

Лекція 1. Концептуальні засади аналізу та математичного моделювання соціально-економічних систем

Мета: ознайомитися з концептуальними засадами моделювання як методу наукового пізнання, поняттям і особливостями соціально-економічних систем (СЕС) та інструментарію економіко-математичного моделювання.

План

- 1.1. Соціально-економічні системи як об'єкт моделювання.
- 1.2. Моделювання як метод наукового пізнання та його види.
- 1.3. Принципи математичного моделювання.
- 1.4. Особливості економіко-математичного моделювання СЕС.
- 1.5. Етапи економіко-математичного моделювання СЕС та загальна оцінка якості моделі.
- 1.6. Елементи класифікації економіко-математичних моделей.
- 1.7. Значення прикладних економіко-математичних досліджень.

Перелік ключових термінів і понять: система, соціально-економічна система, модель, математична модель, економіко-математична модель, адекватність моделі, екзогенні та ендогенні змінні, аналітична модель, алгоритмічна (імітаційна) модель, статистична модель.

1.1. Соціально-економічні системи як об'єкт моделювання

Розглянемо означення ключових понять.

Центральним поняттям кібернетики є поняття «система». Єдиного означення цього поняття не існує. Будемо користуватися таким формулюванням:

Системою називають множину взаємопов'язаних елементів (разом із відношеннями (зв'язками) між ними), які **поєднані спільною метою** (рис. 1.1).

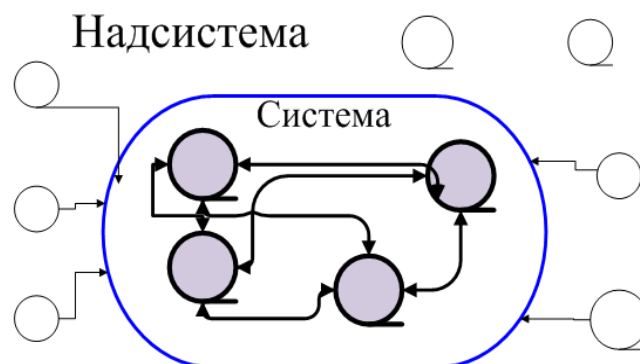


Рис. 1.1. Схематичне представлення системи

Отже, множину елементів можна розглядати як систему, якщо вона характеризується такими ознаками:

1) *цілісність системи*, тобто принципова незведеність властивостей системи до суми властивостей окремих її елементів;

2) *наявність цілей і критеріїв* щодо дослідження цієї множини елементів.

Підсистемою називають таку частину системи, яка сама є системою.

Термін «економіка» має два значення:

економіка як наука та економіка як господарська система. Основні завдання економіки наведено на рис. 1.2.

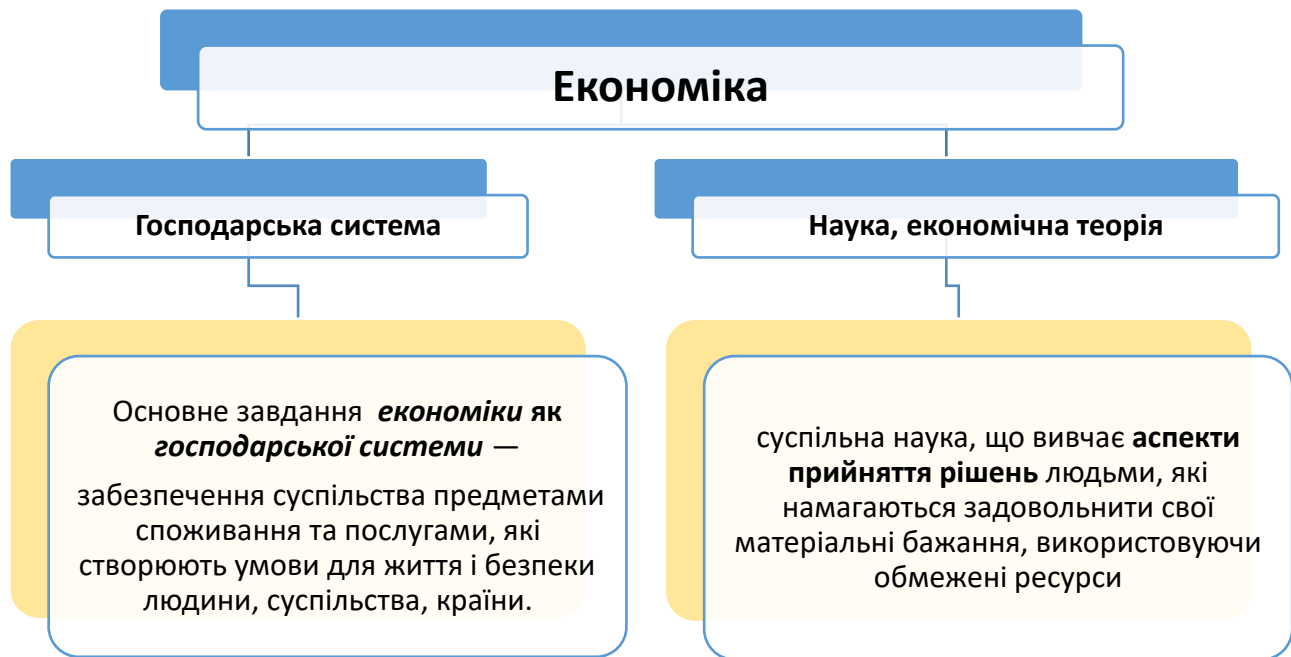


Рис. 1.2. Основні завдання економіки

Економіка як господарська система складається з елементів – господарських одиниць (підприємств, фірм, банків тощо).

Надсистема економіки – природа та суспільство,

дві її головні підсистеми – виробнича та фінансово-кредитна.

Виконуючи своє призначення, економічна система забезпечує розміщення ресурсів, виробляє продукцію, розподіляє предмети споживання та здійснює накопичення (рис. 1.3).

Економіка як складна система є *підсистемою суспільства*. Тому, як правило, об'єкт дослідження науки – *економіка як соціально-економічна система*.

Соціально-економічна система – це складна ймовірнісна динамічна система, що охоплює процеси виробництва, обміну, розподілу й споживання матеріальних та інших благ.

Соціально-економічні системи належать до класу *кібернетичних*, тобто керованих, систем.

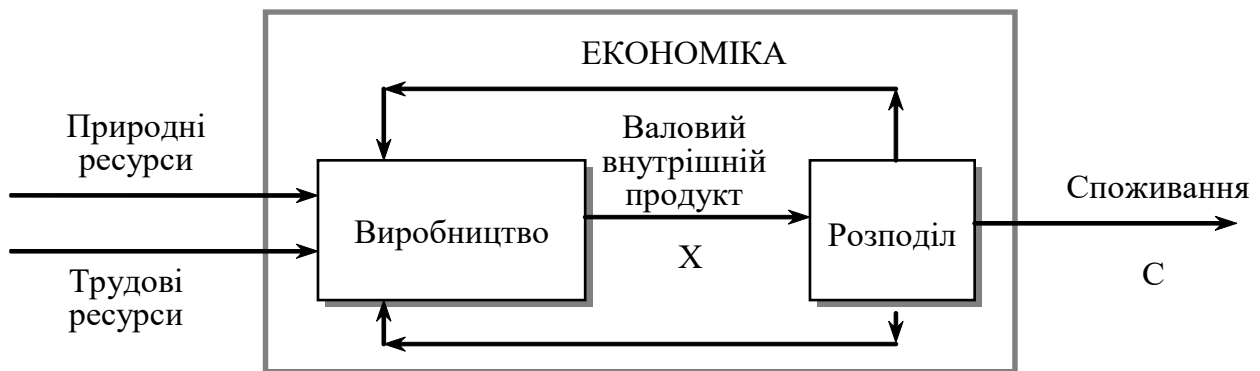


Рис. 1.3. Економіка як підсистема природи і суспільства

Соціально-економічні системи й об'єкти, що до них входять, відносяться до класу *складних систем* і мають характерні їм властивості, до яких можна віднести:

1) *складність структури СЕС:*

а) *ієрархічність*, але не в «чистому» вигляді, а у вигляді переплетень і перетинань багатьох ієрархій, у яких присутні сітьові ознаки та вбудовані контури;

б) *подвійне підпорядкування*, сукупність вертикальних і горизонтальних зв'язків, які відображають відносини управління та взаємодії (виробничі, ринкові, міжгалузеві, соціальні та інші);

в) *поділ на підсистеми* за формальними або евристичними ознаками;

2) *цілісність системи*, що не дозволяє обмежувати або розбивати на автономні частини, які призводять до втрати властивостей цілісної системи;

3) *емерджентність* як прояв властивості цілісності системи – наявність у СЕС таких властивостей, що не є притаманними жодному з її елементів, який розглядається окремо, поза системою;

4) наявність складних *інформаційних процесів системоутворення*, які реалізують процеси обробки й сприйняття складних інформаційних конструкцій за допомогою розвинених інформаційних мов. Важлива й переважна роль неформалізованих, інтелектуальних процесів руху потоків знань та їх відтворення;

5) складність формулювання місії економічної системи, *множинність цілей* і багатовимірність критеріїв ефективності;

6) *динамічність* економічних процесів, що полягає в зміні в часі параметрів і структури економічних систем під впливом внутрішніх та зовнішніх чинників (навколишнього середовища);

7) різноманітність діючих структур і *різноманітність фізичної природи елементів системи*. У функціонуванні будь-якої системи беруть участь і активно взаємодіють у просторі та часі *три потоки*: матеріальний, енергетичний, інформаційний;

8) велика питома вага *суб'єктивних факторів*, які впливають на склад і функціонування економічної системи;

9) високий *ступінь невизначеності*, який супроводжує функціонування СЕС – визначається високим ступенем *залежності від зовнішнього середовища*, можливих помилок в управлінні, великою тривалістю функціонування (вплив динаміки).

10) *активна реакція* на нові чинники, що з'являються.

Усі ці властивості необхідно враховувати під час дослідження СЕС.

Основним методом дослідження систем є **метод моделювання** – спосіб теоретичних і практичних дій, спрямованих на створення та використання моделей.

1.2. Моделювання як метод наукового пізнання та його види

Модель (від лат. «modulus» – зразок, норма, міра) – це об'єкт, що заміщує оригінал та зберігає найбільш важливі для даного дослідження риси і властивості оригіналу.

Моделювання – процес побудови та використання моделі.

Головна особливість моделювання полягає в тому, що це метод опосередкованого пізнання за допомогою об'єктів-замісучивачів.

Ця особливість моделювання визначає специфічні форми використання *абстракцій, аналогій, гіпотез, інших категорій і методів пізнання*.

Процес моделювання включає три *системотвірних елементи*:

- суб'єкт дослідження (аналітик);
- об'єкт дослідження;
- модель, яка опосередковує відносини між об'єктом, який вивчається, та суб'єктом, який пізнає (аналітиком).

Цілі моделювання:

- 1) вивчення об'єкта;
- 2) прогнозування поведінки об'єкта (отримання нових знань щодо об'єкта);
- 3) управління об'єктом.

Існують різні класифікації моделей, які різняться ознакою (основою класифікації). За *способом представлення* моделі поділяються на дві великі групи: **матеріальні** (предметні, фізичні) та **абстрактні** (ідеальні, інформаційні) (рис. 1.4).

Матеріальні моделі – відтворюють геометричні та фізичні властивості оригіналу і завжди мають реальне втілення (наприклад, карти при вивченні історії та географії, макет автівки, крила літака, фізичні і хімічні досліди, в яких моделюються процеси, наприклад реакція між кремнієм та киснем тощо).

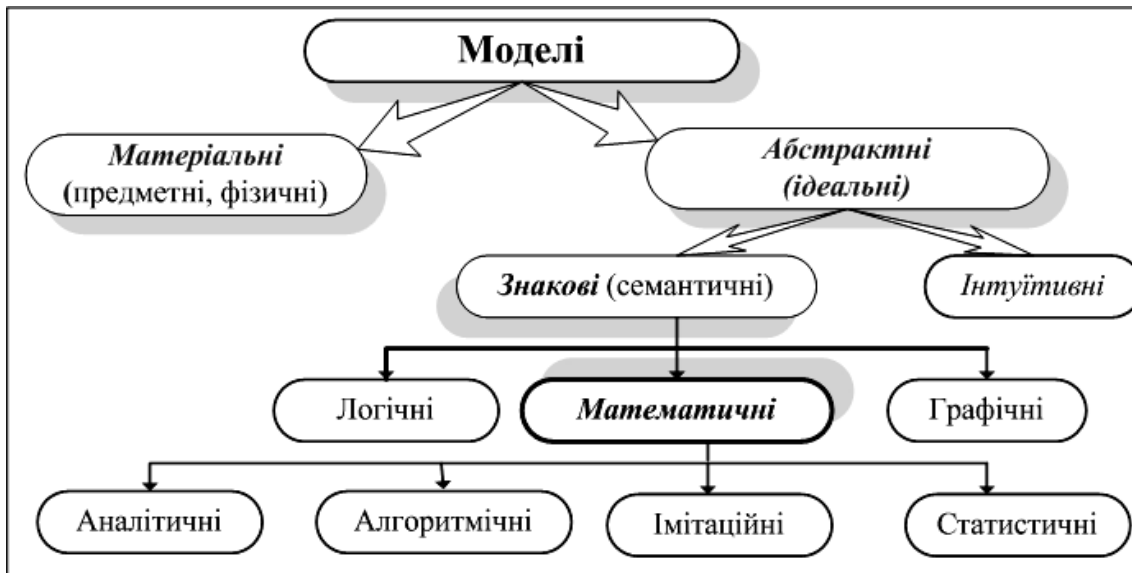


Рис. 1.4. Класифікація моделей

Абстрактними або ідеальними називають моделі, побудовані засобами мислення, свідомості.

Абстрактні моделі можна поділити на *знакові* (семантичні) та *інтуїтивні*. За способом подання семантичні моделі поділяють, зокрема, на математичні, логічні, графічні моделі. Серед інших форм знакових моделей важливе місце посідають **математичні** моделі.

Математична модель – це математичний об’єкт, що заміщує оригінал (реальний об’єкт або процес), в якому відношення між реальними елементами, що цікавлять дослідника, замінені відношеннями між математичними категоріями. Ці відношення зазвичай подаються у формі рівнянь та/чи нерівностей, відношеннями формальної логіки між показниками (змінними), які характеризують функціонування реальної системи, що моделюється. Отже, **математична модель** – це модель, що представляє собою сукупність математичних співвідношень.

Сутність методології математичного моделювання полягає в заміні досліджуваного об’єкта його «образом» – математичною моделлю – і подальшим вивченням (дослідженням) моделі на підставі аналітичних методів та обчислювально-логічних алгоритмів, які реалізуються за допомогою комп’ютерних програм.

Робота **не з самим об’єктом** (явищем, процесом), а **з його моделлю** дає можливість:

- відносно швидко і безболісно досліджувати його основні (суттєві) властивості та поведінку за будь-яких імовірних ситуацій (це переваги теорії);
- водночас обчислювальні (комп’ютерні, симулятивні, імітаційні) експерименти з моделями об’єктів дозволяють ретельно та досить глибоко вивчати об’єкт, що недоступно суто теоретичним підходам (це перевага експерименту).

За обчислювальним характером різних показників, відношень та ін. математичні моделі поділяються на аналітичні, алгоритмічні та імітаційні.

Аналітичні моделі передбачають реалізацію моделі у вигляді алгебраїчних, диференціальних та інших рівнянь, що пов'язують вихідні змінні з вхідними, доповненими системою обмежень. При цьому передбачається наявність однозначної обчислювальної процедури отримання точного розв'язку рівнянь.

При алгоритмічному підході математична модель, що використовується, не припускає точного розв'язку і змушує звертатися до різних наближених, рекурентних методів, ітеративних процедур пошуку наближеного розв'язку. Це типовий підхід до створення моделей складних систем.

Важливим типом математичних моделей складних систем є імітаційні моделі. Імітаційна модель представляє певну обчислювальну процедуру, що описує об'єкт аналізу, його ознаки та дії (процеси), що викликають зміну ознак об'єктів, або появу та зникнення самих об'єктів. Імітаційна модель дає змогу з будь-якою заданою точністю параметрично відтворити систему довільної складності. Основними обмеженнями при створенні цих моделей є ресурси пам'яті і часу. Головним засобом реалізації імітаційних моделей є комп'ютерні системи.

Статистичне моделювання – це вид комп'ютерного моделювання, який дає змогу отримати статистичні дані відносно процесів у модельованій системі.

Графічні моделі передбачають використання графічної форми подання інформації про логіко-математичні залежності між показниками системи. Сучасні комп'ютерні технології дають змогу наглядно подати багатовимірні форми зв'язку (функціональні, стохастичні, логічні), використовуючи тривимірний простір та колірну палітру.

Інтуїтивні моделі будуються на вербальному (описовому) рівні. Ці моделі не встановлюють суворі кількісні співвідношення між явищами, що моделюються, обмежуючись лише аналізом якісних узагальнених понять, що відтворюють лише загальні тенденції розвитку явищ, напрямки змін властивостей об'єктів, що вивчаються, та ін.

Такий підхід здійснюється з метою висунення різних гіпотез поведінки об'єктів складних систем, формування евристик відносно взаємовідносин між активними елементами системи та їх розвитку.

1.3. Принципи математичного моделювання

Розглянемо принципи, які визначають загальні вимоги, яким повинна задовольняти правильно побудована математична модель деякого об'єкта (системи).

Принцип 1. *Полярність* діалектичної пари «модель – об'єкт».

Ця пара завжди полярна, має два полюси – «модель» і «об'єкт».

Принцип 2. *Первинність об'єкта.*

Із двох взаємно пов'язаних полюсів пари «модель – (об'єкт)» один із них – (об'єкт) є первинним, інший (модель) – похідним від нього.

Принцип 3. *Зумовленість моделі об'єктом.*

Наявність полюсу «модель» зумовлює необхідність наявності полюсу «об'єкт».

Принцип 4. Множинність моделей щодо об'єкта дослідження.

Як «модель» для об'єкта, так і «об'єкт» для цієї «моделі» семантично та інтерпретаційно багатозначні: «об'єкт» описується не однією, а багатьма «моделями», «модель» віддзеркалює властивості не одного, а багатьох «об'єктів».

Принцип 5. Адекватність –

відповідність моделі меті дослідження, прийнятій системі гіпотез за рівнем складності й організації, а також відповідність реальній системі (об'єкту). Доки не вирішено питання, чи правильно відображає модель досліджувану систему (об'єкт), цінність моделі незначна.

Принцип 6. Спрощення за умови збереження суттєвих (ключових) властивостей об'єкта (системи).

Модель повинна бути в деяких аспектах суттєво простішою від прототипу – в цьому власне й полягає сенс моделювання, тобто модель ігнорує несуттєві властивості об'єкта.

Цей принцип може бути названий *принципом абстрагування від другорядних деталей*.

Практичні рекомендації щодо зменшення складності моделі:

- зменшення кількості змінних за допомогою виключення несуттєвих змінних або їх об'єднання. Процес перетворення (редукції) моделі в модель із меншою кількістю змінних і обмежень називають *агрегуванням*;
- зміна природи змінних величин й параметрів. Змінні величини й параметри наближено розглядаються як постійні, дискретні – як неперервні тощо;
- зміна функціональної залежності між змінними. Нелінійна залежність замінюється зазвичай лінійною, дискретна функція розподілу ймовірностей – неперервною тощо;
- зміна обмежень (збільшення, виключення чи модифікація). Після зняття обмежень одержуємо оптимістичне рішення, після введення – песимістичне. Варіюючи обмеженнями, можна знайти можливі граничні значення ефекту чи ефективності. Такий спосіб часто застосовують для знаходження попередніх оцінок ефективності рішень на етапі постановки задач;
- обмеження точності моделі. Точність результатів моделі не може бути вищою за точність вхідних даних.

Принцип 7. Блочна побудова.

За дотримання цього принципу полегшується розроблення складних моделей і з'являється можливість використання накопиченого досвіду та адаптації готових блоків із мінімально необхідними зв'язками між ними. Виокремлення блоків відбувається з урахуванням розподілення моделі за етапами й режимами функціонування об'єкта (системи).

Складні об'єкти (системи) потребують розробки цілої ієрархії моделей. Виокремлюють такі рівні, як вся система, підсистеми, підсистеми керування тощо.

Використання математичних методів в економічному аналізі жодною мірою не зводиться до підбору прийнятих формул, підстановки в них певних чисел та певного чаклування, в результаті чого виходить «відповідь».

Рекомендація відомого американського вченого Р. Хемінга:
«Мета обчислень – розуміння, а не числа»;
«перш ніж розв'язувати задачу, подумай, що робити з її розв'язком».

1.4. Особливості економіко-математичного моделювання СЕС

Економіко-математична модель – це:

- математична модель, що описує механізм функціонування певної економічної чи соціально-економічної системи (СЕС);
- концентроване вираження найсуттєвіших **економічних взаємозв'язків** досліджуваних об'єктів (процесів) у вигляді математичних функцій, нерівностей і рівнянь.

Однією з **важливих передумов та особливостей економіко-математичного моделювання** є наповнення розроблених моделей конкретною та якісною інформацією.

Точність і повнота первинної інформації, реальні можливості її збору й опрацювання справляють визначальний вплив на вибір типів прикладних моделей.

З іншого боку, завдання моделювання економіки висувають нові вимоги до системи інформації.

Залежно від модельованих об'єктів і призначення моделей використовується в них **вхідна інформація** має суттєво відмінний характер і походження. Вона **може бути розподіленою на дві категорії**:

- щодо минулого розвитку та сучасного стану об'єктів – отримана в результаті економічних спостережень й опрацювання;
- про майбутній розвиток об'єктів (включає дані про очікувані зміни, внутрішні параметри та зовнішні умови (прогнози) – є результатом самостійних досліджень, які також можуть проводитися за допомогою моделювання.

Методи економічних спостережень і використання їхніх результатів розробляються **економічною статистикою**. З огляду на це варто визначити лише специфічні проблеми економічних спостережень, які стосуються моделювання економічних процесів. В економіці чимало процесів є масовими: вони характеризуються закономірностями, що не проявляються на підставі лише одного чи кількох спостережень. Тому **моделювання в економіці має спиратися на масові спостереження**.

Інша проблема породжується *динамічністю економічних процесів*, мінливістю їхніх параметрів і структурних відношень. Унаслідок цього доводиться постійно вивчати економічні процеси, здійснювати їх моніторинг. Оскільки спостереження за цими процесами й опрацювання емпіричних даних зазвичай забирають досить багато часу, то, будуючи економіко-математичні моделі, необхідно коригувати вхідну інформацію з урахуванням її надходження із деяким запізненням у часі.

Дослідження кількісних відношень економічних процесів і явищ спирається на *економічні виміри*.

Точність проведення вимірювань значною мірою впливає на точність кінцевих результатів кількісного аналізу. Тому застосування математичного моделювання загостило проблему вимірювання та кількісного зіставлення різних аспектів і явищ соціально-економічного розвитку та повноти одержуваних даних, захисту їх від навмисних і технічних викривлень (деформації).

1.5. Етапи економіко-математичного моделювання СЕС та загальна оцінка якості моделі

Можна виокремити **шість основних етапів процесу математичного моделювання СЕС**. Узагальнена схема цього процесу представлена на рис. 1.5.

Розглянемо зміст цих етапів більш детально.

Етап 1. Постановка економічної проблеми та розробка концептуальної (змістовної) моделі.

Головне на цьому етапі – чітко сформулювати сутність проблеми (цілі дослідження), припущення, що приймаються, і ті питання, на які необхідно одержати відповіді. З урахуванням цілей дослідження проводиться якісний аналіз об'єкта; виокремлюються, абстрагуючись від другорядних, найважливіші риси і властивості об'єкта, що моделюється. З позиції системного підходу вивчаються структура об'єкта й головні взаємозв'язки між його елементами (підсистемами). Обираються та обґрунтовуються основні показники й система гіпотез, що пояснюють поведінку та розвиток об'єкта і на основі яких буде відбуватися подальша формалізація.

На цьому етапі моделювання широко застосовуються *якісні методи описання систем, знакові та мовні моделі*. Таке попереднє, наближене зображення системи називають *концептуальною моделлю*.

Етап 2. Розробка математичної моделі.

Це етап формалізації економічної проблеми, вираження її у вигляді конкретних математичних залежностей і відношень (функцій, рівнянь, нерівностей тощо). На цьому етапі проводиться теоретичне (аналітичне) дослідження моделі, обираються методи дослідження й розв'язку.



Рис. 1.5. Узагальнена схема процесу економіко-математичного моделювання

Метою теоретичного (аналітичного) дослідження є з'ясування загальних властивостей моделі. Найважливіший момент – доведення існування розв'язку для моделі. Знання загальних властивостей моделі є дуже важливим. Тому часто задля доведення подібних властивостей дослідники свідомо йдуть на ідеалізацію первинної моделі. У тому разі, коли аналітичними методами не вдається з'ясувати загальні властивості моделі, а спрощення моделі спричиняється до недопустимих (неадекватних) результатів, переходять до числових методів дослідження.

Етап 3. Реалізація моделі у вигляді комп'ютерної програми та проведення розрахунків.

Включає розробку алгоритмів для числового розв'язування задачі, складання програм на комп'ютері (або використання існуючих комп'ютерних програм із відповідною адаптацією) і безпосереднє проведення розрахунків. Труднощі цього етапу зумовлені передусім великою розмірністю економічних задач, необхідністю опрацювання значних масивів інформації. Завдяки високій

швидкодії сучасної комп'ютерної техніки вдається проводити числові «модельні» експерименти, вивчаючи «поведінку» моделі за різних значень деяких умов. Дослідження, що проводяться за допомогою числових методів, можуть стати суттєвим доповненням до результатів аналітичного дослідження. Клас економічних задач, які можна розв'язувати числовими методами, значно ширший, ніж клас задач, доступних аналітичному дослідженню.

Етап 4. Аналіз результатів модельних обчислень, порівняння їх з фактичними даними та прийняття відповідних рішень.

Результати досліджень подаються у вигляді, зручному для огляду, і на основі обробки отриманих результатів проводиться аналіз матеріалів дослідження моделі. На цьому етапі вирішується питання про правильність і повноту результатів моделювання, про можливість практичного застосування останніх, і, найголовніше, про досягнення цілей дослідження.

Отже, цей етап виконується, насамперед, з метою перевірки моделі на адекватність.

Модель вважається *адекватною* об'єкту-оригіналу, якщо вона з достатнім ступенем наближення (на рівні розуміння аналітика) відтворює закономірності процесу функціонування реальної економічної системи в зовнішньому середовищі.

Вимога адекватності є суперечною вимозі простоти, і це слід враховувати, перевіряючи модель на адекватність. Початковий варіант моделі попередньо перевіряється за такими основними аспектами: чи всі суттєві параметри включені в модель; чи містить модель несуттєві параметри; чи правильно відображені функціональні зв'язки між параметрами; чи правильно визначені обмеження на значення параметрів тощо.

Для встановлення відповідності створюваної моделі оригіналу (*адекватності*) використовують такі *методи*:

- порівняння результатів моделювання з окремими експериментальними результатами, одержаними за однакових (подібних) умов;
- використання інших моделей;
- порівняння структури і функціонування моделі з прототипом.

Головним шляхом перевірки адекватності моделі досліджуваного об'єкта виступає практика. Але вона потребує накопичення статистики, котра не завжди буває достатньою для отримання надійних даних. Для багатьох моделей перші два методи виявляються менш прийнятними. Тоді залишається лише один шлях: висновок про подібність моделі та прототипу робити на підставі порівняння їхніх структур і виконуваних функцій. Такі висновки не мають формального характеру, оскільки ґрунтуються на досвіді та інтуїції дослідника.

Згідно з результатами перевірки моделі на адекватність приймається рішення про необхідність проведення її коригування (перехід до етапу 5) чи можливість її практичного використання (перехід до етапу 6).

Етап 5. Корегування моделі, формування нових гіпотез.

У процесі дослідження виявляються недоліки попередніх етапів моделювання. Недоліки, які не вдається виправити на проміжних етапах моделювання, необхідно усунути, повертаючись до попередніх етапів. Отже, *процес моделювання має циклічну структуру*. Результати кожного циклу мають і цілком самостійне значення. Розпочавши дослідження від побудови простої моделі, можна швидко одержати корисні результати, а потім перейти до створення досконалішої моделі.

Етап 6. Впровадження (використання) моделі.

Впровадження моделі можна розглядати як самостійну задачу, застосувавши до неї й системний підхід, і аналіз. Отриманий математичний розв'язок формулюють у відповідній змістовній формі (здійснюють *інтерпретацію* результатів) та представляють замовникові у вигляді інструкцій та рекомендацій.

Зауваження щодо загальної оцінки якості моделі

Творчий характер процесу моделювання зумовлює різноманітність критеріїв оцінки якості моделі.

З погляду **розроблювача** «гарною» моделлю є *нетривіальна, потужна й витончена модель*.

Нетривіальна модель дозволяє проникнути в сутність поведінки системи та розкрити деталі, які не є очевидними при безпосередньому спостереженні.

Потужна – дає змогу отримати множину (декілька) таких нетривіальних висновків.

Витончена – має досить просту структуру й реалізованість.

Із погляду **користувачів**, які виявляють більше прагматизму при оцінці моделі, «гарна» модель – це модель *релевантна, точна, результативна, економічна*.

Модель є :

релевантною (від англ. relevance – доречність), якщо вона відповідає поставленій меті;

точною – якщо її результати достовірні;

результативною – якщо отримані результати дають продуктивні висновки;

економічною – якщо ефект від використання отриманих результатів перевершує витрати на її розробку та реалізацію.

У будь-якому випадку дослідник повинен обґрунтувати необхідність використання конкретної моделі, що застосовується.

1.6. Елементи класифікації економіко-математичних моделей

Для класифікації економіко-математичних моделей використовують різні *класифікаційні ознаки*.

За цільовим призначенням економіко-математичні моделі поділяються на *теоретико-аналітичні*, що використовуються під час дослідження загальних

властивостей і закономірностей економічних процесів, і *прикладні*, що застосовуються в розв'язанні конкретних економічних задач (моделі економічного аналізу, прогнозування, управління).

Відповідно до загальної класифікації математичних моделей вони поділяються на *функціональні* та *структурні*, а також *проміжні* форми (структурно-функціональні). Типовими структурними моделями є моделі міжгалузевих зв'язків. Прикладом функціональної моделі може слугувати модель поведінки споживачів в умовах товарно-грошових відносин.

Моделі поділяють на *дескриптивні* та *нормативні*. Прикладом дескриптивних моделей є виробничі функції та функції купівельного попиту, побудовані на підставі опрацювання статистичних даних. Типовим прикладом нормативних моделей є моделі оптимального (раціонального) планування, що формалізують у той чи інший спосіб цілі економічного розвитку, можливості і засоби їх досягнення.

За характером відображення причинно-наслідкових аспектів розрізняють *моделі жорстко детерміновані* і *моделі, що враховують випадковість і невизначеність*.

За способами відображення чинника часу економіко-математичні моделі поділяються на *статичні* й *динамічні*.

Моделі економічних процесів надзвичайно різноманітні за формою математичних залежностей. Важливо виокремити клас *лінійних моделей*, що набули значного поширення завдяки зручності їх використання. Відмінності між лінійними і нелінійними моделями є суттєвими не лише з математичного погляду, а й у теоретико-економічному плані, адже багато залежностей в економіці мають принципово нелінійний характер.

За співвідношенням *екзогенних* і *ендогенних* змінних, які включаються в модель, вони поділяються на *відкриті* і *закриті*. Повністю відкритих моделей не існує; модель повинна містити хоча б одну ендогенну змінну. Повністю закриті економіко-математичні моделі, тобто такі, що не містять екзогенних змінних, надзвичайно рідкісні. Переважна більшість економіко-математичних моделей посідає проміжну позицію і розрізняється за ступенем відкритості (закритості).

1.7. Роль прикладних економіко-математичних досліджень

Можна виокремити щонайменше **чотири аспекти** застосування математичних методів і моделей у вирішенні практичних проблем.

1. Удосконалення системи економічної інформації. Математичні методи й моделі дають змогу упорядковувати економічну інформацію, виявляти недоліки в наявній інформації та розробляти вимоги до підготовки нової інформації чи її коригування. Розроблення і застосування економіко-математичних моделей вказують шляхи вдосконалення системи економічної інформації, орієнтованої на вирішення певних завдань планування та управління.

2. Інтенсифікація і підвищення точності економічних розрахунків. Формалізація економічних задач і застосування комп'ютерів значно

прискорюють типові, масові розрахунки, підвищують точність і скорочують трудомісткість, дають змогу проводити багатоваріантні економічні дослідження та обґрунтування складних заходів, які недосяжні за панування «ручної» технології.

3. Поглиблення кількісного аналізу економічних проблем. Завдяки застосуванню економіко-математичного моделювання створюються нові можливості економічного аналізу; вивчення чинників, які впливають на економічні процеси; кількісного оцінювання наслідків змін умов розвитку економічних об'єктів тощо.

4. Розв'язання принципово нових економічних задач. За допомогою математичного моделювання вдається розв'язувати економічні задачі, які в інший спосіб розв'язати практично неможливо, наприклад, відшукування оптимального варіанта народногосподарського плану, імітація народногосподарських заходів, автоматизація контролю за функціонуванням складних економічних об'єктів.

Сфера практичного застосування економіко-математичного моделювання обмежується можливостями та ефективністю формалізації економічних проблем і ситуацій, а також станом інформаційного, математичного, технічного забезпечення використовуваних моделей. Намагання будь-якою ціною застосувати математичну модель може не дати очікуваних результатів через відсутність необхідних умов.

Питання для самоконтролю:

1. У чому полягає основна особливість моделювання?
2. Що є передумовою для практичного застосування математичного моделювання в економіці?
3. У чому полягає суть принципу абстрагування від другорядних деталей?
4. Як можна класифікувати моделі за характером відображення причинно-наслідкових аспектів?
5. Які методи використовують для перевірки моделі на адекватність?
6. Назвіть основні переваги застосування математичних моделей в економіці.