

## МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРНЕТИЧНИХ СИСТЕМ

**В. Вовк**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
79008, м. Львів, проспект Свободи, 18  
E-mail: kiber@franko.lviv.ua*

*В статті розглядаються питання вивчення загальних абстрактних моделей, їхньої організаційної структури використовуючи інструментарій економіко - математичного моделювання.*

*Ключові слова: моделювання, математичне моделювання, структура системи.*

Сучасні економічні системи характеризують в першу чергу ускладненими господарськими та фінансовими зв'язками і це призводить до того що складність задач управління в цих системах росте швидше, а значить і число зайнятих в процесах управління росте швидше за число зайнятих у виробництві. Існуючі форми і методи управління не спроможні забезпечувати стійке функціонування економічних об'єктів. Тому є надзвичайно актуальним ,щоб кожне управлінське рішення було науково обґрунтованим. Одним з основних напрямків вирішення цієї проблеми є залучення у сферу вироблення управлінських рішень методів математичного моделювання соціально-економічних процесів.

Метод моделювання сучасною теорією пізнання міцно закріплений як один з основних засобів одержання нового знання про об'єктивну сутність об'єктів та процесів. Математичний інструментарій і сучасні комп'ютерні технології дозволяють проводити модельні експерименти над рішеннями з метою оцінки наслідків цих рішень у вирішенні економічних проблем, приводять до нових наукових результатів у економічному аналізі. Формалізація економічних задач, комп'ютерні технології розширюють можливості економічного аналізу, дозволяють проводити різностороннє економічне обґрунтування аналізу складних задач і процесів. За допомогою математичного моделювання можна розв'язувати такі економічні задачі, котрі іншими засобами розв'язувати практично неможливо.

На даний час математичне моделювання у своєму арсеналі має величезну кількість найрізноманітніших моделей, котрі умовно можна розділити на три групи. До першої групи можна віднести такі, котрі описують динамічні процеси. Такими моделями є чисто прогностичні моделі, коли заданий початковий стан повністю визначає траєкторію подальшого розвитку процесу. До другої групи моделей відносять моделі, що використовують для знаходження оптимальних параметрів. Наприклад, розглядається динамічний процес, котрий описується рівнянням:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u, t)$$

Функція управління  $u(x, t)$  вибирається системою прийняття рішення з врахуванням умови досягнення певної мети, наприклад, щоби забезпечити мінімальне значення такого функціоналу:

$$\int_{T_1}^{T_2} \phi(u, x, t) dt \rightarrow \min .$$

До третьої групи відносяться моделі, що описують конфліктні ситуації. Динамічний процес визначається діями декількох учасників ситуації у якій відбувається цей процес і які є розпорядниками своїх функцій управління  $u_1, u_2, \dots, u_m$ . Динамічний процес в даному випадку описуватиметься рівнянням:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, t, u_1, u_2, \dots, u_m).$$

Функції управління  $u_1, u_2, \dots, u_m$  визначаються умовами:

$$\int_{T_1}^{T_2} \phi_1(x, t, u_1, u_2, \dots, u_m) dt \rightarrow \min ;$$

$$\int_{T_1}^{T_2} \phi_2(x, t, u_1, u_2, \dots, u_m) dt \rightarrow \min ;$$

...

$$\int_{T_1}^{T_2} \phi_m(x, t, u_1, u_2, \dots, u_m) dt \rightarrow \min .$$

Кожна з цих умов відображають інтереси відповідного учасника ситуації.

Моделі цієї групи описують кібернетичні системи (КС). За означенням «Кібернетична система – це сукупність пов'язаних один з одним об'єктів (елементів системи) здатних сприймати, зберігати, переробляти інформацію, а також обмінюватися нею. Стан елемента кібернетичної системи може змінюватися довільно і під дією тих чи інших вхідних сигналів, які надходять ззовні, або від інших елементів системи. В свою чергу, кожний елемент системи може формувати вхідні сигнали, котрі залежать в загальному випадку від стану елемента і вхідних сигналів, що в даний час сприймає елемент» [1].

КС є найбільш загальною абстрактною моделлю технічних, економічних та інших систем, котрі досліджують методами кібернетики. Елементи абстрактної КС представляють собою об'єкти довільної природи, стан яких можна повністю охарактеризувати значеннями множини параметрів. Вивчення КС направлене на виявлення найбільш загальних закономірностей, котрі властиві подібним конкретним системам.

З означення КС випливає, що вона має складну організаційну структуру і характерні для неї особливості, котрі необхідно враховувати при її моделюванні. Основною з цих особливостей є те, що їй властиві функції управління, розпорядниками яких є системи прийняття рішень (СПР) і які мають можливість впливати на систему в цілому, змінювати її характер у своїх власних інтересах.

Пізнання системи завжди проводиться з точки зору СПР. Кожний з цих суб'єктів має свої міркування стосовно системи і ці міркування можуть бути відмінними від міркувань інших суб'єктів. Всі ці міркування ґрунтуються на цілях і уявленнях про систему кожного з суб'єктів. Слід зауважити, що в реальних КС не існує елемента, де може зберігатися вся «об'єктивна» інформація стосовно системи. СПР робить гіпотези про навколишнє середовище, котрі до того ж формуються за умов невизначеності. Потрібно також врахувати величину впливів інших суб'єктів, в кожного з яких є своя ціль і вони, як правило, є невідомі для інших. Можуть бути випадки коли суб'єкту може бути невідома навіть власна ціль. Важливою є також інформованість інших суб'єктів про мету СПР.

Серед різноманітних КС, що підлягають вивченню, слід зупинитися на довах їх основних типах – системах ієрархічної структури і системах геймерівського типу. На проблемах, що виникають при моделюванні цих систем зупинимось докладніше.

В системах ієрархічної структури передбачається певна нерівноправність елементів, тобто підпорядкованість одних елементів іншим. Ієрархічна організація елементів системи забезпечує опрацювання інформації і процедури прийняття рішень в залежності від обсягів інформації. При невеликих обсягах інформації немає потреби створювати систему розподілу обов'язків і цей розподіл здійснюється централізовано. Але при великих обсягах інформації обійтися без ієрархічної структури управління неможливо. Така структура управління забезпечує розподіл функцій між окремими ланками. Рішення в даному випадку приймаються на основі обмеженої інформації, тобто без використання всього її обсягу.

В ієрархічній системі передбачається децентралізація управління. Але в такій системі звужується множина стратегій, тому що елементи нижнього рівня ієрархії виробляють свої управлінські рішення на основі тільки своєї частини інформації, що належать всій системі. Крім цього, що є набагато істотніше, як тільки окремі елементи набувають права приймати рішення, то вони одержують можливість прагнути досягнути власних локальних цілей, котрі, як правило, не співпадають з глобальними цілями всієї системи. Це неспівпадання і є протиріччям між локальним і глобальною цілями. Тут можлива ситуація, при якій перевага децентралізованого управління може бути взагалі втрачена. Але при децентралізованому управлінні можна більш повно враховувати особливості інформації на рівні окремого елемента. Тому потрібно завжди враховувати ту особливість ієрархічної системи, що коли елементи набувають всіх властивостей системи, їм властиві свої локальні цілі, для реалізації яких вони завжди намагатимуться використовувати наявні у них можливості.

Встановлення раціонального співвідношення між рівнями централізації і децентралізації є однією з найважливіших проблем забезпечення розвитку будь-якої системи не лише в економіці, але й в політичній, суспільній, духовній, соціальній і інших сферах людської діяльності.

Однією з багатьох схем ієрархічної структури внутрішньої організації КС є деревоподібна структура (рис.1).

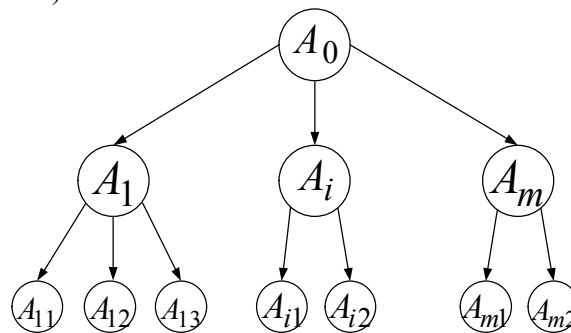


Рис.1. Деревоподібна структура КС.

Функція мети центру  $A_0$  може бути представлена таким функціоналом:

$$F = F(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m),$$

де  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m$  - параметри управління, що знаходяться в розпорядженні центру  $A_0$ . Цільові функції елементів КС  $A_1, A_2, \dots, A_j, \dots, A_n$  мають вигляд:

$$f_j = f_j(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm}; y_{j11}, y_{j12}, \dots, y_{j1k}, \dots, y_{j1K}; y_{j21}, y_{j22}, \dots, y_{j2k}, \dots, y_{j2K}; \dots, y_{jl1}, y_{jl2}, \dots, y_{ilk}, \dots, y_{jlk}; \dots, y_{jL1}, y_{jL2}, \dots, y_{jLk}, \dots, y_{jLK})$$

де  $x_{ji}$  - параметри управління, що пов'язують центр системи з її елементами;  $y_{jlk}$ , ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), ( $l = 1, 2, \dots, L$ ), ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) - параметри управління, що пов'язують  $j$ -й елемент системи з його структурними елементами, наприклад, виробниками  $A_{jl}$ , ( $l = 1, 2, \dots, L$ ). Цільові функції елементів можуть бути записані таким чином:

$$\varphi_{jl} = \varphi_{jl}(y_{jlk}, z_{l\rho}), \quad j = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, L; k = 1, 2, \dots, K;$$

де  $z_{l\rho}$  - параметри, що характеризують дію виробників.

Прикладом іншої схеми організації КС може бути ромбоподібна ієрархічна структура. (рис.2).

В даному випадку мета центру (кабінет міністрів) подана функціоналом  $F = F(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m; y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n)$ , де  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m$  вектори управління

галузями,  $Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_n$  - вектори управління регіонами. Цільові функції елементів КС (галузі, регіони) подані функціоналами  $f_i = f_i(x_i, y_i), \varphi_j = \varphi_j(y_j)$  ( $i = 1, 2, \dots, i, \dots, m, j = 1, 2, \dots, j, \dots, n$ ). Цільові функції підприємств подано функціоналом  $\eta_{ijk} = \eta_{ijk}(z_{ijk1}, z_{ijk2}, \dots, z_{ijk\rho}, \dots, z_{ijkK})$ , де  $z_{ijk\delta}, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K; \delta = 1, 2, \dots, K)$  - параметри, що характеризують діяльність підприємств

Слід зауважити, що підприємство знаходиться в ситуації, яка спонукає його приймати рішення в умовах конфлікту, адже з одного боку мають місце впливи галузі на підприємство, а з іншого боку, на підприємство впливають з своїми умовами регіони.

$$F = F(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m; y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n)$$

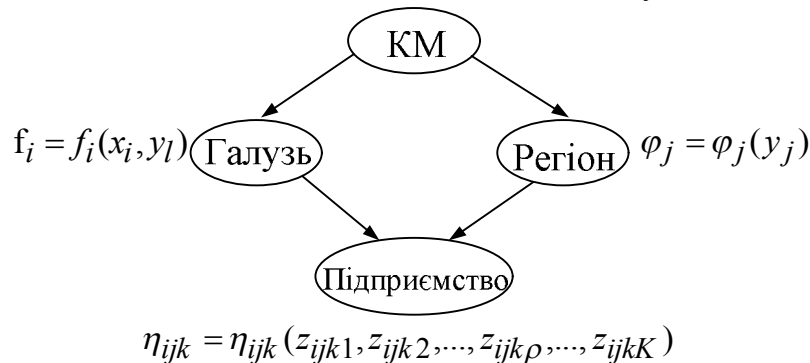


Рис.2. Ромбоподібна структура КС.

В реальному житті структура управління часто буває набагато складнішою з значно більшим числом ієрархічних рівнів і з ускладненими горизонтальними зв'язками.

В ієрархічних системах має місце одна з найважливіших проблем, пов'язаних з управлінням – проблема агрегування та дезагрегування інформації і це, в першу чергу, проблема практичного характеру. Адже з нижнього рівня ієрархії на вищий не може передаватись весь обсяг інформацій. При будь-яких можливостях обчислювальних засобів всю цю інформацію опрацювати недоцільно або і не можливо.

Існує також клас КС, в яких всі елементи рівноправні тобто, ієрархія в організаційній структурі відсутня. Це, наприклад, КС які описують міжнародні взаємодії і стосунки країн також системи, що виникли в зв'язку з необхідністю вирішувати глобальні економічні проблеми. І функціонування таких систем вимагає прийняття колективних рішень, що в свою чергу вимагає пошуку умов розумного компромісу. В такій ситуації одним з основних принципів узгодження рішення є принцип Парето, у відповідності до якого елементами, суб'єктами чи просто підсистемами кібернетичної системи повинен бути вироблений такий компроміс інтересів, щоби його порушувати було невигідно. Підсистема в такому випадку порушує взяті на себе зобов'язанням, зазнає втрат. Цим вимогам задовольняють так звані системи Геймера. Опишемо загальні особливості геймеровських систем.

Нехай в системі є  $m$  рівноправних суб'єктів, кожний з яких має власну мету -  $\varphi_i(x_i), i = 1, 2, \dots, m$ . Але система має загальну мету, що описується функціоналом  $F(y_1, y_2, \dots, y_m)$  його значення будуть залежати від функціонування всіх суб'єктів, ефективність кожного з яких характеризується параметром  $y_i$  що визначає величину ресурсу виділеного  $i$ -им суб'єктом для досягнення глобальної мети. Таким чином система прагне максимізувати функцію  $F$ , а суб'єкти, в свою чергу, прагнуть максимізувати свої функції  $\varphi_i(x_i)$ . Якщо позначити загальний ресурс  $i$ -го суб'єкта через  $a_i$  то, очевидно,  $x_i + y_i = a_i, i = 1, 2, \dots, m$ , де  $x_i$  - ресурс, що є в розпорядженні  $i$ -го суб'єкта для досягнення власної мети.

Особливості КС і особливості їх моделювання взаємопов'язані і їх можна представити такими чотирма групами:

- складність економічних об'єктів і процесів;

- складність економічних спостережень і вимірів;
- випадковість і невизначеність в економічному розвитку;
- труднощі перевірки адекватності моделей.

Економічні системи вищого рівня – економічна система країни, регіони, галузі, міжгалузеві комплекси і т.д. – мають всі ознаки КС. Вони об'єднують величезне число елементів, мають різноманітні внутрішні зв'язки і зв'язки з іншими системами. В них відбуваються процеси технологічні, соціальні, біологічні, як керовані так і стихійні, їм властивий динамічний характер. Всі ці аспекти значно ускладнюють моделювання економічних процесів і роблять необхідним, для врахування особливостей досліджуваних явищ введення корегуючих параметрів.

Важливою проблемою практичного застосування методу математичного моделювання в економічних дослідженнях є наповнення побудованих моделей достовірною і зручною у отриманні і користуванні інформацією. В економіці часто досліджуються процеси, які характеризуються закономірностями, котрі неможливо пізнати за одно чи декілька спостережень. Через це виникає потреба застосувати інструментарій для підвищення достовірності отримуваної інформації.

Створювані моделі опираються на деяку систему економічних вимірів (ресурсів, продукції, технологій, цін, оцінок ефективності, рівня корисності продукції і т. д.). І виникає необхідність розробляти особливу методику коригування застосовуваних вимірів.

Економічні процеси характеризуються в певній мірі непередбачуваністю, бо є під впливом людських рішень, природних явищ міжнародних ситуацій, науково-технічного прогресу і т.д. Через це розвиток економічних процесів неможливо точно спрогнозувати.

Так, ситуації соціально-економічної сфери завжди унікальні. Вони можуть бути аналогічні, подібні, але ніколи не тотожні. Саме тому особливе місце в методології економіко-математичного моделювання займає принцип абстракції.

Серйозною методологічною проблемою є верифікація економіко-математичних моделей. Вони беруть участь у виробленні планових і управлінських рішень поряд з іншими методиками. Тому далеко це завжди можна здійснювати чистий модельний експеримент з метою верифікації моделей. Ще складнішою є проблема верифікації моделей довгострокового чи стратегічного прогнозування. Адже неможна чикати десятки років щоб переконатися у правильності моделі.

Проблемою, що негативно впливає на впровадження економіко - математичних методів в економічну практику є відсутність чи недостатність логічного зв'язку між моделями різних рівнів.

Слід зауважити що навіть досить вдала, адекватна математична модель не зможе усунути недоліки в достовірності інформації. В такому випадку аналізується просто інша ситуація, яка не відповідає реальній дійсності.

1. Словарь по кибернетике / [А.А. Афодицын, И.Н. Коваленко, А.А. Бакаев и др. Под ред. В.М. Глушкова. – К.: Укр. сов. энциклопедия, 1979. – 180 с.

2. Терехов Л.Л. Экономико – математичні методи і моделі. Навч. посіб. для вищих навч. Закладів – К.: ВПД «Формат», 2008 – 292 с.

## DESIGN OF THE CYBERNETIC SYSTEMS

V.Vovk

*Ivan Franko National University of L'viv  
Svoboda Av., 18 UA – 79008 L'viv, Ukraine  
E-mail: kiber@franko.lviv.ua*

*The questions of study of general abstract models, their organizational structure are examined in the article, using a tool of economic - mathematical modeling.*

*Key words: Modelling, mathematical modelling, structure of the system.*