

НЕЛІНІЙНА СТОХАСТИЧНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ КОНКУРЕНЦІЇ

Рамазанов С. К.

Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля

Abstract. The proposed development of methods of modeling the dynamics of the evolution of competition in multiagent structures and proposed: general multiagent nonlinear dynamics model, stochastic logistic model behavior of individual firms (agent), stochastic system dynamics model, stochastic model of the competition and its generalization to n agents. The results can be used in modeling socio - economic development processes and mathematical tools of description and evaluation of behavior.

Вступ. Багатоагенти системи (БАС) останнім часом є однією з важливих і перспективних областей розвитку теорії і методів економіко - математичного моделювання, інформаційних і комунікаційних технологій. Одним з актуальних напрямів робіт у рамках багатоагентного моделювання є дослідження конкуренції між різними агентами. Відмітимо, що повне зникнення конкуренції не вигідне - конструктивна конкуренція може і повинна призводити до змагання, пошуку нових рішень, до прогресивного розвитку. Проте агресивна конкуренція, при якій агресія призводить до жорстокої боротьби між агентами, до воєн, до вбивства одних агентів іншими, очевидно, вимагає усунення і переходу до конструктивної конкуренції.

Багато моделей, побудованих за допомогою агентного підходу, є чисто імітаційними, а алгоритми - чисто евристичними. Завдання теоретичного обґрунтування їх ефективності і оцінки їх поведінки залишається невирішеним. Усе це робить актуальним подальше теоретичне вивчення БАС, створення нових підходів, виділення нових сімейств, а також розвитку засобів їх опису, дослідження і реалізації, виведення прийомів і методів, як існуючих систем, що обґрунтовують використання, так і задаючих напрям їх поліпшення і створення нових систем, що мають певні властивості.

Метою роботи є дослідження і розробка інтегральної нелінійної стохастичної моделі динаміки еволюції мультиагентної конкуренції, вживаної при моделюванні соціально-економічних процесів і розвиток математичного апарату їх опису і оцінки поведінки.

Виклад основних результатів. Більшість створених раніше моделей соціально-еколого-економічних систем моделей мають теоретичний і детермінований характер і

досить проблемо з точки зору наявності інформації для їх реалізації. У зв'язку з цим завдання управління виробництвом в умовах конкуренції і кризи обумовлює об'єктивну необхідність вдосконалення методів, моделей і інформаційних технологій на основі стохастичних рівнянь з отриманим синергетичного ефекту [1,2]. В даній роботі запропоновані стохастичний підхід рішення декілька аспектів цієї проблеми.

1. *Нелінійна мультиагентная модель динаміки.* Інтегральна нелінійна динамічна модель взаємодій(взаємовідносин) складної багатоагентної системи можна представити в загальному вигляді:

$$\dot{X}(t) = A \bullet X_1(t) \bullet X_2(t) \bullet \dots \bullet X_k(t),$$

де X - сумарний (інтегральний, комплексний) об'єм усіх потоків (інформаційних, фінансових, енергетичних, матеріальних, транспортних і тому подібне), X_1, X_2, \dots, X_k - величини (об'єми) потоків окремих агентів(елементів, підсистем і тому подібне) і, нарешті, A - загальний масштабний (що нормує) коефіцієнт

2. *Стохастична логістична модель поведінки окремої фірми(агента) :*

$$\dot{X}_j = A_j X_j (X_j^0 - X_j) / X_j^0 + \sigma_j(X_j, t) e_j(t), \quad j = \overline{1, k},$$

де X_j^0, X_j - відповідно, максимально (гранично) можливе і поточне значення досліджуваної величини, причому X_j^0 не залежить від часу (X_j^0 - максимальний ресурс), а $\{e_j(t), t \in T\}$ - білий шум з безперервним часом, $\sigma_j(X_j, t)$ - коефіцієнт волатильності. Наприклад, для *моделі праці* використовують рівняння типу Ферхюльста у вигляді стохастичного логістичного рівняння $dL_t = (a + bL_t)(L^0 - L_t)dt + \sigma(L^0 - L_t)dW_{tL}$, як стохастичне диференціальне рівняння, де L^0 - загальне (граничне) число працюючих; $L^0 - L_t$ - об'єм потенційного ринку праці; W_{tL} - стандартний вінерівський процес, $\sigma(L^0 - L_t)dW_{tL}$ - випадковий процес, пропорційне неохопленій частині ринку праці.

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

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

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

Зокрема, рівняння стохастичної динаміки j -го агента можна представити як:

$$dX_j = \alpha_j X_j^+ - \beta_j X_j^- + \sigma_j(X_j, t) dW_{jt}$$

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.

4. *Стохастична модель динаміки конкуренції.* Нехай, наприклад, має місце конкуренція товарів 3-х фірм F_1, F_2, F_3 . Конкурентна боротьба між фірмами може бути описана перехресними зв'язками, які характеризують міру переважання тієї або іншої фірми на такому олигополістичному ринку однорідного товару. Тоді, з урахуванням взаємозв'язків і взаємовпливу цих фірм, динаміку кількості товарів, що випускаються фірмами, можна описати наступними диференціальними рівняннями:

$$\begin{aligned} \dot{X}_1 &= X_1(k_1 - k_{11}X_1 - k_{12}X_2 - k_{13}X_3) + \sigma_1(X_1, t)e_1(t) - \text{для } F_1, \\ \dot{X}_2 &= X_2(k_2 - k_{21}X_1 - k_{22}X_2 - k_{23}X_3) + \sigma_2(X_2, t)e_2(t) - \text{для } F_2, \\ \dot{X}_3 &= X_3(k_3 - k_{31}X_1 - k_{32}X_2 - k_{33}X_3) + \sigma_3(X_3, t)e_3(t) - \text{для } F_3, \end{aligned} \quad (*)$$

де X_1, X_2, X_3 - кількість товарів, що випускаються фірмами F_1, F_2, F_3 - відповідно, k_1, k_2, k_3 - коефіцієнти еластичності випуску товарів, $\{k_{ij}\}$ - коефіцієнти взаємозв'язку фірм.

Узагальнену стохастичну модель конкуренції для k фірм (агентів) можна представити у вигляді наступних рівнянь:

$$\dot{X}_j = X_j(k_j - k_{jj}X_j - k_{j,j+1}X_{j+1} - \dots - k_{jk}X_k) + \sigma_j(X_j, t)e_j(t), \quad j = 1, \dots, k,$$

де $\{e_j(t), t \in T\}$ - білий шум з безперервним часом, $\sigma_j(X_j, t)$ - коефіцієнти волатильності.

Модель(*) можна спростити шляхом зневаги квадратичними членами в правій частині рівнянь, значення яких істотно при тривалому випуску, оскільки вони обмежують випуск. Для цього покладається: $k_{jj} = 0$ і $k_{31} = k_{23} = k_{13} = 0$. Крім того, передбачається, що між випусками X_3, X_2 існує зворотний лінійний зв'язок: $X_3 = r - k_{23}X_2$, де r - параметр, який може бути знайдений з аналізу роботи фірм F_3, F_2 . Якщо прийняти ще і спрощуючі припущення і позначення $X_1 = -k_{32}X_3$; $-k_3 = b$; $k_1 = k_{12} \cdot X_1 = -\sigma$, то в результаті виходить наступна система рівнянь :

$$\begin{cases} dX_1 / dt = \sigma X_2 - \sigma X_1, \\ dX_2 / dt = -X_2 + (r - X_3)X_1, \\ dX_3 / dt = -bX_3 + X_1X_2. \end{cases}$$

Це є варіант моделі Э. Лоренца (1963р.) [3]. Отримана проста система трьох детерміністичних рівнянь відповідає моделі, що описує нерегулярну динаміку продажів в умовах конкуренції фірм при критичних значеннях σ, r, b . Подібна модель може бути використана для опису нерегулярних процесів ціноутворення, що є хаотичними за деяких певних умов [4].

Математичні моделі і методи в економіці мають бути затребувані. Якісно новими елементами економіки є нові фірми, для яких ринок є конкурентним середовищем, що вимагає організації ефективнішої діяльності. В умовах дефіциту засобів вдосконалення менеджменту для таких фірм - це шлях, який забезпечує перевагу в конкурентній боротьбі. Відмітимо, що в одному з напрямів термодинаміки нерівноважних відкритих систем - динамічної теорії інформації - виживання в умовах жорсткої конкуренції зв'язується з метою і моментом ухвалення рішень. Причому мета визначає цінність, а час(момент часу) - ефективність управлінських рішень, що приймаються .

Висновки. Запропонований розвиток методів моделювання динаміки еволюції конкуренції в багатоагентних структурах і запропоновані: загальна нелінійна мультиагентна модель динаміки, стохастична логістична модель поведінки окремої фірми(агента), стохастична модель системної динаміки, стохастична модель динаміки конкуренції і узагальнення її для k агентів. Результати можуть бути використані при моделюванні соціально - економічних процесів і розвиток математичного апарату їх опису і оцінки поведінки.

Список використаної літератури

1. 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.
2. Рамазанов С. К., Бурбело О. А., Вітлінський В. В. и др. 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. Lorentz E. Deterministic Nonperiodic Flow // J. Atmospheric Sciences, 1963.- V.20.-P. 130.
4. Быстрая Г.П. Экономическая кибернетика: модели рыночной экономики. – Свердловск, 1990.