

Н. Б. Андрейшина,
к. е. н., доцент кафедри "Економічна кібернетика",
Обласний комунальний ВНЗ "Інститут підприємництва "Стратегія", м. Жовті Води

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДИНАМІКИ

N. Andreishina,
Ph.D. in Economics, associate professor of the Department of Economic cybernetics regional municipal higher educational institution "Strategy", the Institute for Entrepreneurship, Zhovti Vody

ANALYSIS OF CURRENT APPROACHES TO MODELING ECONOMIC DYNAMICS

У статті проводиться аналіз сучасних підходів до моделювання економічної динаміки. Систематизовано типи складності, які можуть виникати при моделюванні економічної системи. Розглянуті засоби диференціального числення, які використовуються для опису динамічних моделей економіки. Наведено основні положення концепції функціонування складних соціально-економічних систем. Проаналізовано стійкість і рівновага нелінійних динамічних систем. Описано підходи еволюційної економіки, методи економічної синергетики.

In article the analysis of modern approaches to modeling of economic dynamics is carried out. Systematized types of difficulties that can arise when modeling the economic system. The means of differential calculus used to describe the dynamic models of the economy. The principal concept of complex socio-economic systems. Stability and balance of nonlinear dynamic systems is analysed. Approaches of evolutionary economy, methods of synergetic economy are described.

Ключові слова: моделювання, економічна динаміка, структурна стійкість, рівновага, еволюційна економіка.

Key words: modeling, economic dynamics, structural stability, equilibrium, evolutionary economics.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сучасному етапі розвитку суспільства метод математичного моделювання є одним з ключових при дослідженні різних аспектів людської діяльності. Існує велика кількість моделей різного рівня складності та ступеня їх дослідження, які мають достатньо багато загальних рис, але зберігають специфічні особливості, притаманні кожній з наук, в якій використовуються.

Основними традиційними рисами моделей, що в наш час застосовуються зарубіжними та вітчизняними вченими для аналізу та управління економічними системами, є їх рівноважність, стаціонарність, специфічність, тобто розгляд окремих аспектів складних економічних процесів у статиці. Але через те, що економічні процеси протікають у часі, то для їх моделювання більш доцільним та адекватним є застосування динамічних моделей. Таким чином, динамічні моделі в економіці поступово стають інструментом практичних розрахунків у повсякденній діяльності з управління як економікою в цілому, так і окремими підприємствами.

Отже, актуальним є аналіз підходів до математичного моделювання в економіці, зокрема для дослідження явищ, які в ній відбуваються, та управління економічними процесами та об'єктами.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблеми моделювання економічних систем методами динаміки є темою досліджень вітчизняних та за-

рубіжних вчених В. Вітлінського, В. Геєця, В. Даніча, В. Занга, Т. Клебанової, Ю. Лисенка, Н. Максишко, Г. Малінецького, О. Петрова, В. Порохні, Т. Пу, Л. Сергєєвої, Дж. Хикса та багатьох інших.

Попри ґрунтовні та багатоаспектні дослідження в даній сфері, низка питань, пов'язаних з аналізом та узагальненням підходів до моделювання економічної динаміки залишаються недостатньо розробленими.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

З огляду на вищезазначене, метою статті є проведення аналізу сучасних підходів до моделювання економічної динаміки.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Основними традиційними рисами моделей, що в наш час застосовуються зарубіжними та вітчизняними вченими для аналізу та управління економічними системами, є їх рівноважність, стаціонарність, специфічність, тобто розгляд окремих аспектів складних економічних процесів у статиці. Але через те, що економічні процеси протікають у часі, то для їх моделювання більш доцільним та адекватним є застосування динамічних моделей. Таким чином, динамічні моделі в економіці поступово стають інструментом практичних розрахунків у повсякденній діяльності з управління як економікою в цілому, так і окремими підприємствами.

На сьогодні для аналізу економічних криз, депресій широко використовуються такі аналітичні методи, як теорія біфуркацій, теорія катастроф, теорія особливостей, теорія ланцюгових реакцій, теорія дискретної динаміки, теорія синергетики тощо. Запровадженню методології моделювання спочатку у природничі науки, а в останні десятиліття у економічний аналіз, передував розвиток теорії динамічних систем.

При моделюванні економічної системи як складної можуть виникати наступні типи складності:

- структурна (не вистачає ресурсів для побудови, опису, управління структурою економіки);
- динамічна (не вистачає ресурсів для опису динаміки поведінки системи та управління її траєкторією);
- інформаційно-логічна (не вистачає ресурсів для інформаційно-логічного опису системи);
- обчислювальна (не вистачає ресурсів або ускладнений розрахунок параметрів, прогнозу поведінки економічної системи);
- розвитку або еволюції (не вистачає ресурсів для самоорганізації або стійкого розвитку).

Для опису динамічних моделей економіки використовують засоби диференціального та інтегрального обчислення. У процесі моделювання для визначення типу й форми зв'язку між змінними, а також оцінки параметрів і коефіцієнтів моделі застосовується апарат економіко-статистичних методів, еволюційних методів пошуку, а також експертні оцінки. В загальному випадку динамічна взаємодія між економічними змінними, такими як ціни, капітал, заробітна платня описуються системами диференціальних рівнянь.

Динамічні системи за формою опису можна розділити на два класи. У першому класі процеси описуються за допомогою кусково-гладких диференціальних рівнянь вигляду:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(\bar{x}), \quad i = \overline{1, n} \quad (1),$$

де \bar{x} — n -мірний вектор; t — змінна часу; f — n -мірна векторна функція. Систему називають автономною, якщо змінна t не входить явно в праву частину рівняння (1). Якщо система неавтономна t входить явно хоч би в одну з функцій f_1, \dots, f_n . Ця відмінність неістотна, оскільки, неавтономну систему можна завжди звести до автономної, якщо ввести ще одну координату x_{n+1} і додати до системи (1) диференціальне рівняння:

$$\frac{dx_{n+1}}{dt} = 1$$

Другий клас динамічних систем — дискретні відображення, які описують процес за допомогою ітераційних формул вигляду:

$$x_{n+1} = f(x_n, y_n), \quad y_{n+1} = g(x_{n+1}, y_n)$$

А. Пуанкаре запропонував підхід, відомий тепер як метод перетинів Пуанкаре, який дозволяє поставити у відповідність заданій диференціальній динамічній системі дискретне відображення [1].

У сучасній економічній літературі обговорюється і активно розробляється нова концепція функціонування складних соціально-економічних систем, основні положення якої можна сформулювати в наступному вигляді:

— динаміка системи має в значній мірі детермінований характер, тобто домінуючими в ній є в певному значенні детерміновані процеси;

— розвиток системи не має цілі, явно сформульованої і осмисленої одним або декількома індивідами, і відбувається в результаті домінантно-конкурентно-кооперативних взаємодій її елементів і підсистем;

— процеси в системі носять синергетичний характер і її стійкий рівноважний стан за тими або іншими показниками є швидше виключенням, чим правилом;

— нормально функціонуюча, тобто життєздатна і в певному значенні оптимальна система, навіть у відсутність зовнішніх збурень, характеризується власною складною динамічною поведінкою;

— різноманітність динамічної поведінки системи не обов'язково обумовлена складністю її структури, і багато процесів ефективно описуються динамічними моделями з невеликим числом змінних стану на основі нелінійних диференціальних рівнянь.

Загальна теорія еволюції складних нелінійних систем, до яких належать економічні системи, дає загальні уявлення про можливий характер руху таких систем. Рівноважні, стійкі стани такої системи є тільки моменти в їх розвитку [2].

Аналіз економічної системи полягає в тому, що її розвиток розглядається як рух у фазовому просторі по деякій фазовій траєкторії. Одне з головних питань тут — це питання про стійкість траєкторій.

Прийняття концепції стійкості в економічному аналізі було обумовлено розвитком природничих наук, в яких для аналізу динамічних систем вимагалася їх стійкість. У відповідності до ідей детерміністської механіки складні явища, які не можуть бути описані за допомогою звичайних моделей, зводяться до постулату, що система знаходиться або під дією стохастичних впливів, або подібні явища не підлягають розгляду. В сучасній теорії систем стійкість не припускається априорно, малі зміни параметрів системи можуть приводити до структурних змін динамічних систем.

Найважливіше поняття в теорії нелінійних динамічних систем — це поняття структурної стійкості, введене в кінці 30-х років ХХ століття О. Андрономим і Л. Понтрягиним, і що грає центральну роль в сучасній теорії динамічних систем. Якщо при малій зміні параметрів системи або цілком правої частині в рівнянні (1) (функції f і її похідних) вид фазового портрета топологічно залишається тим же самим, то таку систему називають структурно стійкою або грубою.

У неперервній динамічній системі положення рівноваги — точка у фазовому просторі, до якої наближається траєкторія після загасання перехідних режимів (при $t \rightarrow \infty$).

Класичний термін — рівновага є близьким змістовно до поняття "стійкий розвиток" і застосовується в мікро- і макроекономічному аналізі. Рівновага, включаючи поняття динамічної рівноваги, є вужчим поняттям в порівнянні із стійкістю, рівновага є однією з основних умов стійкості.

Серед численних визначень рівноваги економічної системи найбільш поширені ті, які виходять з розгляду властивостей системи, і ті, які виходять з розгляду сил, які на неї впливають.

У середині ХХ століття П. Самуельсоном були сформульовані різниці та диференціальні співвідношення, що визначають динаміку процесу переходу ринку до стану рівноваги, які поклали початок розвитку диференціально-різницевої моделі ринку такими вченими, як Дж. Хікс, Л. Маккензі, Л. Метцлер, Т. Негиши.

Рівновага і розвиток — це несумісні стани, які не можуть одночасно домінувати на підприємстві: воно може знаходитися або в стані стабільності, тобто рівноваги, або в стані розвитку, а значить нерівноваги. Для того щоб підприємство було успішним, необхідні обидва стани, якими потрібно управляти.

У рамках досліджень макроекономічної рівноваги існують полярні думки, і відсутній єдиний погляд на проблему існування рівноважних станів. Наприклад, Дж. Хікс [3] розглядав стан рівноваги з погляду наявності ознак стійкості системи в цьому стані. Він виділив наступні ознаки: для умов досконалої конкуренції — зростання ціни веде до розширення пропозиції порівняно з попитом; для умов монополії — скорочення випуску тягне перевищення граничним доходом граничних витрат.

Фундаментальна праця Д. Патінкіна "Гроші, процент і ціни" [4] містить, як розвинену теорію ринкової рівноваги, засновану на передумовах Л. Вальраса, так і варіант нерівноважного аналізу, що відноситься, головним чином, до ринку праці.

У роботі М. Алле [5] рівновага ринкової економіки досягається за рахунок балансування наступних показників: сукупний попит має бути збалансований з сукупною пропозицією товарів і послуг; обсяг сукупних національних ресурсів населення дорівнює національному доходу; обсяг капіталовкладень (інвестицій) дорівнює обсягу заощаджень в економіці.

В.-Б. Занг [2] приходять до висновку, що в дійсності не існує такої економіки, яка могла б бути зафіксованою в стані спокою, і тому результати рівноважної теорії мають явну обмежену придатність.

Супротивником рівноважних теорій виступає також І. Пригожин, який у своїй роботі [6] вважає, що, якщо немає нестійкості, немає і розвитку. Таким чином, нестійкість виступає умовою розвитку економіки, а стійкість, тобто рівновага — це тупики еволюції.

На початку 70-х років ХХ століття виникли теоретичні концепції, в яких найбільш стійкими вважаються нерівноважні стани господарських систем. Класична макроекономічна рівновага почала розглядатися як еталонний стан економіки. На зміну поняття рівноваги приходять поняття пропорцій економічної системи, що відображають стан, що склався, між підсистемами і елементами системи.

Виникнення впорядкованих структур в нелінійних системах різної природи описується схожими математичними моделями і рішеннями. Це дозволило розповсюдити методологію, розроблену в нелінійній динаміці, на дослідження в економічних, екологічних, соціальних системах.

Теорією, що описує "стрибки" економічної системи є еволюційна теорія економічних змін. Теорія еволюційної економіки припускає покрокову еволюцію фазового портрета економічних систем під дією "несильних" флуктуацій. Фазовий портрет економічних систем має

незворотну динаміку, вектор розвитку, але зберігає одну і ту ж симетрію.

Підходи еволюційної економіки можуть бути плідними в побудові теорії економіки перехідного періоду. В перехідний період, коли процеси прискорюються, ламаються старі інституції, створюються нові, економічна рівновага не встигає ще встановитися, як умови знову змінюються. Головне — зрозуміти, яким чином відбувається процес змін.

І. Пригожин [6] та Г. Хакен [7] показали, що складно організовані просторово-часові конструкції виникають з хаотичних станів, і в системах, які мають властивість самоорганізації замість стійкості виникають еволюційні процеси, які призводять до ще більшого різноманіття та ускладнення структур. Зокрема це демонструється виникненням раптових змін, існуванням граничних циклів і хаосу, роллю, яку відіграють стохастичні процеси в економічній еволюції, ефектами часових масштабів і швидкостей установавання відносної рівноваги в економічному аналізі.

Поштовхом для розвитку еволюційної економіки стала робота А. Алчіана [8], в якій автор висунув гіпотезу, що для економіки нормальним станом є стан невизначеності, який виникає через недосконалість передбачення та обмеженість знань про економіку. Фірми діють не у відповідності з принципом максимізації прибутку, а цікавляться розподілом можливих і прийнятних з їх точки зору результатів. За Алчіаном зовнішнє середовище представляє собою активну дієву силу, яка відбирає фірми, котрі прийняли найкращі рішення, в незалежності від того, яким методом ті рішення були прийняті.

У роботі Р. Нельсона і С. Уінтерса "Еволюційна теорія економічних змін" [9] запропонована еволюційна теорія поведінки фірм, які діють в змінних умовах. Основу еволюційної концепції Нельсона-Уінтерса представляє динамічна модель фірми, в якій її поведінка змінюється разом зі зміною ситуації на ринку. Центральною в концепції є поняття "рутини" як способу звичайного ведення справ фірми.

Російський вчений А. Юданов [10], запропонував концепцію еволюційної стратегії фірми, в основу якої покладена типологія еволюційних стратегій біологічних видів. Концепція дає відповідь на питання: якщо є набір "рутин", який забезпечує найбільшу пристосованість фірмам, які його застосовують, то яким буде еволюційний механізм підтримання "видового" різноманіття, без якого не має розвитку.

Методи еволюційної економіки тісно пов'язані з методами синергетичної економіки.

Сучасні економічні системи розглядають повільні процеси, які різко змінюються, при чому ці зміни важко передбачити. Дослідження структурних змін та хаотичних явищ в економіці обумовлює потребу в нових теоретичних ідеях та інструментах, які б дозволили дослідження за межами традиційної економіки. Синергетика націлена на виявлення загальних принципів еволюції, самоорганізації складних систем у різних областях знання на основі побудови і дослідження нелінійних динамічних математичних моделей.

При моделюванні методами економічної синергетики реалізується діалектичний принцип розвитку системи, еволюція динамічної системи рівноваги попиту та пропо-

зиції зводиться до самоорганізації — прагненню до свого природного стану — між порядком і хаосом, компромісу між лінійністю, детермінізмом і випадковістю.

Моделювання сучасних економічних систем має ту особливість, що час в процесі розвитку цих систем є системоутворюючим фактором, який змінює вектор і, як наслідок, ефективність функціонування системи в цілому і окремих її підсистем.

Одним з традиційних підходів до прогнозування розвитку економічних процесів є вивчення зсуву точки рівноваги динамічної системи, викликаного зміною тих або інших параметрів моделі. Проте аналіз реальної економічної динамічної системи на основі такого підходу може виявитися помилковим, оскільки період нерівноважного розвитку багатьох економічних процесів може виявитися дуже тривалим, щоб їм можна було нехтувати. Такий підхід є ефективним лише до певного часу, поки з якихось причин характер стаціонарного стану не зміниться кардинально. Такі зміни, які називають біфуркаціями, досліджуються методами нелінійного динамічного аналізу. В процесі неперервної зміни одного або декількох параметрів системи або зовнішньої дії при якомусь значенні параметра поточний динамічний процес може втратити стійкість, при цьому утворюються нові, стійкі або нестійкі режими. Надалі система розвивається по стійкому сценарію, якщо він існує при існуючих параметрах.

Сукупність великої кількості нелінійних осциляторів, які створюють систему, здатна породжувати особливі структури — атрактори, виступаючі для дослідника як "цілі еволюції". Вони можуть бути як правильними, просто описуваними структурами, так і хаотичними станами. У першому випадку атрактори характеризуються або одним кінцевим станом, або процесом, що циклічно повторюється, який задається простою математичною формулою.

Геометрично атрактор — це множина точок, до якої наближається траєкторія після загасання перехідних процесів, тобто область тяжіння сусідніх точок. Класичними прикладами атракторів в динаміці можуть служити точки динамічної рівноваги, нерухоми точки відображень, або граничні цикли. Існування атракторів приводить до вельми важливих висновків про поведінку системи. В цьому випадку дослідження сталих режимів, тобто режимів, які спостерігаються після закінчення достатнього великого часу, еквівалентно вивченню геометричної структури атрактора.

ВИСНОВКИ З ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Як показало проведене дослідження, основним інструментарієм дослідження економічних систем є апарат економіко-математичного моделювання. Методологія моделювання необхідна для дослідження еволюційних процесів у межах виробничих підприємств та інших економічних суб'єктів, які функціонують в умовах економічної нестабільності та невизначеності, що є характерним для економік, де тривають ринкові перетворення, зокрема для економіки України. Від ступеня та якості вирішення проблем порушення рівноваги як на макро-, так і на мікрорівні, залежать темпи і пропорції розвитку економіки країни та добробут населення.

Література:

1. Пуанкаре А. О кривых, определяемых дифференциальными уравнениями // Пер. с франц. / А. Пуанкаре. — М., 1947. — 385 с.
2. Занг В.-Б. Синергетическая экономика: время и перемены в нелинейной экономической теории. — М.: Изд-во "Мир", 1999. — 335 с.
3. Хикс Дж. Стоимость и капитал // Пер. с англ. [Текст] / Общ. ред. и вступ. ст. Р.М. Энтова. — М.: Прогресс, 1993. — 488 с.
4. Patinkin D. Money, interest, and prices: an integration of monetary and value theory / 2nd ed. New York, 1965. — 708 p.
5. Алле М. Условия эффективности в экономике. — М.: Наука для общества, 1998. — 304 с.
6. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. — М.: Прогресс, 1986. — 432 с.
7. Хакен Г. Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Пер. с англ. за ред. Ю. Климантовича. — М.: Мир, 1985. — 419 с.
8. Alchian, A. Uncertainty, Evolution, and Economic Theory. — The Journal of Political Economy. — Vol. — 58, № 3. — 1950. — P. 211—221.
9. Нельсон Р., Уинтерс С. Эволюционная теория экономических изменений. — М.: Финстатинформ, 2000. — 474 с.
10. Юданов А.Ю. Конкуренция: теория и практика. 3-е изд. — М.: ГНОМ и Д., 2001. — 142 с.

References:

1. Puankare, A. (1947), O krivyh, opredeljaemyh differencial'nymi uravnenijami [On curves defined by differential equations], Moscow, Russia.
2. Zang, V.-B. (1999), Sinergiticheskaja jekonomika: vremja i peremeny v nelinejnoj jekonomicheskoi teorii [Synergistic economy: time and changes in the nonlinear economic theory], Izd-vo "Mir", Moscow, Russia.
3. Hiks Dzh. (1993), Stoimost' i kapital [Value and Capital], Progress, Moscow, Russia.
4. Patinkin, D. (1965), Money, interest, and prices: an integration of monetary and value theory, New York, USA.
5. Alle, M. (1998), Uslovija jeffektivnosti v jekonomike [Conditions of efficiency in the economy], Nauka dlja obshhestva, Moscow, Russia.
6. Prigozhin, I. and Stengers, I. (1986), Porjadok iz haosa [Order out of Chaos], Progress, Moscow, Russia.
7. Haken, G. (1985), Sinergitika. Ierarhii neustojchivostej v samoorganizujushhhsja sistemah i ustrojstvah [Synergetics. Hierarchy of instabilities in self-organizing systems and devices], Mir, Moscow, Russia.
8. Alchian, A. (1950), "Uncertainty, Evolution, and Economic Theory", The Journal of Political Economy, vol. 58, no. 3, pp. 211—221.
9. Nel'son, R. and Uinters, S. (2000), Jevoljucionnaja teorija jekonomicheskikh izmenenij [Evolutional theory of economic change], Finstatinform, Moscow, Russia.
10. Judanov, A.Ju. (2001), Konkurencija: teorija i praktika [Competition: theory and practice], GNOM i D., Moscow, Russia.

Стаття надійшла до редакції 23.03.2015 р.