\delta}} + \beta_2 L^{\frac{\delta-1}{\delta}} + \beta_3 R^{\frac{\delta-1}{\delta}} \right]^{\frac{\delta}{\delta-1}}.$$

$$\dot{L}(t) = \gamma L(t) - \gamma_Z Z(t) + \gamma_C C(t), \quad L(0) = L_0,$$

$$\dot{R}(t) = d(K(t), L(t)) + \gamma_K K(t) - \gamma_L L(t) - Y(t), \quad R(0) = R_0,$$

$$\dot{Z} = f^*(c, K, L, R)(1 - \eta c) - g(Z), \quad Z(0) = Z_0.$$

де Y - обсяг «корисного» випуску, K - капітал, L - число працюючих, C - об'єм споживання, Z - об'єм забруднень

(«шкідливий» вихід), I - інвестиції, R - інші ресурси, D - витрати на заходи по зниженню забруднень. Тоді трійка (C, Y, D) визначає еколого-економічну політику розвитку, тобто $U \equiv (C, Y, D)$ - вектор управління. У разі інтегральної моделі управління функція корисності - це є функція параметрів/змінних $\tilde{u}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$, де $\{\alpha_k(t), k = 1, \dots, 4\}$ - частки витрат на невиробничі, екологічні витрати, на безпеку, інноваційні та інформаційні технології, а критерій оптимальності тепер є співвідношення:

$$J(c, k, z, L, \tau, S) = \int_{t_0}^T \tilde{u}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) \exp(-\theta t) dt \rightarrow \max_{\{\alpha_k\} \in \Omega}$$

Для вирішення завдань ЕЕУ на основі наведених стохастичних і детермінованих моделей можна скористатися відомими класичними методами оптимального керування з обмеженнями.

Висновок. Еволюційне моделювання за своєю природою внутрішньо адекватніше проблемам дослідження і прогнозування поведінки багатьох соціо-еколого-економічних і гуманітарних систем. Аналогічний висновок можна зробити і про апарат генетичних алгоритмів, часто використовуваний в еволюційному моделюванні. Хоча ми розглядали системи і аналітичні моделі із зосередженими параметрами, цей підхід і засоби ефективні і для дослідження систем з розподіленими параметрами.

Література

1. 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.

2. Рамазанов С. К., Бурбело О. А., Вітлінський В. В. та інші. Ризики, безпека, кризи і сталий 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.

3. Казиев В. М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем. – М.: ИНТУИТ, 2006. – 235 с.