

Тема 1. Концептуальні аспекти математичного моделювання економічних процесів

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

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

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. Багатокомпонентність і велика розмірність систем, зокрема соціально-економічних, може значно ускладнити процес відображення мети та обмежень в аналітичному вигляді. Тому виникає необхідність у проведенні процедури зменшення реальної розмірності задачі до таких меж, які б із достатнім ступенем точності адекватно відобразили реальну дійсність. Незважаючи на велике число змінних і обмежень, які на перший погляд слід враховувати в процесі аналізу реальних ситуацій, лише невелика їх частина виявляється суттєвою для опису поведінки досліджуваних систем. Тому при виконанні процедури спрощення опису реальних систем, на основі якої буде побудована модель, насамперед необхідно ідентифікувати домінуючі змінні, параметри та обмеження.

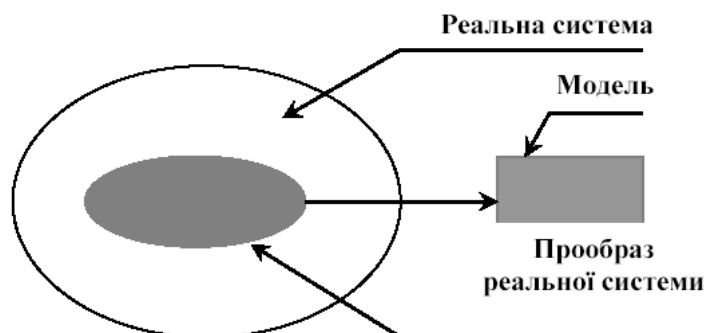


Рис. 1.1. Абстрактне зображення рівнів системи

Схематичне зображення рівнів абстракції, відповідно до процедури процесу переходу від системи-оригіналу до її моделі представлено на рис. 1.1.

Прообраз реальної системи відрізняється від системи-оригіналу тим, що в ньому відображено лише домінуючі чинники (змінні, їх параметри й обмеження), які визначають генеральну стратегію поведінки реальної системи.

Модель, яка буде прообразом реальної системи, є найбільш суттєвою для опису системи співвідношення у вигляді цільової функції та сукупності обмежень.

Єдиного визначення категорії системи не існує. У своїх дослідженнях ми будемо використовувати таку дефініцію: системою називається сукупність взаємозв'язаних структурних елементів, які сумісно реалізують визначені цілі. Множину елементів, що досліджується, можна розглядати як систему, якщо виконуються такі чотири ознаки:

- цілісність системи, тобто незвідність її властивостей до суми властивостей складових елементів системи;
- наявність мети та критерію дослідження множини елементів;
- наявність більш структурно-логічної, зовнішньої у відношенні до досліджуваної системи, названої «середовищем»;
- можливість виділення в описуваній системі взаємозв'язаних частин (підсистем).

З поняттям системи тісно корелюють категорії надсистеми і підсистеми. Надсистема - середовище, яке оточує систему і в якому вона функціонує. Підсистема - підмножина елементів, що реалізують цілі, узгоджені з цілями системи.

Існує декілька підходів математичного опису складної системи. Найбільш загальним і доступним є теоретико-множинний підхід, при якому система S представляється відношенням $S \in X \times Y$, де відповідно, X і Y - вхідні та вихідні об'єкти системи.

Предметом нашого дослідження буде економічна система, процесам функціонування якої властиві кількісні та якісні характеристики. До якісних характеристик віднесемо, наприклад, податкову реформу, приватизацію власності, радикальну перебудову зовнішньої діяльності, зміну інфраструктури, реформу аграрного сектора тощо.

Якісні характеристики економічної системи тісно пов'язані зі структурними зсувами в економіці. У свою чергу кількісні характеристики охоплюють множину тих питань, які корелюють з регулюванням ринкової кон'юнктури, використанням фінансових і матеріальних ресурсів, вибором оптимальних технологічних способів виробництва, структури портфеля цінних паперів, оптимальних стратегій бізнес-планів та ін.

Кількісний аспект оцінки функціонування економічної системи на мікро- і на макрорівнях ґрунтується на використанні інструментарію математичних методів.

Використання кількісних методів в економічних дослідженнях дає можливість, **по-перше**, виділити та формально описати найбільш важливі й суттєві закономірності функціонування економічних систем і об'єктів у вигляді моделей.

По-друге, на основі сформульованих за певними правилами логіки вхідних даних і співвідношень, методами дедукції зробити **висновки**, які адекватні до об'єкта дослідження стосовно зроблених припущень.

По-третє, математичні методи дають можливість отримати дедуктивним шляхом нові дані про об'єкт дослідження.

По-четверте, використання мови математики дозволяє компактно описати основні положення економічної теорії, сформулювати їх змістовний апарат і робити відповідні висновки.

1.1. Основні дефініції математичного моделювання

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.

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 балансний взаємозв'язок завдань для випуску продукції з виробничими та фінансовими ресурсами, які є в наявності. Наступне завдання оптимального планування - ефективно використання виробничих, фінансових та інших ресурсів при дотриманні оптимальних структурних пропорцій.

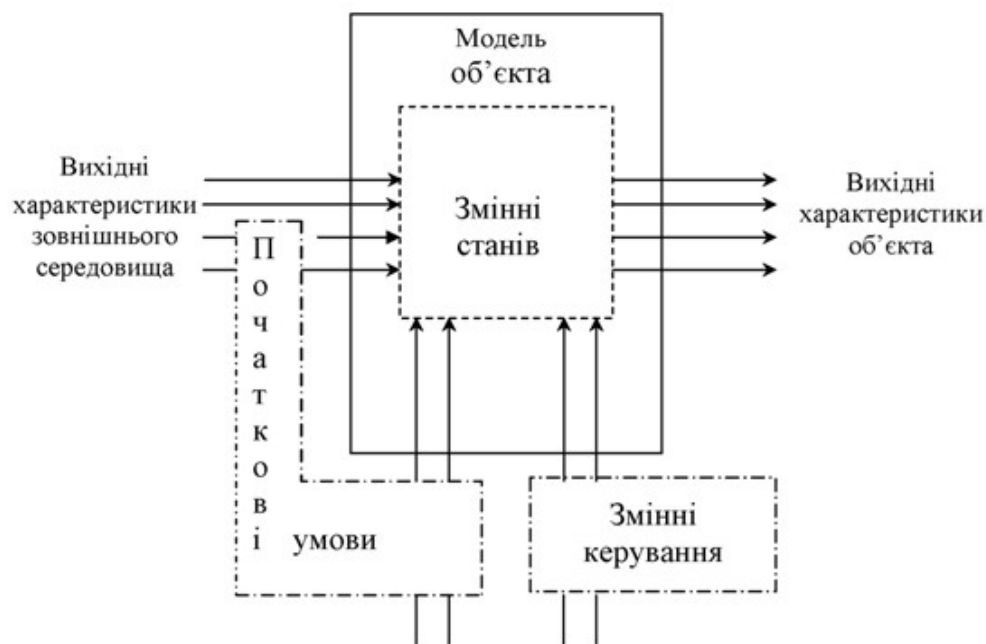


Рис. 1.2. Класифікація чинників

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. За своїм призначенням в економіко-математичних моделях ці фактори доцільно поділити на параметри та характеристики (рис. 1.2).

При цьому параметрами об'єкта називають фактори, які характеризують властивості об'єкта або його складників. В процесі дослідження об'єкта ряд параметрів може змінюватися, тому їх називають змінними, які, в свою чергу, поділяються на змінні стану та змінні керування. Вхідними характеристиками є змінні стану об'єкту, а вихідними характеристиками – безпосередньо кінцеві результати функціонування об'єкта. Відповідно, характеристики зовнішнього середовища описують його властивості, які впливають на процес та результат функціонування об'єкта. Значення ряду факторів, що визначають початковий стан об'єкта або зовнішнього середовища, називаються початковими умовами.

Отже, **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, з допомогою якої суб'єкт пізнає об'єкт.

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

Загальне схематичне зображення основних етапів процесу моделювання показано на рис. 1.3.

Розрізняють фізичне та математичне моделювання. Математичне моделювання - універсальний та ефективний інструмент пізнання внутрішніх закономірностей,

властивих явищам і процесам. Воно дає можливість вивчити кількісні взаємозв'язки, взаємозалежності моделюючої системи та вдосконалити її подальший розвиток і функціонування з допомогою математичної моделі.

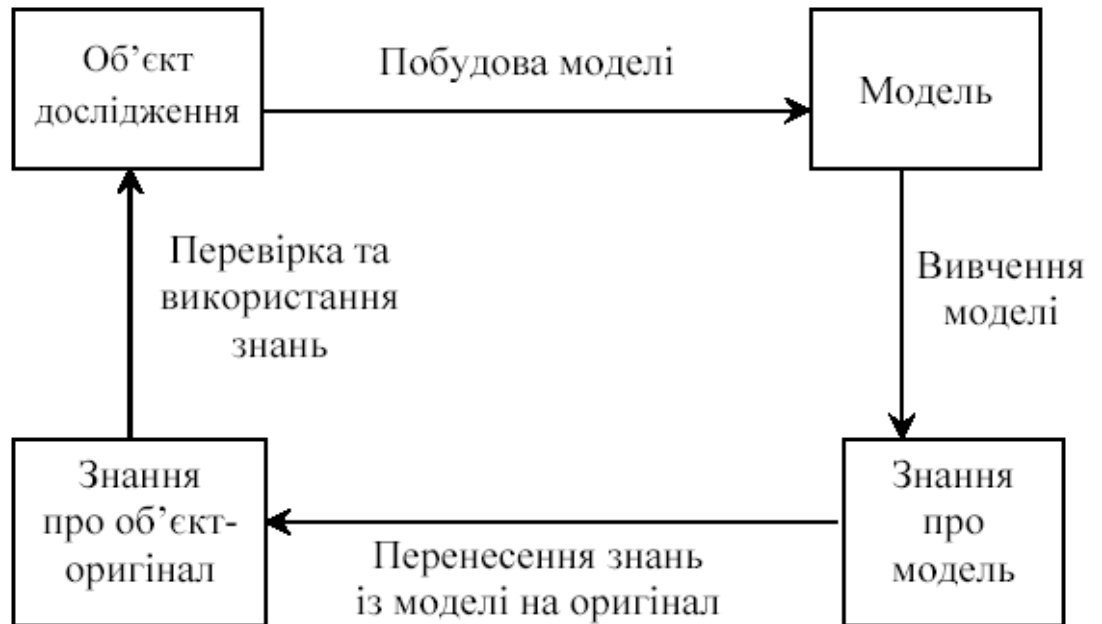


Рис. 1.3. Основні складові процесу моделювання

Математичну модель розуміємо як 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 служить передумовою та інструментом аналізу економіки і процесів, які функціонують у ній, а також 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.

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 має багатовекторний характер і його 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).

Моделюючи конкретну ситуацію, аналітик має з'ясувати, наскільки чітко й точно модель відображає реальну дійсність і надійність отриманих кількісних оцінок.

Найбільш важливими моделями, що використовуються при дослідженні розвитку та функціонування економічних процесів є математичні. Будь-яка модель задачі дослідження окремого класу включає в себе змінні, систему обмежень і мету. Мета - це цільова функція, яка задається на множині допустимих розв'язків D . Сама множина D виражає міру досягнення мети: якщо D - пуста множина, то розв'язків не існує; якщо D - одна точка, то ця точка буде єдиним допустимим розв'язком задачі, який не представляє собою для нас інтересу; якщо D містить більше одного розв'язку, то задача оптимізації полягає у знаходженні оптимального розв'язку на множині допустимих. Внаслідок цього 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.

Економіко-математичні моделі не створюють нових і не змінюють існуючих принципів та методологічних основ економічної теорії, вони змінюють способи їх використання для всебічного кількісного та якісного аналізу закономірностей і взаємозв'язків економічних процесів.

Отже, 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: критерієм оптимальності, цільовою функцією, системою обмежень, рівняннями зв'язку, розв'язком моделі.

Критерієм оптимальності називається деякий показник, який має економічний зміст та служить 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.

Змінні в моделях класифікуються як змінні стану, росту, додаткові та керовані.

Змінні стану визначають або допомагають визначити стан системи в будь-який момент часу. Прикладом таких змінних можуть бути обсяги продажу і прибуток.

Змінні росту - характеристики, що описують процес, який протікає в системі в заданий момент часу. Досліджуваний процес можна кваліфікувати або як перетворення, або як переміщення.

Додаткові змінні допомагають глибше вивчити об'єкт, а в окремих випадках спрощують співставлення результатів дослідження.

Керовані змінні - входи моделі, значення котрих змінюється в часі незалежно від поведінки об'єкта дослідження. Зростання обсягів виробництва - результат керування зі сторони зовнішнім середовищем, дію якого на окремих стадіях можна розглядати як постійну величину. Керовану змінну можна представити як функцію від часу.

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. Обмеження визначають область відбуття процесу, границі зміни параметрів та характеристик 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.

Таким чином, саме критерій оптимальності та система обмежень в першу чергу визначають концепцію функціонування майбутньої математичної моделі, її концептуальну модель, а їх формалізація, тобто побудова цільової функції та рівнянь зв'язку, представляють собою математичну модель.

Розв'язком математичної моделі називається такий набір (сукупність) значень змінних, які задовольняють її рівняння зв'язку. Розв'язки, які мають економічний зміст, називаються структурно допустимими. Моделі, які мають багато розв'язків, називаються варіантними на відміну від без варіантних, які мають один розв'язок. Серед структурно допустимих варіантних розв'язків моделі, як правило, знаходиться один розв'язок, при якому цільова функція в залежності від змісту моделі має найбільше або найменше значення. Такий розв'язок, як і відповідне значення цільової функції, називається **оптимальним**.

Для того, щоби моделювання стало дієвим інструментом пізнання, необхідно правильно побудувати математичну модель, адекватну процесу, що вивчається.

Найчастіше математичні методи використовують для вирішення класичних задач оптимізації, імітації чи прогнозування. При цьому, основні труднощі, подолати які необхідно, полягають у забезпеченні адекватності цієї моделі до об'єкта дослідження.

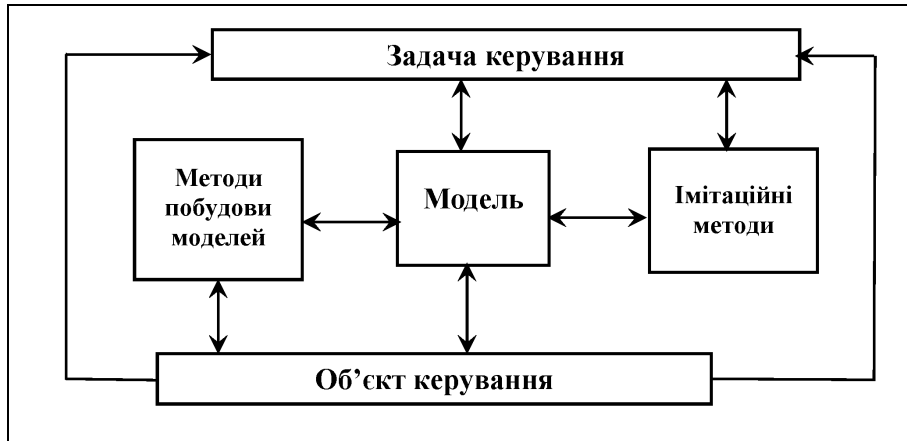


Рис. 1.4. Формування вимог адекватності моделей

Адекватність побудованих математичних моделей необхідно оцінювати з урахуванням таких чинників (рис. 1.4):

- відповідності структури та властивостей об'єкта керування (процесу управління);
- відповідності властивостей і можливостей методів формування інформаційної бази моделей, виконання їх на основі процедури імітації;
- відповідності до вимог розв'язання управлінських задач.

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.

У прикладних дослідженнях економічних процесів і явищ використовуються різні типи моделей, які відрізняються цільовим призначенням, характером задачі, ступенем адекватності, математичним апаратом тощо. 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 і т.д.

В основу класифікації економіко-математичних моделей покладено такі ознаки:

- за цільовим призначенням - теоретико-аналітичні та прикладні моделі;
- за ступенем агрегування об'єктів - макроекономічні та мікроекономічні моделі;
- за конкретним призначенням - балансові, трендові, оптимізаційні, імітаційні моделі;

- за типом інформації, використаної в моделі - аналітичні та ідентифіковані моделі;
- з урахуванням фактора невизначеності - детерміновані та стохастичні моделі;
- 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.;
- за типом підходу до систем, які досліджуються - описові (наприклад, балансові та трендові моделі) та нормативні моделі (оптимізаційні та моделі рівня життя);
- за структурою моделей та характером їх складових - одно-та багатокритерійні моделі, статичні та динамічні моделі, моделі простої та складної структури;
- за часовими характеристиками - довготермінові, середньотермінові та короткотермінові моделі.

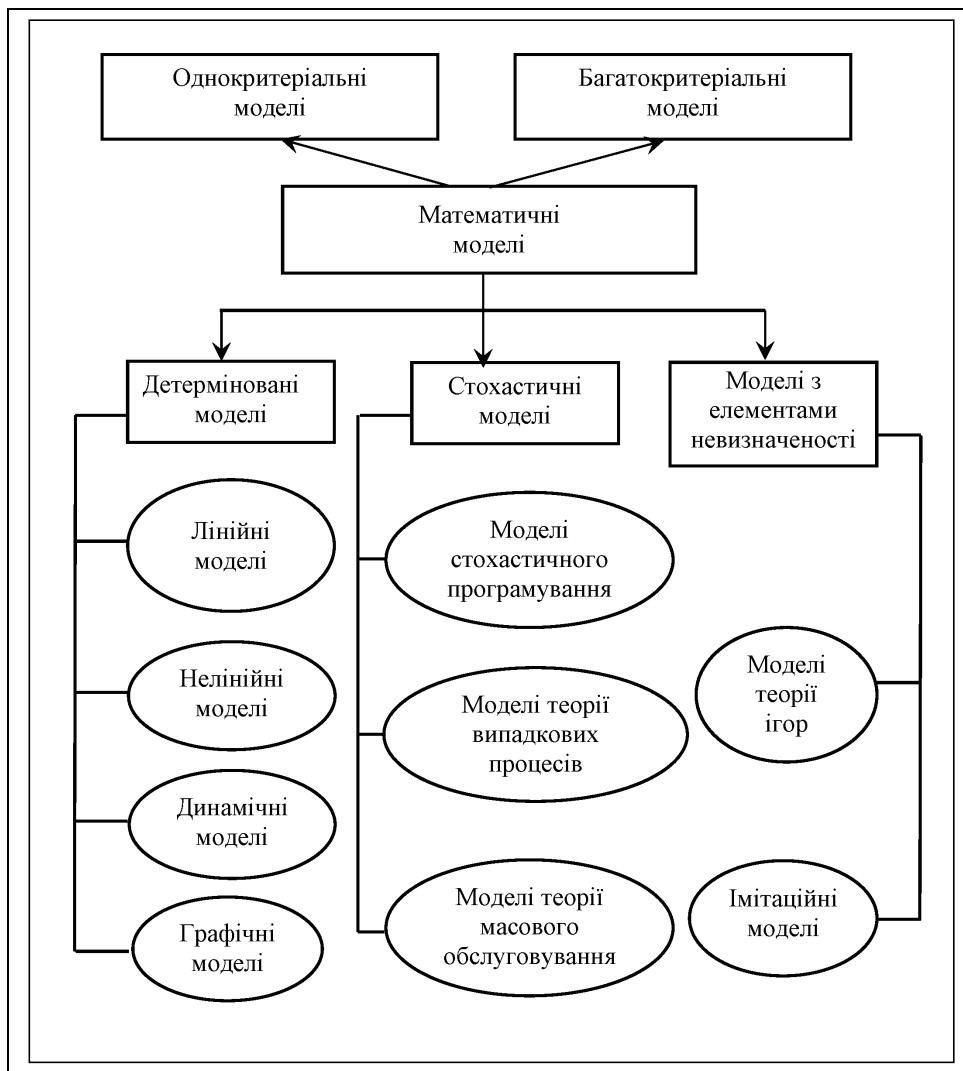


Рис. 1.5. Схема класифікації математичних моделей

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.

Враховуючи вище сформульовані класифікаційні ознаки, представимо загальну схему математичних моделей, які в подальшому складуть основу моделювання економічних процесів (рис. 1.5).

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?

Тому в якості загальних принципів економіко-математичного моделювання доцільно прийняти такі принципи: системності, інтегрованості, невизначеності, достатності, інваріантності, наступності та ефективності.

Дуже 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 другої сторони, виконання такого принципу вимагає забезпечення відповідної точності вхідних даних, точності розв'язку задачі і тієї точності висновкової інформації, яка достатня для досягнення практичних цілей.

Наведені принципи дають можливість будувати довільну окрему модель функціонування економічних систем і гарантують можливість її повної сумісності з іншими економіко-математичними моделями.

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.

1. Постановка задачі та формулювання мети дослідження.

Даному етапу передують виникнення проблемних ситуацій, усвідомлення яких призводить до необхідності їх узагальнення або вирішення для майбутнього досягнення певного ефекту. Основу 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 завершенні етапу ми отримуємо математичну задачу, яка має цільову функцію та відповідну систему обмежень.

Концептуальна модель відображає основні елементи:

- умови функціонування об'єкта, визначені характером взаємодії між об'єктом і його оточенням, а також між елементами об'єкта;
- мету дослідження об'єкта та напрямок покращення його функціонування;
- можливості керування об'єктом, визначення складу керованих змінних об'єкта.

У процесі формулювання концептуальної моделі об'єкта можуть виникати такі проблеми:

- побудова спрощеного і в той же час адекватного поставленій меті дослідження сценарію функціонування об'єкта;
- формулювання та уточнення мети дослідження;
- формалізація мети в критерії оптимальності;
- формалізація зовнішніх та внутрішніх обмежень;
- вибір факторів, які описують об'єкт і його оточення, котрі повинні бути враховані при дослідженні і, відповідно, включені в математичну модель;
- класифікація факторів і вибір серед них в першу чергу керованих змінних.

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.

Цей етап є найбільш трудомістким, оскільки він представляє собою не тільки простий статистичний збір інформації. Тут висуваються 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.

Для реалізації математичної моделі на персональних комп'ютерах вона має бути представленою в числовій формі, тобто задані числові значення констант, границі зміни невизначених факторів та керованих змінних, закони розподілу випадкових величин. 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.

Ефективність прийняття рішень у великій мірі залежить від рівня досягнутої мети дослідження, яка в свою чергу визначається цільовою функцією. Моделі можуть будуватись для досягнення таких цілей:

1. Виявлення функціональних співвідношень - визначення кількісних залежностей між вхідними факторами моделі та вихідними характеристиками об'єкта дослідження. Подібного роду моделі за своїм характером є описовими і присутні при побудові математичних моделей будь-яких видів.

2. Аналіз чутливості - встановлення з великого числа наявних факторів тих, які значною мірою впливають на вихідні характеристики об'єкта дослідження. Моделі аналізу чутливості повинні обов'язково передбачати можливість варіації ряду факторів і можуть бути використані так само для оцінки точності розв'язків, отриманих за допомогою моделей будь-яких типів.

3. Прогноз - оцінка поведінки об'єкта на часовому інтервалі при деякому допустимому поєднанні зовнішніх умов. Переважно задачі прогнозу є динамічними відносно вхідних параметрів і в якості незалежної змінної виступає час. Моделі прогнозу також є описовими.

4. Оцінка - визначення, наскільки адекватно об'єкт дослідження буде відповідати деяким критеріям. На відміну від розглянутих вище типів моделей, моделі оцінки включають розрахунки інтегральних характеристик - критеріїв, які формалізують мету дослідження. Моделі оцінки займають проміжне місце між описовими і оптимізаційними моделями. В них задані критерій і його деяке «критичне» значення, але проводиться не оптимізація, а лише порівняння розрахункового значення з «критичним», після чого приймається рішення про задоволення характеристик об'єкта поставленим вимогам.

5. Порівняння - співставлення обмеженого числа альтернативних варіантів систем або співставлення декількох прийнятних принципів чи методів дій.

Число варіантів припускається незначним, у зв'язку з чим оцінюються всі варіанти, тобто здійснюється прямий перебір всієї множини. Хоча моделі окремого типу близькі до оптимізаційних, спеціальний блок оптимізації у них відсутній.



Рис. 1.6. Фактори якості моделі

6. Оптимізація - точне визначення такого поєднання змінних керування, при якому забезпечується екстремальне (максимальне або мінімальне залежно від змісту критерію оптимальності) значення цільової функції. Суттєва різниця від наведеного вище випадку -

наявність спеціального блоку оптимізації, який дозволяє цілеспрямовано і найбільш ефективно з обчислювальної точки зору переглядати множину альтернативних варіантів.

У загальному випадку якість економіко-математичної моделі визначають взаємодоповнювальні одна одну характеристики адекватності, стійкості та корисності моделі, які можна трактувати як погодження інформації, що описує функціональні можливості моделі, з наявною інформацією про реальний об'єкт дослідження та мету моделювання. Узагальнені фактори, які описують рівень цих якісних характеристик, подано на рис. 1.6.

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.

Розглянемо характерні особливості математичного моделювання економічних процесів.

По-перше, математичне моделювання як методологія наукових досліджень поєднує в собі надбання різних галузей науки про природу та суспільство, а саме: прикладної математики, інформатики та системного аналізу для вирішення фундаментальних проблем, які мають важливе макроекономічне значення. Математичне моделювання об'єктів складної природи - єдиний замкнений цикл розробок від фундаментального дослідження проблеми до конкретних числових розрахунків показників ефективності функціонування об'єкта. Результатом розробок може бути система математичних моделей, які якісно описують різноманітні закономірності функціонування об'єкта та його еволюцію в цілому, як складної системи в різних умовах. Розрахункові експерименти з допомогою математичних моделей дають вихідні дані для оцінки показників ефективності функціонування об'єкта. Тому математичне моделювання як методологія організації наукової експертизи великих проблем є незамінним при прийнятті макроекономічних рішень.

По-друге, за своєю суттю математичне моделювання є методом розв'язання нових складних проблем, тому дослідження з його допомогою повинно бути упередженим: треба заздалегідь розробляти нові методи та готувати спеціалістів-аналітиків, які зможуть зі знанням справи використовувати ці методи для розв'язання нових прикладних задач.

По-третє, ті, від кого залежить розподіл ресурсів, ще не повністю усвідомили, що методи математичного моделювання мають велике народногосподарське значення і від їх розвитку залежить розвиток соціально-економічного та науково-технічного прогресу країни. Досвід показує, що відносно компактні, але добре структуровані математичні моделі дають можливість отримувати нетривіальні розв'язки складних економічних проблем.

У той же час необхідно звернути увагу на дві важливі особливості економіки як об'єкта моделювання:

- в економіці неможливі моделі подібності, які з великим успіхом використовуються в техніці;
- в економіці дуже обмежені можливості локальних експериментів, оскільки всі її складові тісно взаємопов'язані між собою, і, як наслідок, «чистий» експеримент неможливий.

У такому випадку прогнозний розвиток та передбачення його наслідків можливі лише на основі концептуальних моделей функціонування економіки, які в свою чергу складають фундамент математичного моделювання.

Процес розробки математичних моделей досить трудомісткий, але ще важче досягнути високого ступеня адекватності об'єкта дослідження та моделі.

При виконанні своєї головної функції економічна система здійснює такі дії: розміщує ресурси, виробляє продукцію, розподіляє предмети споживання та здійснює нагромадження (рис. 1.7).

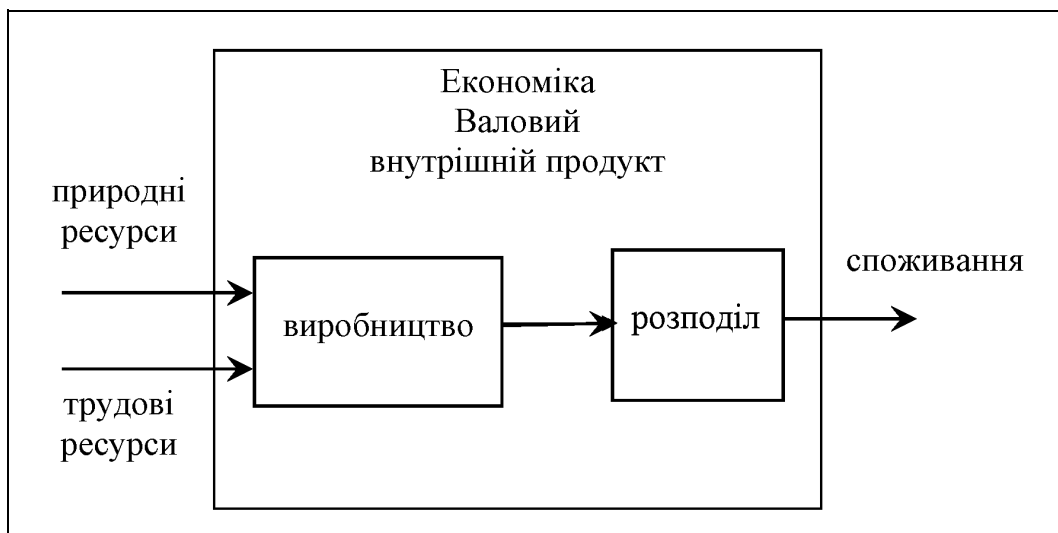


Рис. 1.7.. Економіка як підсистема природи та суспільства

Основна мета економіки - забезпечення суспільства предметами споживання, особливо такими, які створюють умови для безпеки суспільства. Економіка складається з елементів - господарських одиниць (підприємств, фірм, банків, компаній і т.д.). Надсистема економіки - природа і суспільство, дві її головних підсистеми - виробнича та фінансово-кредитна. Функція фінансово-кредитної підсистеми полягає в регулюванні фінансових потоків (які йдуть в зворотному напрямку відносно матеріальних) таким чином, щоб забезпечити стабільний і справедливий обмін товарами та послугами як між господарськими одиницями та їх об'єднаннями, так і між окремими членами суспільства, а також забезпечити фінансові умови для розвитку виробництва. В цих умовах гроші та цінні папери складають основу фінансових ресурсів.

Сьогодні економіко-математичні моделі, поряд із інформаційними та експертно-логічними системами, є невід'ємними складовими аналітичного інструментарію

теоретичної і прикладної економіки. Предметна область економіко-математичного моделювання є досить наповненою, різноманітною та всеохоплюючою, яка вимагає міцних базових знань і активного використання інструментів різних розділів математики, системного аналізу, економічної теорії, господарського права, соціології, статистики та ін.

Економіко-математичне моделювання як самостійна дисципліна, що вивчає процеси побудови, інтерпретації та використання математичних моделей економічних систем для розв'язання задач аналізу, синтезу та прогнозування їх діяльності, за останні роки почала розвиватися досить інтенсивними темпами. При цьому об'єктом дослідження та предметною областю економіко - математичного моделювання служить система, яка об'єднує у собі як економічну теорію, так і економічну політику та господарську практику. Тому самі економіко-математичні моделі, а також процеси їх побудови, верифікації та інтерпретації служать зв'язуючою ланкою в тріаді «економічна теорія»-«економічна політика»-«господарська практика» і на них покладена функція забезпечення цілісності економічної системи.

Елементи окресленої тріади в загальному випадку відносно самостійні й одночасно взаємопов'язані, при цьому зв'язки між ними мають зворотній характер. Так, економічна теорія впливає не тільки на економічну політику, але й безпосередньо на господарську практику. Цей вплив здійснюється через очікування, реакцію, думку, традиції, поведінку агентів різного рівня. В свою чергу, на економічну теорію виявляє вплив не тільки господарська практика (через наукове узагальнення та характерні особливості реальних економічних об'єктів), але і на економічну політику - з допомогою цілеспрямованого чи несвідомого формування попиту на ті чи інші теоретичні системи, а також через об'єктивний аналіз процесів прийняття управлінських рішень і їх формування.

Графічне представлення тріади разом із взаємозв'язками її елементів повинно мати вигляд нелінійної одномірної послідовності **«економічна теорія»-«економічна політика»-«господарські практика»** (рис. 1.8).

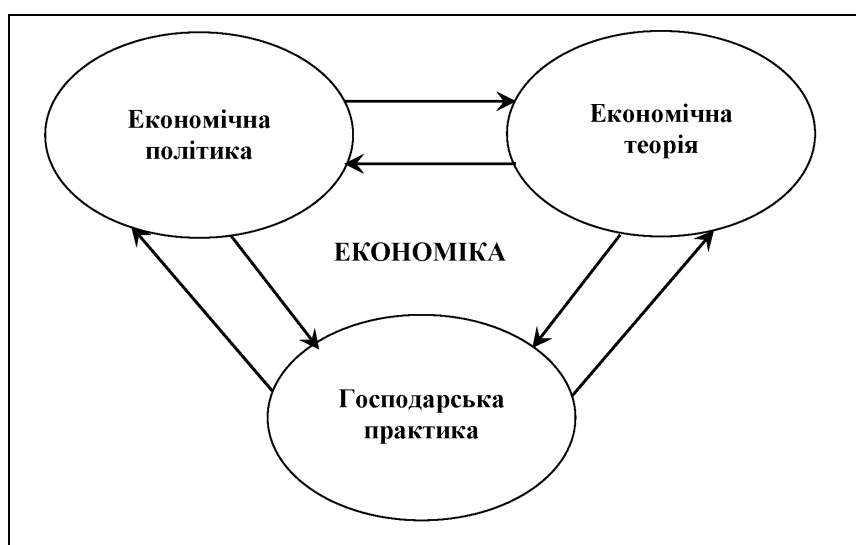


Рис. 1.8. Функціональний взаємозв'язок основних складових економіки

Бажаним є такий стан трикутника, при якому економічна теорія, господарська практика та економічна політика утворюють цілісну систему, перебувають у діалектичній єдності, взаємно доповнюють, векторно спрямовують і підтримують один одного. Саме тому одну з основних ролей у процесі консолідації теоретичних, управлінських і господарських основ економіки повинно надаватися економіко-математичному моделюванню.

Адекватна побудова та ефективне застосування економіко-математичних моделей повинно бути предметом самостійної наукової дисципліни, яка називається «**Економіко-математичне моделювання**», що має свою теоретичну, методичну та практичну складові.

1.5. Питання для самоконтролю знань

1. Опишіть характерні можливості використання кількісних методів в економічних дослідженнях.
2. Дайте визначення та схематичне зображення кількісних методів.
3. Охарактеризуйте основні складові моделювання соціально-економічних процесів.
4. Що означає термін «**соціально-економічна система**»?
5. Схематично опишіть абстрактне зображення рівнів системи.
6. Дайте дефініцію системи та підсистеми.
7. Охарактеризуйте підходи математичного опису складно системи.
8. Дайте тлумачення моделі та моделювання.
9. Опишіть основні етапи моделювання та їх характеристики.
10. Які елементи входять до складу моделі?
11. Дайте визначення основних складових економіко-математичної моделі.
12. Які дисципліни складають теоретичну основу математичного моделювання?
13. Чим визначається вид і характер економіко-математичної моделі?
14. Які ознаки покладені в основу класифікації економіко-математичної моделі?
15. Опишіть якісні характеристики основних економічних моделей.
16. Дайте схематичну класифікацію математичних моделей.
17. Дайте дефініцію загальних принципів економіко-математичного моделювання.
18. Охарактеризуйте поняття концептуальної моделі.
19. Для яких цілей будуються моделі?
20. Що включає у себе предметна область економіко-математичного моделювання?
21. Перерахуйте й опишіть характерні особливості математичного моделювання.

Література

Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник / За ред.
О. Т. Іващука. - Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. - 704 с.