

ТЕМА 1. Концептуальні аспекти математичного моделювання економічних процесів

План

1.1. Основні дефініції математичного моделювання.....	1
1.2. Теоретичні основи математичного моделювання та класифікація моделей...6	
1.3. Принципи та етапи побудови економіко-математичних моделей.....	10
1.4. Економіка як об'єкт математичного моделювання.....	14

1.1. Основні дефініції математичного моделювання

def. Економіко-математичне моделювання – наукова дисципліна, яка займається розробкою та практичним використанням математичного апарату: найбільш вигідного засобу управління різними соціально-економічними системами та процесами.

Сучасна економічна наука як на мікро-, так і на макрорівнях у своїх практичних дослідженнях широко використовує наявний інструментарій математичних методів для формалізованого опису існуючих стійких кількісних характеристик та закономірностей розвитку соціально-економічних систем.

Під соціально-економічною системою розуміємо складну імовірнісну динамічну систему, яка містить процеси виробництва, обміну, розподілу та споживання матеріальних й інших благ. Її відносять до класу кібернетичних, тобто керованих систем.

У ринкових умовах господарювання економіко-математичні методи стають важливим інструментом отримання більш глибоких і повних знань про кількісні та якісні сторони економічного механізму тих чи інших процесів і явищ.

Метод «проб і помилок» у наші дні непридатний, дуже мало часу залишається для «проб» і досить дорогими можуть бути помилки. У ринкових умовах не повинно бути місця свавільним, так званим «вольовим» рішенням. Стратегічні рішення необхідно приймати не інтуїтивно, а на підставі всебічного статистичного аналізу та математичних розрахунків. І не випадково, саме в наш час, відзначається посилений інтерес до використання математичних методів у макро- та мікроекономічних дослідженнях. Замість того, щоб «пробувати і помилятися» на реальних об'єктах, аналітики дають перевагу робити це з допомогою економіко-математичних моделей. Побудова таких моделей є одним з важливих завдань прикладної математики.

Внутрішньою характеристикою раціонального керування господарського комплексу та його складників є оптимальність, тобто вибір із множини

можливих варіантів економічного розвитку такого, який дає можливість найефективніше використовувати наявні виробничі, фінансові та інші ресурси.

З позиції оптимального планування та керування, підприємство або структурний підрозділ розглядається як система, в якій комплексно відображаються технологічні, економічні та організаційні взаємозв'язки керованого об'єкта, а також його складників.

Оптимальні плани виробничих та господарських структур повинні забезпечувати балансовий взаємозв'язок завдань для випуску продукції з виробничими та фінансовими ресурсами, які є в наявності. Наступне завдання оптимального планування – ефективне використання виробничих, фінансових та інших ресурсів при дотриманні оптимальних структурних пропорцій.

Концепція оптимального керування народним господарством і його галузями бере свій початок у наукових працях академіків Л.В. Канторовича, В.В. Новожилова, В.С. Немчинова та ін. За висловом Л.В. Канторовича, оптимальний розрахунок – це третя компонента, яка дає можливість отримати додатковий ефект при тих самих ресурсах, але за короткий час.

З оптимальним планом безпосередньо взаємодіє поняття економіко-математичної моделі, яка є концентрованим виразом існуючих взаємозв'язків і закономірностей процесу функціонування економічної системи в математичній формі і складається із сукупності пов'язаних між собою математичних залежностей у вигляді формул, рівнянь, нерівностей, логічних умов та факторних величин, всі або частина яких має економічний зміст.

def. **Моделювання** – процес побудови моделі, за допомогою якого вивчається функціонування об'єктів різної природи. Він складається з трьох основних елементів: суб'єкта, об'єкта дослідження та моделі, за допомогою якої суб'єкт пізнає об'єкт.

Виходячи з даних, наведених у словниках [176, 13, 47, 111] (додаток А) слово **«модель»** є позиченим з французької («modele») та італійської («modello»), які походять від латинського «modulus», що відповідає за змістом таким поняттям, як міра, образ, зразок, норма, спосіб і т. ін.

На сучасному етапі розвитку людської цивілізації поняття «модель» досить широко вживається в науковій, популярній літературі та повсякденному житті. Кожна людина протягом всього свого життя використовує в своїй діяльності поняття «модель», іноді навіть не усвідомлюючи це. Дитина грається лялькою – використовує модель людини, географи користуються географічною картою –

моделлю Землі, формула другого закону Ньютона є моделлю динаміки поступового руху тіла і т.д. Ознакою, що поєднує між собою два таких різних об'єкти як пара жіночих туфель (модельне взуття) та система диференціальних рівнянь (математична модель кровоносної системи людини) є слово „модель”. У англійців – model husband – ідеальний чоловік, тобто вони цим словом позначають оцінку високих моральних та життєвих якостей людини. Наведені приклади ще раз підкреслюють, що поняття «модель» має різні та іноді навіть суперечливі тлумачення.

def. Модель – це такий матеріально або розумово (умовно) зображуваний об'єкт, який у процесі дослідження замінює об'єкт-оригінал таким чином, що його безпосереднє вивчення дає нові знання про цей об'єкт.

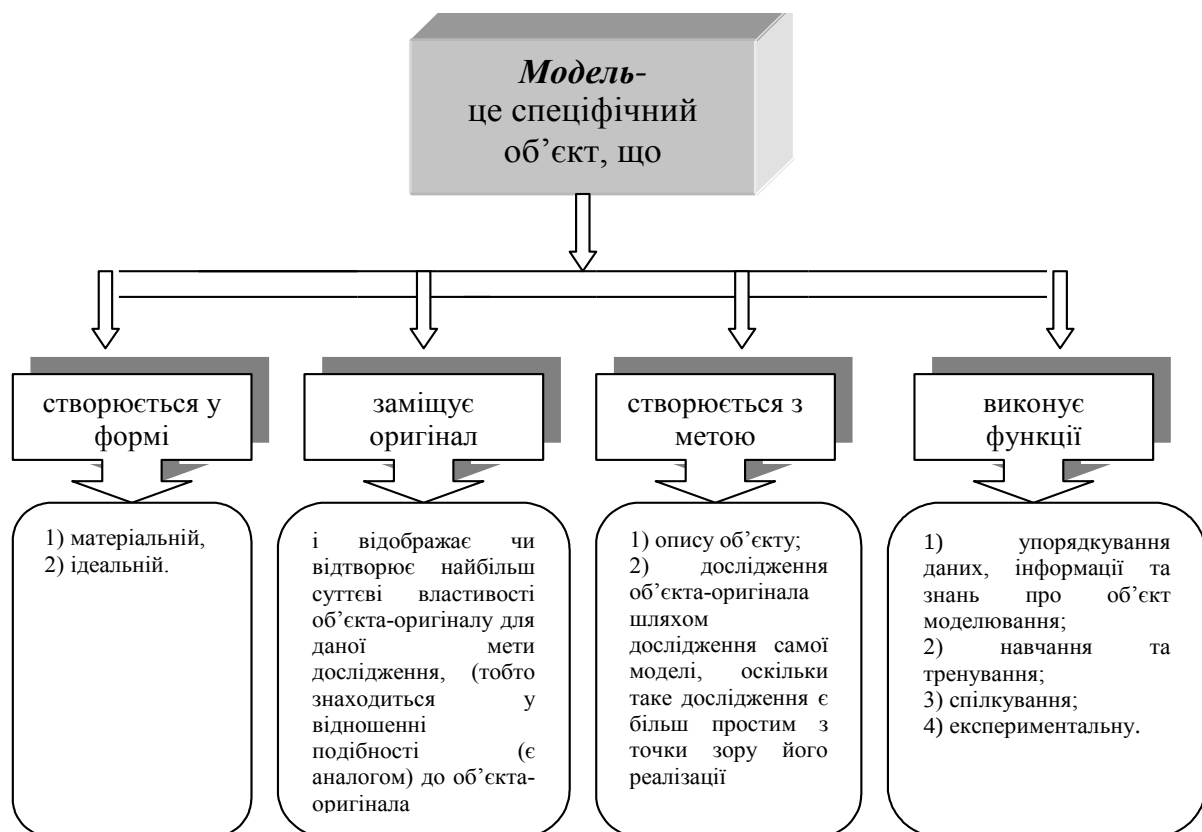


Рис. 1.1. Схема узагальненого визначення поняття моделі

Іншими словами, модель – умовне зображення об'єкта, що певною мірою адекватно описує його функціональні характеристики, які істотно важливі для поставленої мети дослідження. Разом із тим, можна сказати, що модель – це інструмент кількісного аналізу певних явищ, крім того, вони розвивають інтелект і дають багато корисного для прийняття рішень.

В означенні моделі можна визначити декілька важливих моментів:

- модель може бути матеріальним об'єктом або абстрактним представленням, і, як наслідок, конкретне втілення моделі не буде суттєвим для мети моделювання;
- основна властивість моделі – здатність представити об'єкт при дослідженні його властивостей;
- моделлю може бути тільки така структура, яка дозволить отримати на її основі більш повну інформацію, в порівнянні з безпосереднім дослідженням об'єкта.

def. Математична модель - формалізований, тобто представлений математичними співвідношеннями, набір правил, що описують фактори суттєвого впливу на функціонування об'єкта дослідження.

Отже, математична модель є системою математичних формул, нерівностей або рівнянь, які більш-менш адекватно описують явища та процеси, що властиві для оригіналу.

Тому процес побудови та використання математичної моделі для її розв'язання з допомогою прикладних задач називається математичним моделюванням.

Опис математичної моделі виконується термінами кількісних характеристик-показників (змінних, невідомих), значення яких підлягає визначенню в процесі розв'язку задачі та параметрів, величини котрих апріорно відомі.

Моделювання в економіці слугує:

- 1) передумовою та інструментом аналізу економіки і процесів, які функціонують в ній;
- 2) як засіб обґрунтування прийняття рішень, прогнозування, бізнес-планування та керування економічними об'єктами.

Модель економічного об'єкта переважно підтримується реальними статистичними та емпіричними даними, а результати розрахунків, виконані в межах побудованої моделі, дають можливість будувати прогнози на майбутнє та давати об'єктивні оцінки корисності об'єктів дослідження.

У більшості випадків об'єктом моделювання може бути реальна господарська система чи один або два процеси, що відбуваються в ній. Для побудови моделі необхідно не просто вибрати об'єкт, але й подати його структурний опис у вигляді системи, тобто визначити межі його взаємодії з

зовнішнім середовищем. Моделі одного й того ж об'єкта можуть бути різними та відображати його з різних сторін.

Перевага математичного моделювання очевидна: вона полягає у можливості отримати інформацію про об'єкт вивчення без проведення дійсних експериментів. А це, в свою чергу, виправдовує витрати на розробку алгоритмів і методів розв'язання поставлених задач.

Моделювання доцільно застосовувати в таких випадках:

- об'єкт недоступний для безпосереднього дослідження;
- об'єкт настільки складний, що дослідження його втрачає сенс через складність самого дослідження, або ж через наявність великої кількості побічних для даного дослідження факторів;
- дослідження на реальному об'єкті неможливі з деяких міркувань (моральних, фінансових або конкурентних).

Всі моделі є спрощеним відображенням реальної системи, але якщо цей процес виконано коректно, то отримане наближене відображення реальної ситуації дає можливість мати достатньо точні характеристики об'єкта дослідження.

Процес моделювання тісно пов'язаний із множиною процедур, а саме: вибором цільової функції, змінних, параметрів, форм зв'язку та іншими. Тому при побудові економіко-математичної моделі слід вміло володіти такими поняттями: критерій оптимальності, цільова функція, змінні, система обмежень, рівняння зв'язку, розв'язком моделі.

Критерієм оптимальності називається деякий показник, який має економічний зміст та слугує способом формалізації конкретної мети керування і виражається за допомогою цільової функції через фактори моделі. Критерій оптимальності визначає розуміння змісту цільової функції. У деяких випадках в якості критерію оптимальності може виступати одна із вихідних характеристик об'єкта моделювання.

Цільова функція математично зв'язує між собою фактори моделі, і її значення визначається значеннями цих величин. Змістовне тлумачення цільовій функції надає тільки критерій оптимальності.

Потрібно розрізняти критерій оптимальності та цільову функцію. Так, наприклад, критерій прибутку та критерій загальної вартості випущених інвестиційною компанією акцій можуть описуватися однією і тією ж цільовою функцією.

Змінні — це невідомі величини, значення яких має бути визначене за допомогою економіко-математичної моделі.

Параметри та константи – це незалежні від часу економічні показники та нормативні коефіцієнти, які характерні для об'єкта і включаються до моделі через систему обмежень.

Система обмежень визначає границі існування області дійсних та допустимих розв'язків і характеризує основні зовнішні та внутрішні властивості об'єкта.

Рівняння зв'язку являються математичною формалізацією системи обмежень. Між поняттями «система обмежень» та «рівняння зв'язку» існує аналогія, як між поняттями «критерій оптимальності» та «цільова функція»: різні за змістом обмеження можуть описуватися однаковими рівняннями зв'язку, а одне і те ж саме обмеження в різних моделях може записуватись різними рівняннями зв'язку.

Розв'язком математичної моделі називається такий набір (сукупність) значень змінних, які задовольняють її рівняння зв'язку.

1.2. Теоретичні основи математичного моделювання та класифікація моделей

Економіко-математичне моделювання є одним із ефективних методів опису функціонування складних соціально-економічних об'єктів та процесів у вигляді математичних моделей, об'єднуючи тим самим в єдине економіку та математику.

В структурі економіко-математичних методів можна виділити дисципліни та їх розділи, які складають теоретичну основу математичного моделювання:

- економічну кібернетику (системний аналіз економіки, теорію економічної інформації, теорію керуючих систем і т. і.);
- економетрію (дисперсійний аналіз, кореляційний аналіз, регресійний аналіз, багатомірний аналіз, факторний аналіз, кластерний аналіз і т.і.);
- математичну економіку (теорію економічного росту, теорії виробничих функцій, міжгалузеві баланси, національні рахунки, аналіз попиту та пропозицій, регіональний та просторовий аналіз, глобальне моделювання і т.і.);
- методи дослідження операцій (математичне програмування, сіткове моделювання, теорію масового обслуговування, методи керування запасами,

теорію ігор та методи прийняття рішень і т.д.);

- експертні методи економіки (математичні методи аналізу і планування економічних експериментів, імітаційне моделювання, ділові ігри, методи експертних оцінок і т.д.);
- методи прогнозування.

В прикладних дослідженнях економічних процесів і явищ використовуються різні типи моделей, які відрізняються цільовим призначенням моделі, характером задачі, ступенем адекватності, математичним апаратом та ін. Побудова єдиної математичної моделі функціонування будь-якої економічної системи або її складових практично не представляється можливим без розробки допоміжних моделей, тобто певного комплексу моделей.

Вид і характер економіко-математичних моделей визначається взаємозв'язками та взаємозалежностями економічних систем. Взаємозв'язки одних систем можна описати на основі лінійних рівнянь і нерівностей, других – на основі рівнянь і нерівностей більш високих порядків, третіх – на основі кореляційного аналізу, четвертих – на основі теорії ймовірності і т.д.

В основу класифікації економіко-математичних моделей покладено такі ознаки:

- 1) за цільовим призначенням – теоретико-аналітичні та прикладні моделі;
- 2) за ступенем агрегування об'єктів – макроекономічні та мікроекономічні моделі;
- 3) за конкретним призначенням – балансові, трендові, оптимізаційні, імітаційні моделі;
- 4) за типом інформації, використаної в моделі – аналітичні та ідентифіковані моделі;
- 5) за врахуванням фактора невизначеності – детерміновані та стохастичні моделі;
- 6) за характером математичного апарату – матричні моделі, моделі лінійного та нелінійного програмування, кореляційно-регресійні моделі, моделі теорії масового обслуговування, моделі сіткового планування та керування, моделі теорії ігор і т.п.;
- 7) за типом підходу до систем, які досліджуються – дескриптивні (описові) моделі (наприклад, балансові та трендові моделі) та нормативні моделі (оптимізаційні та моделі рівня життя);
- 8) за структурою моделей та характером їх складових – одно- та багатфакторні моделі, статичні та динамічні моделі, моделі простої та складної структури;
- 9) за часовими характеристиками – довготермінові, середньотермінові та

короткотермінові моделі.

До числа складної комбінованої економіко-математичної моделі, наприклад, можна віднести економіко-математичну модель міжгалузевого балансу, яка є за вищенаведеною класифікацією прикладною, макроекономічною, аналітичною, дескриптивною, детермінованою, балансовою, матричною моделлю, окрім того, розрізняють як статичні, так і динамічні моделі.

Розглянемо коротко основні якісні характеристики деяких економічних моделей.

Теоретико-аналітичні моделі використовуються для теоретичного дослідження та аналізу загальних властивостей, закономірностей економічних явищ і механізму економічних процесів.

Прикладні моделі аналізують функціонування конкретного економічного об'єкта та використовують результати дослідження на практиці. Прикладні моделі забезпечують можливість оцінки параметрів функціонування конкретних техніко-економічних об'єктів та обґрунтування висновків для прийняття управлінських рішень (до їх числа відносяться насамперед економетричні моделі, які дають можливість статистично оцінювати числові значення економічних показників на основі спостережень).

Макроекономічні моделі (агреговані) - це моделі, що відображають функціонування економіки країни як єдиного цілого та найважливіших її частин (галузей, сфер). Макроекономічні моделі переважно цілісно описують економіку країни, зв'язуючи між собою узагальнені матеріальні та фінансові показники: валовий внутрішній продукт, споживання, інвестиції, зайнятість, бюджет, інфляцію, ціноутворення, оподаткування та ін.

Мікроекономічні моделі (деталізовані) – це сукупності образів й аналогів, що характеризують властивості та зв'язки локального економічного об'єкта або процесу (підприємства, фірми). Мікроекономічні моделі описують взаємодію структурних та функціональних складових економіки або їх автономну поведінку в перехідному або ринковому середовищі, стратегії поведінки підприємств та інших суб'єктів господарювання в умовах олігополії з використанням методів оптимізації та теорії ігор.

Балансові моделі – це моделі, що відображають вимогу відповідності наявних ресурсів та їх використання або потреби в них. *Трендові моделі* відображають розвиток економічної системи, що моделюється через тренд (довгу тенденцію) її основних показників. Використовують статистичні показники. *Оптимізаційні моделі* – це моделі, що призначені для вибору найкращого варіанту з певної кількості варіантів можливого розвитку економічних процесів (виробництва, розподілу, споживання та планування). Тобто вони дають

можливість з багатьох рішень вибрати оптимальне за конкретних умов. *Імітаційна модель (алгоритмічна)* – це комплексна математична й алгоритмічна модель реальної системи, що створена для експериментів на цій моделі з метою визначити поведінку системи або оцінити (в рамках обмежень, зумовлених деяким критерієм чи сукупністю критеріїв) різні стратегії, що забезпечують функціонування даної системи.

Детерміновані моделі – це моделі, у яких параметри задані достовірно, а їх зміна не пов'язана з впливом випадкових факторів.

Стохастичні (імовірнісні) моделі - це моделі у яких при завданні на вході моделі певної сукупності значень, на виході можуть бути отримані різні результати в залежності від дії імовірнісного фактора, тобто зміна параметрів моделей пов'язана з впливом випадкових факторів.

Матрична модель – це економіко-математична модель, що відображає найбільш специфічні кількісні та якісні характеристики економічних процесів та явищ, що досліджуємо.

Моделі лінійного програмування – це моделі математичного програмування, в яких критерій ефективності $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ являє собою лінійну функцію, а функції $\varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ у системі обмежень лінійні.

Моделі нелінійного програмування - це моделі математичного програмування, в яких критерій ефективності та (або) система обмежень задаються нелінійними функціями.

Рівновагові моделі описують поведінку суб'єктів господарювання як в стабільних стійких станах, так і в умовах нестійкого економічного середовища, де нерівновага за одними параметрами компенсується іншими факторами. Оптимізаційні моделі зв'язані переважно з мікрорівнем, на макрорівні результатом раціонального вибору поведінки суб'єктів є деякий стан рівноваги.

Статичні моделі описують стан економічного об'єкта в конкретний момент або період часу, динамічні моделі, навпаки, включають взаємозв'язки змінних в часі.

У статичних моделях переважно зафіксовані значення деяких величин, які є змінними в динаміці, наприклад, капітальні вкладення, ціни. Динамічна модель не зводиться до простого сумування деяких статичних величин, а описує сили та взаємодії в економіці, які визначають хід процесів в ній. Динамічні моделі часто використовують апарат диференціальних та різницевих рівнянь варіаційного числення.

Детерміновані моделі припускають існування функціональних зв'язків між змінними моделі, а стохастичні моделі допускають наявність випадкових дій на

досліджувані показники, використовуючи методи теорії ймовірності та економетрії як інструментарій.

1.3. Принципи та етапи побудови економіко-математичних моделей

Для побудови як комплексу взаємозв'язаних економіко-математичних моделей, так і будь-якої окремої моделі, необхідна певна сукупність принципів (правил гри), які дають можливість коректно здійснювати процес формалізації моделюючих систем та об'єктів.

Загальні принципи економіко-математичного моделювання впливають із загальних основ системного аналізу, тобто вони повинні бути відповідями на запитання: 1) що повинно бути зроблено? 2) коли повинно бути зроблено? 3) з допомогою кого повинно бути зроблено? 4) на основі якої інформації здійснюються відповідні дії? 5) який результат повинен бути отриманий на основі цих дій?

До загальних принципів економіко-математичного моделювання відносять такі принципи:

- 1) *системності*,
- 2) *інтегрованості*,
- 3) *невизначеності*,
- 4) *головних видів діяльності*,
- 5) *достатності*,
- 6) *інваріантності*,
- 7) *наступності*,
- 8) *ефективності*.

Розглянемо ширше кожний із цих принципів.

Одним із головних принципів моделювання економічних процесів є *принцип системності*, який включає в себе методологію дослідження об'єкта та побудову його математичної моделі, за умови, що об'єкт розглядають як цілісний комплекс складників, які мають особливий зв'язок із зовнішнім середовищем і представляють собою підсистему системи вищого порядку. Дієвим інструментом окресленого принципу є системний аналіз.

Принцип інтегрованості полягає в тому, що взаємовідношення частини та цілого характеризуються сукупністю трьох елементів:

- 1) виникненням взаємодіючих систем – зв'язків між частинами цілого;
- 2) втратою деяких властивостей при входженні в ціле;

З) появою нових властивостей у цілого, зумовлених властивостями складових частин.

Принцип невизначеності припускає, що на граничних межах економічні процеси чітко невизначені. Перебіг процесів у часі призводить до того, що вони постійно змінюються, і якщо навіть зможемо встановити будь-які характерні властивості чи якості процесу, то вони проявляють їх тільки в певний момент часу і в заданій ситуації. Тобто на мікрорівні економічні процеси необхідно розглядати з урахуванням випадкових факторів.

Принцип головних компонентів вбачаємо в тому, що в різних системах існують подібні види діяльності (управління, регулювання, розподілу та ін.), які можна виділити як стандартні. Вони бувають незмінними на деякому проміжку часу й можуть бути дещо подібними моделями.

Принцип достатності використаної інформації означає, що в кожній моделі повинно використовуватися тільки те інформаційне забезпечення, яке відоме з необхідною для результатів моделювання точністю. Під відомим інформаційним забезпеченням розуміють нормативні, довідкові, звітні та інші характеристичні дані про реальні економічні системи та їх складові, які були до моменту моделювання. У зв'язку з послідовною розробкою комплексу моделей, які описують складний об'єкт і формалізовані окремою моделлю, вся інформація про моделюючу систему може бути не повністю відома до моменту розв'язку деякої задачі. Проте це не заважає використанню окремої моделі, якщо вона побудована з дотриманням принципу достатності. Крім цього, виконання принципу достатності дає можливість переходити від загальних моделей до більш детальних, поступово уточнюючи та конкретизуючи результати досліджень.

Принцип інваріантності інформації вимагає, щоби в моделі вхідна інформація була незалежна від параметрів моделюючої системи, які ще не відомі на описуваній стадії дослідження. Використання цього принципу дає можливість при побудові моделей позбутися замкнутого кола, що часто трапляється, коли в моделі використовується інформація, яка може бути відома лише за результатами моделювання.

Зміст *принципу наступності* зводиться до того, що кожна модель не повинна порушувати властивостей об'єкта, встановлених або відображених у попередніх моделях комплексу. Отже, вибір критеріїв та моделі повинен в першу чергу ґрунтуватися на принципі наступності за умови, що забезпечується виконання принципів достатності та інваріантності використаної інформації. Якщо ж наступна модель не є складовою попередніх,

то раніше побудовані моделі повинні бути скориговані для забезпечення принципу наступності.

Важливим із точки зору практичного використання комплексу моделей є принцип *ефективності реалізації*. Для його виконання необхідно, щоби кожна модель могла бути реалізована з допомогою сучасних програмних та технічних засобів. З іншого боку, виконання такого принципу вимагає забезпечення відповідної точності вхідних даних, точності розв'язку задачі і тієї точності висновкової інформації, яка достатня для досягнення практичних цілей.

Процедуру побудови моделі та підготовку управлінського рішення на основі економіко-математичних методів можна представити з допомогою ряду взаємозв'язаних етапів, хоча в конкретних випадках деякі етапи можуть опускатися, а ряд процедур для побудови моделі – вестись паралельно.

ЕТАПИ МОДЕЛЮВАННЯ

1. Постановка задачі та формулювання мети дослідження.

Описуваному етапу передують виникнення проблемних ситуацій, усвідомлення яких призводить до необхідності їх узагальнення або вирішення для майбутнього досягнення певного ефекту (корисності).

Оснoву етапу складає комплексний аналіз функціонування об'єкта дослідження, виявлення його проблемних місць. Далі йде опис найбільш характерних властивостей об'єкта, вивчення його структури та взаємозв'язків. Тут важливим моментом є формулювання гіпотез щодо поведінки та розвитку об'єкта. Завершується досліджуваний етап описом поставлених завдань у вигляді задачі та сформульованої мети дослідження з допомогою критерію чи критеріїв ефективності.

2. Побудова концептуальної (формалізованої) моделі.

Базовою основою для побудови моделі об'єкта є його концептуальна модель. Під концептуальною моделлю об'єкта розуміємо сукупність якісних залежностей критеріїв оптимальності і різного роду обмежень від факторів, суттєвих для адекватного відображення функціональних характеристик об'єкта. На другому етапі відбувається формалізація існуючої економічної проблеми, яка полягає у вираженні її з допомогою математичної символіки через відповідні залежності та відношення. Як результат, на завершення етапу ми отримуємо математичну задачу, яка має цільову функцію та відповідну систему обмежень.

Побудова концептуальної моделі є важливим етапом моделювання, оскільки він визначає напрямки, цілі та область дослідження. Завершальним кроком побудови концептуальної моделі є оцінка в майбутньому її адекватності моделюючій ситуації.

3. Формування інформаційної бази моделі.

Третій етап є найбільш трудомістким, оскільки він представляє собою не тільки простий статистичний збір інформації. Тут висувуються досить високі вимоги до якості та достовірності підготовленої інформації.

При формуванні інформаційного забезпечення використовується математичний інструментарій теорії ймовірностей, економетричного моделювання. Тут має місце неперервність процесу формування необхідної інформації, який полягає в тому, що вихідні параметри однієї моделі можуть служити вхідними показниками для іншої.

4. Побудова числової економіко-математичної моделі.

На окресленому етапі на основі концептуальної моделі здійснюється формування числової математичної моделі об'єкта. Головна проблема етапу – визначення кількісних математичних співвідношень, які формалізують якісні залежності концептуальної моделі. Навіть за наявності повністю розробленого сценарію ці співвідношення можуть бути неочевидними. У зв'язку з цим часто виникає необхідність у виконанні проміжного етапу між побудовою концептуальної і математичної моделей об'єкта, тобто перетворення сценарію в алгоритм, який моделює взаємодію елементів між собою та оточенням в динаміці.

Завершальним кроком формування математичної моделі є оцінка її адекватності стосовно до концептуальної моделі.

5. Числовий розв'язок задачі. Етап дослідження числової математичної моделі розпочинається з її аналізу (відношення до певного класу моделей), вибору відповідного методу її розв'язання та програмного забезпечення. Головна проблема цього етапу – розробка алгоритму оптимального або найкращого в заданих умовах розв'язання певної задачі.

Враховуючи вид числової економіко-математичної моделі, приймаються відповідні рішення стосовно подальших дій. Якщо отримана модель задачі має стандартний вид, для неї існують відомі алгоритми, а також програмні продукти знаходження розв'язків, то тут відбувається все дуже просто. В протилежному випадку доводиться розробляти алгоритм розв'язання та формувати відповідне програмне забезпечення. Отримані числові розв'язки далі піддаються суттєвому кількісному аналізу.

6. Аналіз числових результатів і прийняття рішень. На цьому етапі вирішується важливе питання відносно правильності та повноти результатів моделювання, і, як результат, розробляються рекомендації для практичного використання при прийнятті вигідних рішень або для удосконалення моделі.

Завершальним кроком процедури побудови економіко-математичної моделі є оцінка точності одержаних розрахунків та вироблення на їх основі ефективних прикладних рішень.

1.4. Економіка як об'єкт математичного моделювання

Математичне моделювання слугує дієвим інструментом при розробці та прикладному використанні методів оптимального керування різними організаційними системами. До організаційних систем відносяться промислові підприємства різних форм власності, виробничі об'єднання, концерни, акціонерні й приватні підприємства, економіка народногосподарського комплексу з її структурними складниками.

Керування довільною системою реалізується як процес, який підпорядковується певним закономірностям. Знання цих закономірностей допомагає визначити умови необхідності та достатності успішного відбуття досліджуваного процесу. Для цього всі параметри, що характеризують процес і зовнішні умови, повинні бути кількісно визначеними. Отже, методи математичного моделювання – кількісне обґрунтування прийняття рішень відносно організаційного керування.

Сучасна економічна наука як на мікро-, так і на макрорівнях у своїх прикладних дослідженнях широко використовує наявний інструментарій математичних методів для формалізованого опису існуючих стійких кількісних характеристик та закономірностей розвитку соціально-економічних систем.

Основними методами дослідження системи являється метод моделювання, тобто інструмент теоретичного аналізу та практичних дій, спрямований на розробку, вивчення та використання моделей.

Значний клас математичних моделей, які мають назву макроекономічних, використовується для розробки сценаріїв розвитку соціально-економічних систем. Вони дають можливість відповісти на запитання: «що буде, якщо...?», тобто що станеться з іншими параметрами, якщо один із них змінити. Наприклад, якщо підвищити ставку податку на додану вартість на P %, то яким чином це відіб'ється на дефіциті чи профіциті бюджету?

Одним із прикладів макроекономічних моделей є теорія економічних циклів (хвиль). Вона виявляє циклічні коливання в економіці, які мають різну періодичність і викликані інвестиційною активністю, технічним прогресом, нормою прибутку капіталовкладень і продуктивністю праці. Такі моделі можуть служити для виявлення довготермінових тенденцій і прогнозів. У

досліджуваному класі моделей вивчаються різноманітні припущення стосовно залежності властивостей елементів моделі від часу та поєднання самих елементів.

Моделі міжгалузевого балансу, шляхом групування підприємств за галузевими та регіональними ознаками, зменшують діапазон різноманітності в економічному просторі. Наприклад, відома модель Леонтьєва дає можливість оцінити: наслідки зміни кінцевого попиту для різних секторів економіки, наслідки загального росту заробітної плати для кожної групи діяльності, вузькі місця економіки, наслідки перетворень в секторах економіки, вплив зовнішньоекономічних зв'язків.

Моделі динамічної ринкової рівноваги дозволяють вивчити взаємний вплив попиту, пропозиції певного ресурсу чи товару на різних ринках і цін на них. Такі моделі також сприяють оцінюванню впливу податкової і бюджетної політики на інфляцію, на стимуляцію чи стримування економічного росту. Знання згаданих залежностей допомагає спрогнозувати розвиток ситуації при тих або інших діях і намірах уряду, наприклад, при формуванні бюджету.