MODERN MATHEMATICAL METHODS, MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN ECONOMY

Коломієць С. В., к.ф.-м.н., доцент
Дініц Р. О., магістр
Сумський державний університет
м. Суми, Україна

DOI: https://doi.org/10.30525/978-9934-26-064-3-37

НЕЛІНІЙНА ПАРАДИГМА МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Об'єктивні цивілізаційні зміни та тенденції розвитку сучасних економічних процесів, перехід від індустріального виробництва до інформаційного суспільства, до суспільства знань потребує нових підходів до моделювання та дослідження соціально-економічних систем. Досвід останніх років свідчить, що соціально-економічні системи все частіше демонструють непрогнозовану поведінку та непередбачувані властивості. За таких умов виникає нагальна потреба глибокого осмислення законів розвитку сучасного складного нелінійного світу, пошуку нових методів дослідження соціально-економічних систем, що базуються на іншій парадигмі – парадигмі нелінійності.

Початок XXI століття позначився зміною парадигмальних підходів в дослідженні соціально-економічних систем, посиленням уваги до нелінійних процесів та механізмів самоорганізації. Об'єкти дослідження класичної наукової парадигми – стійкість, рівновага, порядок, замкнені системи, лінійні залежності. Лінійний підхід базувався на властивості детермінованості систем, на принциповому положенні, що поведінка системи обумовлена причинно-наслідковими зв'язками.

Нова сучасна парадигма – це парадигма нелінійності. Складні системи є принципово нелінійними. Нелінійність є загальним

законом природи і насамперед означає недотримання принципу суперпозиції: ціле не може бути сумою його частин; результат не може бути сумою зусиль, якість цілого не визначається сумою якостей частин, реакція системи не є пропорційною впливу. Нелінійність – це багатоваріантність шляхів еволюції, можливість вибору альтернативних шляхів і визначення темпу еволюції; незворотність еволюційних процесів; непряма залежність еволюційних процесів від зовнішнього впливу.

У математичному аспекті важливим є поняття лінійності, що передбачає виконання принципу суперпозиції – будь-яка лінійна комбінація розв'язків є також розв'язком задачі. Загальний розв'язок є сумою частинних розв'язків, а отже, висновок про якість об'єкта в цілому можна зробити, базуючись на якостях його частин.

Більшість реальних економічних процесів і відповідних їм математичних моделей є нелінійними. Нелінійні рівняння можуть мати декілька якісно різних розв'язків, чим пояснюється наявність різних шляхів еволюції відповідної нелінійної системи. Для нелінійних об'єктів не виконується принцип суперпозиції, тобто знання стосовно поведінки частини об'єкта ще не гарантують правильних уявлень про поведінку об'єкта в цілому. У нелінійних системах неочікувано можуть змінюватись напрями та процеси розвитку. Нелінійний світ – це світ з іншими, відмінними від притаманних класичній науці, закономірностями. Це закономірності появи нових складних структур з малих флуктуацій (хаосу), інші закономірності перебігу процесів, інші принципи керування процесами та розвитку складних систем.

Переважна більшість економічних процесів відбувається протягом часу, а отже, адекватні математичні моделі повинні бути не лише нелінійними, а й динамічними. Нелінійні динамічні математичні моделі, які використовувались в фізиці та біології, все частіше застосовують для аналізу соціально-економічних систем. Зокрема, модель динаміки біоценозу, яка описує механізм конкуренції популяцій, може бути застосована при моделюванні конкуренції приватних фірм з державними підприємствами,

нелінійна модель Лотки-Вольтерри «хижак-жертва» може бути використана для моделювання циклічності динаміки цін тощо. Спільність ефектів, що виникають в реальних фізичних, біологічних, соціально-економічних системах (циклічний розвиток, кризи як втрата стійкості, хаос, біфуркації, виникнення та розвиток нових станів) дозволяє використовувати існуючі моделі, що були розроблені для дослідження фізичних та біологічних систем, для вивчення соціально-економічних процесів.

Головне завдання дослідження динамічних моделей економіки – з'ясування питання про розвиток системи в залежності від початкових умов, яке може бути виконане за допомогою якісного аналізу відповідних систем диференціальних рівнянь. Аналіз фазового портрета системи, тобто сукупності всіх її траєкторій побудованих у фазовому просторі, дозволяє з'ясувати питання про можливі сценарії поведінки системи в залежності від початкових умов. Серед фазових траєкторій є головні, які визначають якісні характеристики системи, зокрема точки рівноваги, що відповідають стаціонарним режимам системи, та замкнені траєкторії (граничні цикли), що відповідають режимам періодичних коливань. Аналіз поведінки сусідніх траєкторій дозволяє зробити висновок про стійкість режиму – стійка рівновага або цикл притягує всі сусідні траєкторії, нестійка відштовхує хоча б деякі з них.

Як підкреслюється в [1], найбільш актуальними методами дослідження складних соціально-економічних систем є методи нелінійної динаміки, пов'язані з пошуком єдиних механізмів розвитку нелінійних систем будь-якої природи – від фізичних і біологічних до економічних і соціальних. Модель об'єкта, яким може бути як окрема галузь, так і сукупність галузей економіки, дозволяє аналізувати безліч потенційних шляхів розвитку об'єкта (або окремих характерних рис явища, що супроводжує розвиток об'єкта) та обирати найбільш раціональний шлях його розвитку.

Математичний апарат дослідження систем нелінійних диференціальних рівнянь набагато складніше, ніж лінійних.

Нелінійні системи можуть демонструвати хаотичну, непередбачувану та суперечливу поведінку.

Принципова відмінність нелінійних систем від лінійних полягає ще й в тому, що поведінка кожної підсистеми нелінійної системи, на відміну від лінійної, залежить від координації з іншими. Підсистеми лінійних систем слабо взаємодіють між собою і практично незалежно входять в систему. Важлива особливість нелінійних систем – можливість самоорганізації, тобто утворення з фізичного (біологічного, економічного, соціального) хаосу стійких упорядкованих структур з істотно новими властивостями систем.

Нелінійні динамічні моделі мають ряд принципових властивостей [2, с. 115]:

– можливість існування декількох положень рівноваги;

– можливість існування декількох стійких та нестійких режимів при однакових параметрах системи;

– можливість існування стійких автоколивань з обмеженою амплітудою;

– взаємодія різних видів коливань в нелінійних системах;

– біфуркація розв'язків при зміні параметрів системи та (або) зміні зовнішнього впливу;

– можливість реалізації катастроф – стрибкоподібної поведінки системи за умови неперервної зміни параметрів;

– існування в нелінійних моделях як розв'язків, які властиві лінійним моделям, так і більш складних стійких та нестійких розв'язків;

– можливість існування хаотичних розв'язків в детермінованих моделях;

– можливість існування дивного атрактора;

– самоорганізація в динамічних системах.

Розвиток сучасних соціально-економічних систем відбувається в умовах нестабільності, нестійкості, невизначеності шляхів подальшого перебігу процесів. За таких умов для побудови адекватних моделей соціально-економічних систем необхідно використовувати методи нелінійної динаміки. Використання

вказаних методів має і велике світоглядне значення, оскільки дозволяє отримати нові, можливо дещо парадоксальні, висновки про поведінку соціально-економічних систем.

Література:

1. Козлов Д.А. Методы нелинейной динамики в моделировании макроэкономических процессов. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metody-nelineynoy-dinamiki-v-modelirovanii-makro-ekonomicheskih-protsessov

2. Петров Л.Ф. Методы динамического анализа экономики: учеб. пособие. Москва : ИНФРА-М, 2010. 239 с.

3. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики: Синергетическое мировидение. Москва : Книжныйдом «ЛИБРОКОМ», 2010. 256 с.

4. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: монографія / Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловйов В.М., Шарапов О.Д. Черкаси : Брама-Україна, 2010. 287 с.