

Теорія рівноваги в економічному аналізі

Усі економічні системи класифікуються на статичні і динамічні:

- статична система припускає, що всі її входи та виходи задаються статично і незмінні;
- динамічна система - це система, для якої залежність між її входами і виходами визначається операторами з пам'яттю, тобто існує зв'язок з передісторією.

До операторів з пам'яттю належать: оператори запізнювання, диференційні та інтегральні оператори. Динамічні системи, що розглядаються в економічній динаміці, звичайно представляються у вигляді системи диференційних чи диференційно-різничних рівнянь.

Економічна динаміка, на відміну від статики, вивчає поведінку економічних систем та розвиток процесів, що відбуваються у них. Це вивчення дає відповідь на питання: яким буде стан системи в наступний момент часу, з огляду на її стан у даний момент часу.

Дослідження динаміки економічних систем здійснюється за схемою, приведеної на рисунку 2.1.

Етап I. Визначення та аналіз впливу факторів внутрішнього та зовнішнього навколишнього середовища на економічний об'єкт, оцінка їхнього впливу на результативний показник, визначення задач дослідження.

Етап II. Економіко-математичні моделі у більшості випадків є дескриптивними, тобто вони повинні описувати динаміку поведінки об'єкта. Однак, для пошуку оптимального стану, можуть застосовуватися також оптимізаційні моделі.

Етап III. Не всі економічні системи можуть бути зведені до виду єдиного рівняння. У цьому випадку модель досліджується як система диференційних рівнянь.

У деяких випадках досліджувані системи рівнянь моделі можуть мати диференційно-різничний вигляд. У цих випадках, для знаходження рішень,

застосовуються чисельні методи, тому що методик отримання рішень аналітичними методами таких систем не існує.

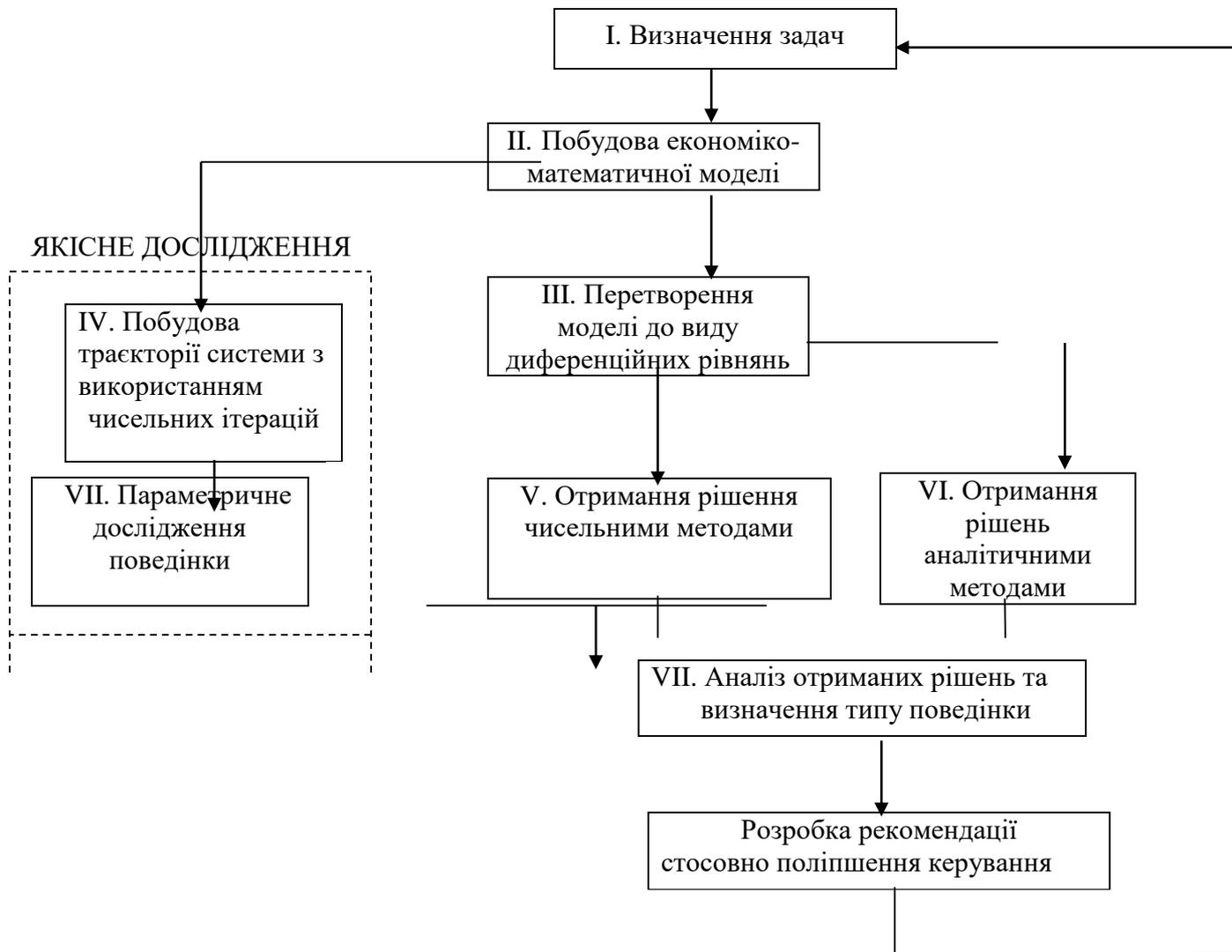


Рис. 2.1. Процес дослідження динаміки економічних систем

Етап IV. Побудова фазового портрету системи, визначення характеру її поведінки (виконується в теорії катастроф).

Етап VI. Економічна динаміка розглядає аналітичні методи дослідження динамічних моделей. Ці методи є єдиною формалізованою методикою, не прив'язані жорстко до конкретних програмних засобів.

Переваги - більш повне уявлення про динаміку системи.

Недоліки - невисокий ступінь наочності, складність процедур дослідження.

Етап VII. Дозволяє одержати наочне уявлення про залежність поведінки системи від якого-небудь параметру (умови настання біфуркацій та т.п.).

Прикладні динамічні моделі за характером їх використання класифікуються на 3 основні типи:

1. Дискретні динамічні системи і моделі економічних об'єктів, що описують динаміку їх поведінки: моделі ринкової рівноваги і динаміки національного доходу.

2. Неперервні динамічні системи: моделі економічного росту та його стабілізації.

3. Динамічні системи зі складними типами поведінки: граничними циклами, біфуркаціями і хаосом.

Розглянемо кожен з них більш детально.

Моделі дискретних, неперервних та складних динамічних систем в економіці

Моделі дискретних динамічних систем в економіці. Моделі даного типу описують динаміку поведінки економічних показників у часі дискретно, тобто, отримуємо моментний або інтервальний ряд даних, де відстань між вимірюванням значень показників є дискретною величиною. Математичною формою представлення моделей даного типу є диференційно-різничні рівняння виду:

$$\Delta y_1 = f(t + 1) - f(t) = y_{t+1} - y_t \quad (2.1)$$

До моделей даного типу відносяться:

- павутиноподібна модель ринкової рівноваги - з допомогою даної моделі розраховується динаміка попиту, пропозиції та ціни на товар в умовах ринкової економіки. Визначаються умови, коли дана система має стійкий, або нестійкий стан рівноваги.

- моделі динаміки національного доходу - дозволяють відслідковувати в часі динаміку таких головних макроекономічних показників, як: валовий

національний продукт (ВНП), споживчий попит, інвестиційні видатки, державні видатки, чистий експорт, додану вартість по галузях. З допомогою цих моделей пояснюється ефект мультиплікатора, коли зміна кінцевого попиту на продукцію галузей економіки призводить до мультиплікативного збільшення рівноважного обсягу ВНП; зміна макроекономічних показників відносно політики державного податкового навантаження. Також, визначаються умови, в яких економічна система є стійкою, або нестійкою, відносно свого стану рівноваги, до зовнішніх змін.

Моделі неперервних динамічних систем в економіці. Моделі даного типу описують динаміку поведінки економічних показників у часі, що змінюються неперервно. Математичною формою представлення моделей даного типу є диференціальні рівняння, або система звичайних диференціальних рівнянь:

де x_1, x_2, \dots, x_n - змінні характеристики системи, динаміка яких відслідковується протягом часу.

До моделей даного типу відносяться:

- неокласичні моделі економічного росту — виходять зі стабільності ринкового попиту та пропозиції і направлені на вивчення причин економічного росту країн, зокрема, в залежності від темпів інтенсивного та екстенсивного технічного прогресу.

- моделі теорії довгих хвиль - пояснюють нерівномірність темпів економічного росту нерівномірністю здійснення базових інновацій, що формують технологічний уклад галузей народного господарства.

- моделі макроекономічних динамічних виробничих функцій - дозволяють оцінювати виробничі потужності економіки на основі наявних виробничих факторів, до яких відносяться основні фонди, людські ресурси тощо.

- динамічні міжгалузеві моделі - на базі узагальненої моделі Леонтьєва, що побудована на основі матриці міжгалузевого балансу, оцінюються в часі та взаємопов'язуються наступні макроекономічні показники: елементи кінцевого попиту, додана вартість, ціни на продукцію галузей тощо. З допомогою даних

моделей вирішується задача - яким повинен бути рівноважний обсяг виробленої продукції по галузях економіки в умовах змінного попиту, з урахуванням проміжного споживання.

Моделі складних динамічних систем в економіці. Більшість моделей реальних економічних систем нелінійні. Вони мають, як правило, декілька особливих траєкторій, кожна з яких повинна бути досліджена для одержання глобального фазового портрету.

Хаотичні процеси в детермінованих нелінійних системах - одна з фундаментальних проблем досліджень економічних явищ. Можливість хаотичних процесів передбачав А. Пуанкаре: «У нестійких системах, незначна причина, що непомітна для спостереження за своєю малістю, викликає значну дію, яку неможливо передбачити». Розвиток ідей Пуанкаре призвів до створення фундаменту хаотичної динаміки детермінованих систем. Було встановлено, що необхідною умовою виникнення хаосу в динамічних системах є розмірність фазового простору, тобто коли стан системи характеризується мінімум трьома змінними.

Для того, щоб дати визначення явищу детермінованого хаосу, дамо спочатку визначення поняттям «детермінованість» та «хаос».

Детермінованість - це однозначний взаємозв'язок причини та наслідків: якщо задано деякий початковий стан системи в момент часу t_0 , то він однозначно визначає стан системи в будь-який наступний момент часу $t > t_0$.

У загальному випадку, залежність майбутнього стану економічної системи $x(t)$, від початкового $x(t_0)$, можна записати у вигляді:

$$x(t) = F[x(t_0)] \quad (2.2)$$

де F - детермінований закон, що здійснює строго однозначне перетворення початкового стану економічної системи $x(t_0)$, у майбутній стан $x(t)$, для любого $t > t_0$.

Розглянемо поняття хаосу на прикладі експерименту з броунівською часткою. Помістимо частку в момент часу $t = t_0$ у розчин рідини і за допомогою мікроскопу почнемо фіксувати зміну її положення в часі, визначаючи

координати частки через рівні інтервали Δt . Під дією випадкових поштовхів з боку навколишніх молекул, частка буде робити нерегулярні блукання, що характеризуються заплутаною траєкторією. Повторивши експеримент кілька разів, можна зробити наступні висновки:

- щоразу траєкторія поведінки системи складна та неперіодична;
- будь-яка спроба однозначного повторення експерименту приводить до негативного результату.

Класичне явище руху броунівської частки, дає чіткі фізичні уявлення про хаос як непередбачуваний, випадковий процес.

Поняття хаосу означає, що зміна стану системи протягом часу є випадковою (її не можна однозначно визначити) та не відтворюваною (процес не можна повторити).

Таким чином, детермінізм асоціюється з повною передбачуваністю та відтворюваністю поведінки системи, хаос - з повною непередбачуваністю та не відтворюваністю.

Для того, щоб визначити зміст поняття «детермінований хаос», дамо визначення стійкого та нестійкого стану рівноваги.

Якщо під незначним зовнішнім впливом динамічна система відхиляється від свого стану рівноваги і ці відхилення з часом згасають, а система прагне до свого стану рівноваги, то така рівновага є стійкою. Якщо ж початкові малі зрушення протягом часу збільшуються, то такий стан рівноваги називається нестійким.

Важливою властивістю систем з нестійким режимом поведінки є не лінійність. Порушивши стан рівноваги такої системи малим впливом, будемо спочатку фіксувати збільшення відхилень доти, поки в дію не вступить механізм нелінійного обмеження. Після цього, процес збільшення відхилень припиняється. Внаслідок обмеженості ресурсів системи, це нарощування повинно припинитися та змінитися на зменшення амплітуди відхилення.

Припустимо, що аналізується двовимірний диференціальний динамічний стан. Простір її станів - фазова площина з координатами X_1 і x_2 . Якщо

первісне незначне відхилення системи від стану рівноваги спочатку буде збільшуватися, а в результаті нелінійного обмеження далі зменшуватися, то можливі два варіанти сценаріїв розвитку:

- поява нових стійких станів рівноваги поблизу нестійкого;
- перехід у новий режим, що відповідає періодичним коливанням.

Другий варіант показаний на рисунку 2.2.

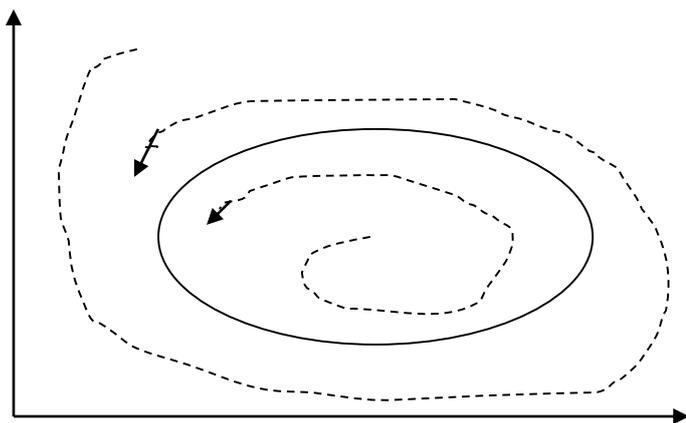


Рис. 2.2. Нелінійні обмеження для двовимірної динамічної системи

При незначному початковому відхиленні положення системи від точки рівноваги O , подальший її розвиток відбувається по спіралі, поступово віддаляючись від стану рівноваги. Якщо початкові відхилення системи від стану рівноваги значні, то траєкторія її розвитку протягом часу наближається до точки рівноваги. Замість нестійкого стану рівноваги з'являється новий режим - періодичні автоколивання, яким відповідає граничний цикл на фазовій площині.

Розглянемо динамічну систему, стан якої характеризується трьома незалежними змінними (фазовими координатами) у тривимірному фазовому просторі. Траєкторія розкручується, віддаляючись від особливої точки системи по спіралі. Досягши деяких значень, згідно дії механізму нелінійного обмеження, траєкторія знову наблизиться до свого вихідного положення. Через нестійкість, описаний процес буде повторюватися. Можливі два варіанти поведінки системи:

- протягом деякого часу траєкторія системи буде замикатися, демонструючи наявність складного, але періодичного процесу;

- траєкторія буде відтворювати деякий аперіодичний процес, якщо при
любому i , замикання не відбудеться.

Другий варіант відповідає режиму детермінованого хаосу:

- майбутній стан системи однозначно визначається її початковим
станом;

- процес розвитку системи складний, неперіодичний, зовні нічим не
відрізняється від випадкового.

Важливо відзначити, що на відміну від випадкового, описаний процес
цілком відтворюваний. Якщо систему повернути до її початкового стану, то,
зважаючи на наявність детермінованості, ми знову відтворимо ту ж саму
траєкторію незалежно від ступеня її складності.

У випадках нестійкого стану рівноваги детермінованих нелінійних
систем, однозначно прогнозувати її майбутній стан можна тільки у випадку
абсолютно точного завдання початкових умов. Однак, якщо враховувати
можливість якої завгодно малої помилки, то детерміноване прогнозування
стає неможливим - головною властивістю динамічних систем, що
демонструють режим детермінованого хаосу, є чуттєва залежність режиму
функціонування до яких завгодно малих змін початкових умов. Саме ця
обставина веде до втрати детермінованої передбачуваності та необхідності
вводити імовірнісні характеристики для опису динаміки таких систем.

Оскільки будь-яке вимірювання початкових умов положення системи
визначається з кінцевою (якою завгодно малою) помилкою, то аналізувати
еволюцію розвитку системи потрібно виходячи не тільки з початкового стану
системи, але й також з початкової області навколо цієї точки.

Математичним образом функціонування динамічної системи в режимі
детермінованого хаосу є атрактор - гранична траєкторія, яка представляє
собою точки у фазовому просторі, до якого прагнуть усі вихідні режими. Якщо
такий режим є стійким станом рівноваги, то атрактор системи буде
представлений особливою точкою; якщо це стійкий періодичний рух -
атрактором буде замкнута крива, яка називається граничним циклом.

Раніше вважалося, що атрактор - це образ винятково стійкого режиму функціонування системи. Сучасні погляди говорять про те, що режим детермінованого хаосу також є атрактором, в контексті визначення граничної траєкторії в обмеженій області фазового простору. Однак такий атрактор має дві суттєві відмінності: траєкторія такого атрактору неперіодична (вона не замикається) і режим функціонування нестійкий (малі відхилення від початкового стану рівноваги наростають). Ці атрактори отримали назву дивних. Швидка розбіжність двох близьких у початковий момент часу траєкторій означає дуже велику чутливість рішень до малої зміни початкових умов. Цим зумовлені великі труднощі, чи, навіть, неможливість довгострокового прогнозу поведінки нелінійних динамічних систем.

Те, що чутливість динамічної системи до початкових даних веде до хаосу, у 1963 р. зрозумів американський метеоролог Е. Лоренц. Він запропонував найпростішу модель конвекції повітря (яка відіграє важливу роль в динаміці атмосферних умов).

Комп'ютерний аналіз системи Лоренца привів до принципового результату: детермінований хаос, тобто, неперіодичний рух у детермінованих системах, де майбутній стан однозначно визначається минулим, має кінцевий горизонт прогнозування.

У загальному випадку наявність дивного атрактору означає, що:

- система чутлива щодо малих змін у початкових умовах;
- загальні характеристики системи стійкі і не залежать від початкових умов.

Окрім розглянутих випадків, до моделей складних динамічних систем в економічній динаміці, відносять модель ринкової адаптації, яка описує процес коригування стратегії фірми, відповідно до якої вона змінює рівень виробництва, зі зміною ринкової ситуації, а також в умовах повної відсутності інформації по цих змінах. В такому випадку фірма скоріше шукає доход, а не максимізує його.