

Лекція 2. МІСЦЕ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ У МОДЕЛЮВАННІ ЕКОНОМІКИ

- 1.1. Місце методології математичного моделювання в аналізі економіки
- 1.2. Роль математичних моделей та методів в економічних дослідженнях.
- 1.3. Поняття про еволюційну економіку.

1.1. Сутність методології математичного моделювання в аналізі економіки

Математичне моделювання [179,236] є основним ефективним інструментальним методом дослідження економіки.

Метою математичного моделювання економіки є:

по-перше, аналіз, дослідження економічних об'єктів та процесів;

по-друге, економічне прогнозування, передбачення розвитку економічних процесів;

по-третє, управління економічним об'єктом, тобто вироблення управлінських рішень на всіх рівнях господарської ієрархії управління (задачі синтезу).

Процес математичного моделювання полягає у побудові, обґрунтуванні та застосуванні моделі – математичного об'єкта (опису), що використовується під час дослідження замість економічного об'єкта або процесу, і відображає його найбільш суттєві для даного дослідження властивості. Завдяки активній ролі суб'єкта процес моделювання має творчий, активний характер.

Необхідно відмітити, що наряду з аналітичними (дескриптивними) функціями моделювання для сучасної економіки особливо важливим є завдання прогнозування поведінки економічного об'єкта або процесу. А тому при створенні економіко-математичної моделі наряду із іншими вимогами (адекватності, релевантності, нетривіальності, потужності, результативності, економічності тощо) дуже важливим є врахування її *прогностичних можливостей*. Завдання, що поставлене перед дослідником, обумовлює вибір необхідного математичного апарата і відповідної методології моделювання.

Розвиток методології економіко-математичного моделювання має довгу історію. Становлення двох різних за суттю наук – економіки та математики – протягом багатьох століть відбувалося за власними законами, що відображали їх

природу, і водночас вони постійно перетиналися одна з одною. Зародження економіко-математичної ідеї сходять коріннями до глибокої старовини. Сам термін «економіко-математичні методи і моделі» з'явився лише в ХХ столітті. До цього економіко-математична наука розвивалася в рамках політичної економії, а пізніше в рамках чистої економічної теорії. Історично правильний виклад зародження й становлення ідеї економіко-математичного підходу є складною задачею, зважаючи на величезну кількість фактичного матеріалу, різноманітності різних шкіл і переконань, їх взаємозв'язків і переплетінь, різного відношення економістів до основ економічної теорії, її розвитку та структури. Проте, визначним фактом є те, що більша частина Нобелівських премій в галузі економіки, присудження яких було започатковане у 1969 р., надана саме за роботи економіко-математичної спрямованості.

Сучасна методологія економіко-математичного моделювання є достатньо розвинутою галуззю знань, що досліджує передумови, принципи, структуру, логічну організацію, засоби та методикку застосування формальних математичних методів до дослідження та розв'язання проблем функціонування, управління та розвитку економічних систем.

1.2. Роль математичних моделей та методів в економічних дослідженнях

Математичні моделі та методи, які застосовуються в галузі економіки, є потужним засобом, що дозволяє досліднику глибше проникнути в суть явища, простежити його закономірності, виявити приховані зв'язки, які малодоступні спостереженню простим, неозброєним поглядом. Досягнення точних наук допомагають фахівцям у галузі економіки зрозуміти глибинний взаємозв'язок подій, підсилюють обґрунтованість зроблених передбачень та виконаного економічного аналізу. Це, у свою чергу, дозволяє знаходити ефективні рішення для органів державної влади та окремих суб'єктів ведення господарства при складних та неоднозначних ситуаціях, що властиві нашій дійсності.

Саме таку спрямованість мали фундаментальні роботи з розвитку економіко-математичних методів у 50-80-х роках ХХ сторіччя, коли інтерес до цих методів особливо зріс. При цьому можна відзначити, що, незважаючи на різноманіття наукових шкіл, які існували у теоретико-економічних дослідженнях, зазначені роботи не були орієнтовані на якусь одну з них. Вони створювали певний інструментарій, за допомогою якого представники різних

наукових напрямів могли б аналізувати складні економічні процеси та формувати обґрунтовані рекомендації щодо дій учасників цих процесів.

Проте увага до економіко-математичних методів трохи послабшала наприкінці 80-х років, особливо в тих країнах, які стали на шлях ринкових перетворень. Цьому сприяли завищеність очікувань щодо реалізації неоліберальних шляхів розвитку економіки, а також уявлення про те, що саморегуляція в умовах ринку спростить характер економічних відносин. Це призвело до кардинального перегляду методології моделювання.

У сучасних умовах на перший план виходить широке впровадження методів кібернетики як науки, що вивчає загальні закономірності складних систем і методи управління ними.

Такі фундаментальні поняття, як структура системи, ієрархічність підсистем, зворотні зв'язки, саморегулювання набувають особливого значення при вивченні та управлінні економікою. У свою чергу результати застосування кількісних методів та моделювання впливають на теоретико-економічні дослідження, сприяють виявленню нових закономірностей функціонування як економіки в цілому, так і її окремих складових.

На даному етапі розвитку науки мета моделювання економіки полягає не у простому описі системи, а у тому, щоб цей опис дозволяв глибше зрозуміти її поведінку (отримати нові знання).

З точки зору сучасних уявлень *економіка*, як об'єкт моделювання, розглядається як *складна імовірнісна динамічна система*, що охоплює процеси виробництва, обміну, розподілу, споживання матеріальних та інших благ та належить до класу кібернетичних, тобто керованих, систем.

У сучасній економіці особливу роль відіграють нові наукові методи моніторингу, моделювання, аналізу, пошуку циклічності, візуалізації та прогнозування. Це пов'язане з тим, що в ній швидко та кардинально змінюються парадигми, концепції, виробничі та програмні платформи, підходи, технології. Науковий аналіз і наукове прогнозування особливо гостро затребувані перехідними економіками при роботі в умовах ринку, який насичений конкуруючими учасниками зі складною нелінійною інтерференцією повільних (товарних), середнього темпу (фінансових) та швидких (інформаційних) потоків і процесів на ньому. Розвиток нано-, мікро-, мезо-, макро- та мегаекономічного

моделювання, аналізу, планування та прогнозування в сучасних умовах пов'язаний з послідовним зростанням рівня їхньої формалізації. Основу для цього процесу заклав, зокрема, прогрес в галузі фізики, прикладної математики, математичної статистики, у методах оптимізації, теорії наближень, економетриці, прогностиці, синергетиці, теорії фракталів та хаосу.

Протягом останнього десятиліття прийшло усвідомлення того, що реальним соціально-економічним процесам і системам властиві високий ступінь невизначеності та надмірна складність динаміки їхнього еволюціонування. Лавиноподібне підвищення складності вимагає застосування математичних методів, які у свою чергу припускають інший рівень формалізації економіки як моделі.

Постановкою, розв'язанням задач аналізу та прогнозування економічної динаміки, а також розробкою методології її моделювання в нашій країні займалися наукові колективи під керівництвом В.М.Глушкова, Т.С.Клебанової, Ю.Г.Лисенка, В.О.Перепелиці, В.Л.Петренко, Л.Н.Сергєєвої, В.М.Солов'єва, О.І.Черняка та інші.

На думку [2, с.21], **економічна динаміка** є розділом економічної науки, що вивчає детерміновану поведінку в часі економічних систем під впливом внутрішніх та зовнішніх факторів з метою аналізу рівноваги та керування стійкістю.

Предметом дослідження нашого курсу є математичні *моделі еволюції економічних систем* (економічної динаміки) за часовими рядами – дискретними послідовностями вимірювань економічних показників.

Актуальність таких досліджень підтверджується, наприклад, тим фактом, що, коли журнал Королівського товариства економістів Великобританії («The Economic Journal») напередодні свого сторіччя (він видається з 1891 р.) звернувся до ряду авторитетних економістів з питанням: «Як їм представляється економічна теорія в наступні сто років?», - більшість з них підкреслило велику ймовірність зрушення теорії вбік дослідження проблем еволюції.

1.3. Поняття про еволюційну економіку

Теоретичною базою моделювання економічної еволюції (динаміки) є еволюційна економіка. Засновником еволюційної економіки як розділу економічної науки вважають австрійського економіста Йозефа Шумпетера.

Основні принципи сучасної еволюційної економіки були сформульовані в 1982 р. у книзі Р. Нельсона та С. Уінтера. З тих пір цей напрям швидко розвивається.

Головною метою еволюційного підходу є фундаментальне розуміння дійсності. Еволюціоністи визнають високий рівень складності та еволюційний характер розвитку економічних систем. Еволюційна парадигма заснована на вивченні змін у динаміці соціально-економічних систем та враховує їхній історичний розвиток, а застосовувані еволюціоністами принципи аналізу економічного розвитку та поведінки економічних агентів добре узгоджуються з реальними фактами.

За думкою проф. Вітлінського В.В. [3], підходи еволюційної економіки можуть бути плідними в побудові теорії економіки перехідного періоду, коли процеси прискорюються, ламаються старі інституції та створюються нові, економічна рівновага не встигає ще встановитися, як умови знову змінюються.

У працях з економічної теорії останнім часом як центральні проблеми постають: деталізований аналіз функціонування ринків в умовах різноманітних «недосконалостей», роль інформації, процес формування очікувань суб'єктами економіки. Значна увага приділяється неповноті інформації та недосконалості конкуренції, неподільності, зростаючому ефекту масштабу, а також співвідношенням між цими чинниками. Той факт, що не все в діловій поведінці відбувається у відповідності з передбачуваними зразками, еволюційна теорія враховує, визначаючи наявність елементів невизначеності та породжуваного цим ризику.

Розвиток економічної теорії (зміна поглядів, уявлень та поява нових напрямів) з одного боку та стрімкий розвиток фундаментальної науки з іншого боку сприяв становленню якісно нового етапу в розвитку економіко-математичного моделювання.

Ще в 70-і роки 20-го сторіччя дослідники еволюційних процесів виходили з того, що є два класи динамічних систем.

Одні є *детермінованими*, наприклад, обертання Місяця навколо Землі. Прогноз їхньої поведінки може бути даний на будь-який бажаний час, наприклад, сонячні затемнення можна пророчити на багато тисяч років уперед.

Інші – *стохастичні*, ними займається теорія ймовірностей. Типовий приклад - кидання костей при грі в нарди: те, що випаде цього разу, ніяк не залежить від результатів попередніх кидань.

Завершення 20-го сторіччя ознаменувалося відкриттям ще одного важливого класу еволюційних процесів. Формально ці процеси є *детермінованими*: точно знаючи їхній поточний стан, можна встановити, що відбудеться із системою в як завгодно далекому майбутньому. Однак, як завгодно мала неточність у визначенні початкового стану системи стрімко наростає та з деякого часу дослідник втрачає можливість що-небудь пророчити. У такого роду випадках прийнято говорити, що система поводить себе *хаотично*.

Системи з хаотичною поведінкою спочатку були виявлені в гідродинаміці, фізиці лазерів, хімічній кінетиці, астрофізиці, в екології. Аналіз цих явищ дозволяє трактувати хаос, як фундаментальну властивість матерії.

З математичної точки зору *хаотичний характер поведінки* тих або інших систем безпосередньо обумовлений тим, що еволюціонування цих систем є *нелінійним* (нелінійна динаміка).

Усвідомлення цього факту призвело до того, що багатьма дослідниками був виявлений хаотичний характер поведінки також і економічних детермінованих систем. Важливо відзначити, що причиною хаотичного характеру еволюціонування економічних систем можуть бути не тільки екзогенні, але й ендегенні економічні фактори.

Таким чином, зростаюча складність сучасної економіки та процесів, що в ній відбуваються, призвели до виникнення нової – *нелінійної парадигми управління*.

На початку XXI століття пріоритетне місце серед наукових досліджень та публікацій в галузі математичного моделювання посідають проблеми нелінійності, необерненості, нерівноваги, самоорганізації, самоуправління.

В основу методології цих наукових досліджень покладено:

теорію нелінійних динамічних систем

синергетику та

теорію динамічного хаосу,

які вже перейшли межі конкретних дисциплін і довели свою високу наукову та практичну значимість.

З історією розвитку уявлень про складну динаміку нелінійних систем, становлення та досягненнях концепції нелінійної динаміки (динамічного хаосу) можна ознайомитися у Додатку 1.

Нелінійна парадигма та синергетичний підхід впевнено займають передові позиції як у теоретико-економічних, так і у економіко-математичних дослідженнях.

Синергетикою називають міждисциплінарну науку, яка має на меті виявлення спільних принципів еволюції, самоорганізації та адаптації складних систем у різних галузях знань на підставі побудови та дослідження нелінійних динамічних математичних моделей.

Синергетична економіка надає особливого значення, на відміну від лінійних, нелінійним аспектам економічного еволюційного процесу: не стійкості, а нестійкості, не неперервності, а розривам (дискретності), не постійності, а структурним змінам.

Ця теорія трактує нелінійність і нестійкість як джерело розвитку різноманіття та складності економічної динаміки, а економічна еволюція тлумачиться як незворотній процес. При цьому враховується ще й неповнота та невизначеність інформації.

Синергетика акцентує увагу передусім на тому, що економічні системи можуть проходити через ієрархію нестійкого розвитку, і в них (системах) розвиваються дедалі більш складні структури. Такі нестійкості викликані зміною зовнішніх параметрів і можуть привести до нової просторово-часової організації системи. Зокрема, це демонструється виникненням раптових (структурних) 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 тощо.

Проте необхідно відмітити, що синергетична економіка все ж таки розвивається на підставі традиційної, але вона відхиляє деякі ідеї традиційної економіки і трактує її результати лише як часткові, а не загальні випадки.

Синергетична економіка ґрунтується на чітких послідовних стадіях економічного аналізу. У своїх «Основах економічного аналізу» Пауль А. Самуельсон поділяє розвиток аналітичної економіки на п'ять великих стадій [3].

По-перше, у Вальраса можна побачити кульмінацію опису детермінованої рівноваги на статичному рівні.

Парето та інші вчені зробили наступний крок, який є основою теорії порівняльної статистики.

Третій крок, що характеризує мінімізацію витрат у межах економічної одиниці, був зроблений Джонсоном, Слуцьким, Хіксом, Алленом та іншими економістами.

Четверте досягнення — це відкриття принципу відповідності.

Природний — п'ятий — крок, який необхідно зробити після того, як досліджено відгук системи на зміну заданих параметрів, полягає в тому, щоб дослідити поведінку системи як функцію від часу. Далі Самуельсон наголошує: «Користь від будь-якої теоретичної побудови полягає в тім, що вона прояснює процес зміни економічних даних – змінних величин чи параметрів, від яких вони залежать».

Означене загальне положення є справедливим у сфері як динаміки, так і статички. Наступний логічний крок — перехід до створення теорії порівняльної динаміки, яка повинна включати в себе теорію порівняльної статички та кожен з попередніх п'яти кроків як часткові випадки і водночас бути значно ширшою. Цей крок починає здійснюватися через відносно тривалий проміжок часу, бо лише в наш час математика спроможна надати відповідний інструментарій, необхідний для розуміння суті динамічної поведінки економічних систем.

Сучасна економічна наука має гостру потребу в нових інструментах для теоретичних та прикладних досліджень складних економічних систем та процесів.

Методи та моделі дискретної нелінійної динаміки, що базуються на еволюційній ідеології, синергетиці та використанні комп'ютерних технологій, претендують на роль таких інструментів.

Література:

1. Максишко Н. К. Моделювання економіки методами дискретної нелінійної динаміки : монографія. Запоріжжя : Поліграф, 2009. 416 с.
2. Тимохин В.Н. Методология моделирования экономической динамики: монографія / научн. ред. проф. Ю.Г.Лысенко. Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2007. 269 с.
3. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: навч. посібник. Київ: КНЕУ, 2003. 408 с.