

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет

Н.К. Максишко

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Конспект лекцій
для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (ступеня
доктора філософії) спеціальності 051 «Економіка» освітньо-наукової програми
«Економіка»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол №5 від 22.12.2020

Запоріжжя
2020

Макшишко Н.К. Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (ступеня доктора філософії) спеціальності 051 «Економіка» освітньо-наукової програми «Економіка». Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 102 с.

У конспекті лекцій у систематизованому вигляді викладено теоретичний матеріал з курсу «Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем». Видання висвітлює важливі напрями моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем, а саме: теоретичні та практичні аспекти функціонування соціально-економічних систем у сучасних умовах, їх особливості як об'єктів моделювання; концептуальні засади математичного моделювання соціально-економічних систем та їх динамічних властивостей; основні функціональні характеристики та адаптивні властивості планових рішень, підходи до моделювання їх динамічних властивостей в умовах невизначеності, підходи до комплексного дослідження рівнів еластичності, надійності, маневреності та гнучкості планових рішень щодо управління соціально-економічними системами.

Навчальне видання містить необхідний довідковий матеріал, список рекомендованої літератури, інформаційні ресурси. Для діагностики рівня засвоєння знань представлено питання для самоконтролю, тести для самоперевірки знань основних положень курсу.

Зміст видання відповідає робочій програмі дисципліни «Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем», метою якої є забезпечення аспірантів необхідними теоретичними знаннями та практичними навичками з моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем як методологічної бази обґрунтування та підвищення якості управлінських рішень, ефективного виконання дослідницько-інноваційних задач в економічній діяльності.

Конспект лекцій призначений для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 051 «Економіка».

Рецензент

В.М. Порохня, доктор економічних наук, професор, професор кафедри економіки Класичного приватного університету

Відповідальний за випуск

Н.К. Максишко, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики ЗНУ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Змістовий модуль 1	8
<i>Лекція 1. Концептуальні основи економіко-математичного моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем.....</i>	<i>8</i>
Питання для самоконтролю:	21
<i>Лекція 2. Соціально-економічні системи як об'єкт математичного моделювання</i>	<i>22</i>
Питання для самоконтролю:	38
Змістовий модуль 2	39
<i>Лекція 3. Оцінювання ефективності соціально-економічних систем із урахуванням їх динамічних властивостей.....</i>	<i>39</i>
Питання для самоконтролю:	49
<i>Лекція 4. Маневреність, інерційність та еластичність планових рішень</i>	<i>51</i>
Питання для самоконтролю:	38
Змістовий модуль 3	66
<i>Лекція 5. Надійність і напруженість планових рішень</i>	<i>66</i>
Змістовий модуль 4	78
<i>Лекція 6. Комплексне дослідження рівнів еластичності, надійності, маневреності та гнучкості планових рішень.....</i>	<i>78</i>
Питання для самоконтролю:	90
Приклад тестових завдань для поточного та підсумкового контролю:.....	91
Рекомендована література	97
Використана література	99

ВСТУП

Особливості бурхливого розвитку економіки України формують нові вимоги до фахівців з економіки, а саме: здатність оперативно адаптуватися до нових умов, креативність, прагнення до постійного навчання тощо. Володіння сучасним економічним мисленням, теоретичними знаннями і прикладними навичками в галузі системного аналізу, застосування сучасного економіко-математичного інструментарію моделювання для дослідження, прогнозування й розв'язання складних дослідницьких, інноваційних, управлінських задач і проблем функціонування економічних систем різного рівня, що характеризуються невизначеністю умов, є відмінними ознаками фахівців з економіки.

Дисципліна «Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем» відноситься до циклу обов'язкових дисциплін професійної підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 051 «Економіка» та є однією з важливих дисциплін у процесі формування сучасного фахівця з економіки. Навчальне видання розроблено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни.

Метою викладання навчальної дисципліни «Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем» є забезпечення аспірантів необхідними теоретичними знаннями та практичними навичками з моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем як методологічної бази обґрунтування та підвищення якості управлінських рішень, ефективного виконання дослідницько-інноваційних задач в економічній діяльності.

Предметом вивчення є сучасні підходи, моделі та математичні методи аналізу динамічних властивостей соціально-економічних систем, що становлять основу кількісного обґрунтування та сприяють підвищенню якості управлінських рішень.

Основними **завданнями** при вивченні дисципліни «Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем» є: ознайомлення аспірантів з причинами виникнення нестійких ситуацій в економіці; основними динамічними властивостями соціально-економічних систем та рішень, що приймаються в економіці; економіко-математичними методами оцінки динамічних властивостей соціально-економічних систем та їх практичним застосуванням при розробці, обґрунтуванні та прийнятті ефективних рішень з

питань розвитку соціально-економічних систем.

У результаті вивчення дисципліни аспірант має **набути таких компетентностей:**

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу нових та комплексних ідей;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу наукової інформації з різних джерел; використання інформаційно-комунікаційних технологій у дослідницькій та викладацькій діяльності;
- здатність до представлення та обговорення результатів наукових досліджень українською та англійською мовами в усній та письмовій формах для вільного спілкування з вітчизняною та міжнародною академічною спільнотою, а також експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності;
- здатність працювати автономно; планувати та управляти своїм часом;
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- здатність до засвоєння основних концепцій, розуміння теоретичних і практичних проблем, історії розвитку та сучасного стану наукових знань за спеціальністю 051 «Економіка», оволодіння термінологією з досліджуваного наукового напрямку;
- здатність до оволодіння методологією та методами наукових досліджень у галузі 05 «Соціальні та поведінкові науки»;
- здатність збирати, аналізувати, систематизувати та інтерпретувати статистичні дані в науково-інноваційній сфері, у сфері професійної діяльності;
- здатність до вибору методів, що необхідні для досягнення мети дослідження та моделювання, прогнозування соціально-економічних процесів як методологічної бази обґрунтування управлінських рішень в економічній діяльності;
- здатність аналізувати економічні процеси, здійснювати економіко-математичне моделювання, використовувати інформаційно-комп'ютерні технології, економетричні методи, програмне забезпечення з погляду фундаментальних, класичних та новітніх вітчизняних і закордонних підходів в контексті проблем економіки;
- здатність до оволодіння та використання сучасного інструментарію для дослідження розвитку, корпоративної культури суб'єктів господарювання,

формування та прийняття управлінських рішень, планування й організації досліджень в економіці;

– здатність формулювати, обґрунтовувати висновки, впроваджувати пропозиції та рекомендації з проведеного дослідження, використовувати результати міждисциплінарних досліджень для вирішення економічних завдань.

У разі успішного завершення курсу аспірант **зможє**:

- здійснювати пошук, оброблення та аналіз наукової інформації, її систематизацію та узагальнення; використовувати інформаційно-комунікаційні технології в дослідницькій та викладацькій діяльності;

- виявляти та вирішувати проблеми, самостійно приймати обґрунтовані рішення, забезпечувати їх виконання; здійснювати планування та управління своїм часом; демонструвати ініціативність, лідерство та автономність у професійній та науковій діяльності;

- демонструвати знання щодо основних концепцій, теоретико-методичних підходів та сучасного стану наукових знань за спеціальністю економіка;

- формулювати, аналізувати та синтезувати проблеми в економіці, визначати рішення науково-практичних проблем;

- демонструвати теоретичні і практичні знання щодо проблем за спеціальністю Економіка та використовувати термінологічний апарат наукового дослідження;

- розуміти та використовувати методологію та методи наукових досліджень у галузі 05 «Соціальні та поведінкові науки» ;

- вміти виокремлювати, інтерпретувати статистичні дані, формувати нові ідеї в науково-інноваційній сфері, у сфері професійної діяльності;

- обирати ефективні методи, моделі моделювання, прогнозування соціально-економічних явищ, розпізнавати проблеми, обґрунтовувати пропоновані рішення на основі релевантних даних та наукових і прикладних досліджень;

- аналізувати сучасні підходи, які складають основу економічних досліджень в Україні і світі та застосовувати нові підходи, методи економіко-математичного моделювання, інформаційні технології в контексті проблем економіки, приймати ефективні рішення;

- вміти використовувати сучасний інструментарій для дослідження економічних процесів, корпоративної культури, реалізації управлінських рішень, планувати, здійснювати дослідження в економіці;
- проводити дослідницько-інноваційну діяльність у галузі 05 «Соціальні та поведінкові науки», формулювати нові гіпотези та їх підтверджувати, впроваджувати в практичну діяльність.

Набуті аспірантами знання та навички з дисципліни «Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем» будуть необхідні їм при виконанні аналітичних досліджень під час практики, при написанні кваліфікаційної роботи, у подальшій професійній діяльності.

Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем» містить теми, що розглядаються на лекційних заняттях, необхідний довідковий матеріал та список рекомендованої літератури. Може бути використаний для самостійного вивчення методологічних підходів до аналізу динамічних властивостей реальних соціально-економічних систем. Для діагностики рівня засвоєння знань представлено питання для самоконтролю, тести для самоперевірки знань основних положень курсу.

Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем» сприятиме оволодінню теоретичними знаннями основ курсу та якісному засвоєнню теоретичного матеріалу за рахунок наочності (наведено схеми, рисунки, таблиці, графіки) та представлених прикладів застосування моделей динамічних властивостей соціально-економічних систем.

Змістовий модуль 1

Лекція 1. Концептуальні основи економіко-математичного моделювання динамічних властивостей соціально-економічних систем

Мета: ознайомитися з концептуальними засадами моделювання як методу наукового пізнання, принципами математичного моделювання, особливостями економіко-математичного моделювання соціально-економічних систем (СЕС), його етапами та значимістю.

План

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

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

1.1. 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-заміслювачів.

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. 1.1).

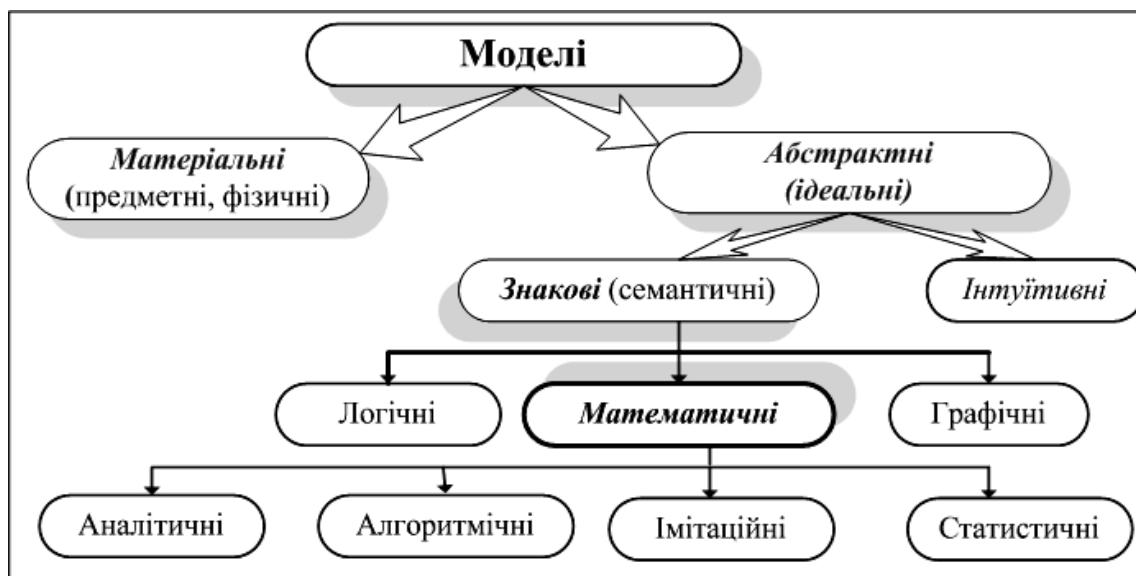


Рис. 1.1. Класифікація моделей

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).

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.

1.2. 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».

1.3. 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 використовувана 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).

1.4. 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. 1.2.

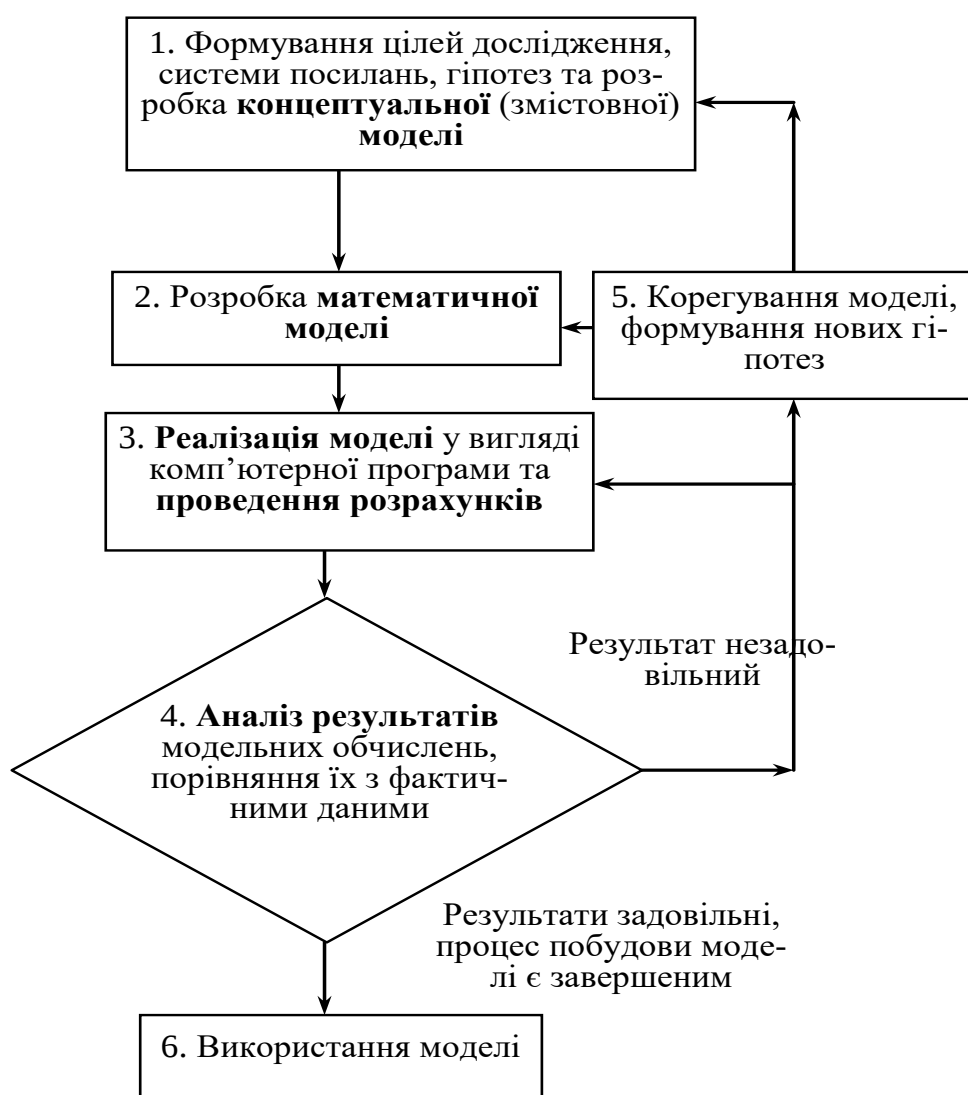


Рис. 1.2. Узагальнена схема процесу економіко-математичного моделювання

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.

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.

Із 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.

1.5. 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 (у тому числі наявністю або відсутністю випадкових впливів на об'єкт) розрізняють *моделі жорстко детерміновані* і *моделі, що враховують випадковість і невизначеність (стохастичні та інші)*.

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 ендегенних змінних, які включаються в модель, вони поділяються на *відкриті* і *закриті*. Повністю відкритих моделей не існує; модель повинна містити хоча б одну ендегенну 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).

1.6. 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. Які методи використовують для перевірки моделі на адекватність?
5. Назвіть основні переваги застосування математичних моделей в економіці.

Лекція 2. Соціально-економічні системи як об'єкт математичного моделювання

Мета: ознайомитися з поняттям і особливостями соціально-економічних систем (СЕС) як об'єкта математичного моделювання, загальними характеристиками динамічних властивостей економічних систем та джерелами їх нестійкості.

План:

- 2.1. Соціально-економічні системи як об'єкт моделювання.
- 2.2. Характеристика економіки як складної системи.
- 2.3. Ризик, невизначеність та конфліктність розвитку соціально-економічних процесів.
- 2.4. Загальний огляд динамічних властивостей економічних систем.
- 2.5. Джерела нестійкості СЕС та планових рішень.

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.

2.1. Соціально-економічні системи як об'єкт моделювання

Розглянемо означення ключових понять.

Поняття «система» є центральним поняттям кібернетики. 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. 2.1).

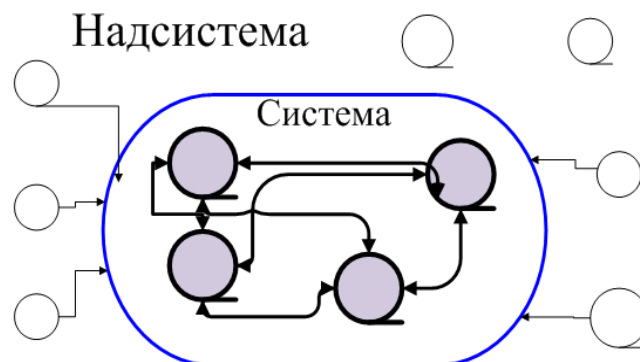


Рис. 2.1. Схематичне представлення системи

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. 2.2.

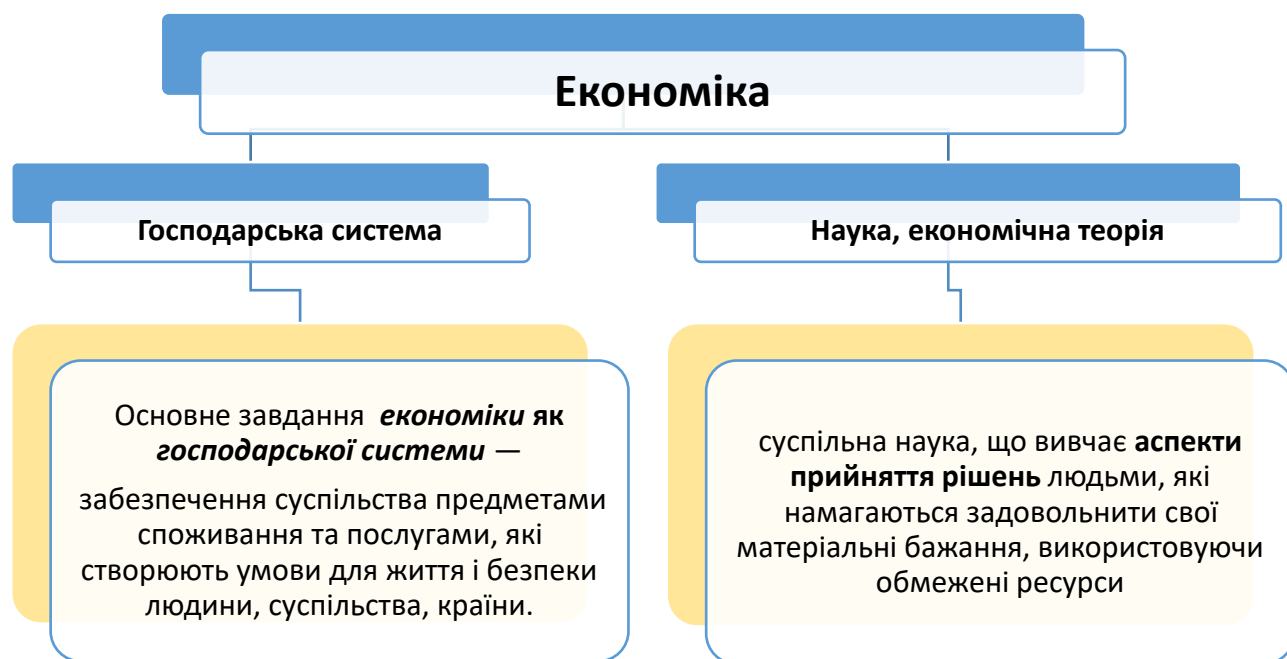


Рис. 2.2. Основні завдання економіки

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. 2.3).

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.

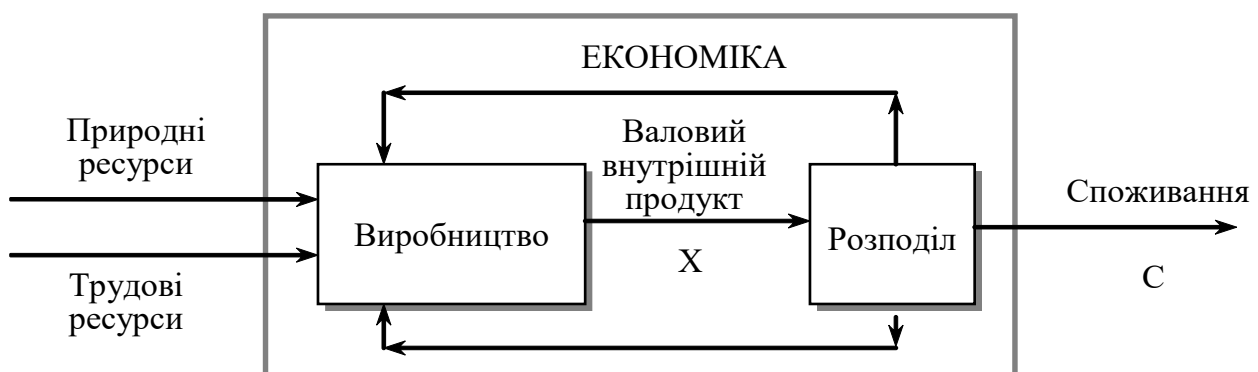


Рис. 2.3. Економіка як підсистема природи і суспільства

Економіко-математичні методи й моделі мають свій напрям дослідження економіки (соціально-економічних систем), свій власний **предмет** – передусім за все, це *кількісні та логічні взаємозв'язки й закономірності поточного функціонування і розвитку соціально-економічних систем*.

Особливості економіки як об'єкта моделювання відображено у таких міркуваннях:

1. В економіці *неможливо використовувати моделі подібності*, які широко застосовуються в техніці (неможливо побудувати точну копію економічної системи в масштабі 1:1000 і на ній моделювати різні варіанти економічної політики);

2. *Можливості локальних економічних експериментів* в економіці *гранично обмежені*, оскільки всі її складові тісно взаємопов'язані, а отже, «чистий» експеримент є практично неможливим.

Залишається спиратися на *власний досвід, досвід інших країн, безпосередні експерименти* зі всією економікою та на **математичне моделювання**.

Досвід як інших країн, так і власний, є дуже важливим, проте далеко не завжди він, як показав, зокрема, досвід країн СНД, може бути використаний в умовах конкретної економічної ситуації без адаптації.

Прямі експерименти з економікою, як свідчить історія, дуже дорого коштують, ми знаємо чи чули про колективізацію, індустріалізацію, гіперінфляцію, приватизацію тощо. Разом із тим неможливо безпосередньо передбачити середньо- та довготермінові наслідки окремих рішень. Це можна зробити лише на підставі концептуальних моделей розвитку економіки, що спираються на минулий досвід. Своєю чергою концептуальні моделі, власне, і становлять фундамент математичних моделей.

Що ж до *математичних моделей*, то формування їх є досить тривалим процесом, який потребує знань і праці, але ще важче створити модель, досить адекватну щодо реальності. Отже, для опрацювання правильних економічних рішень необхідно аналізувати весь минулий досвід, результати, що отримані на підставі застосування концептуальних і математичних моделей, що є найбільш адекватними для даної економічної ситуації.

Економіка як складна система є *підсистемою суспільства*, але своєю чергою вона складається з виробничої і невиробничої сфер (господарських одиниць), які взаємодіють між собою.

Сутність взаємодії між суспільством та економічною системою визначає двоїсту роль людини в суспільному виробництві – як агента виробничого процесу, тобто як об'єкта і як суб'єкта, заради котрого цей процес, власне, і здійснюється. Кожна особа виконує подвійну роль: з одного боку, як споживач, а з другого – як виробник. Окрім робочої сили (носія знань та вмінь), матеріальними ресурсами є природні ресурси (зокрема земля, енергія сонця) та засоби виробництва.

Створення теорії аналізу й управління економікою передбачає:

- виявлення об'єктивних закономірностей взаємодії (взаємозв'язків) економічної системи із суспільством і біологічним середовищем та внутрішньої організації системи;

- формалізацію опису цих взаємозв'язків у категоріях цілепрямованої раціональної поведінки тощо.

Засоби виробництва поділяються на засоби праці, котрі беруть участь у кількох виробничих циклах, аж до заміни їх унаслідок морального старіння чи фізичного зношення, та предмети праці, які задіяні в одному виробничому циклі.

Особливе (двоїсте) місце серед засобів виробництва займає земля.

Накопичені засоби виробництва (виробничі фонди) складаються з основних виробничих і обігових фондів.

Основні виробничі фонди (ОВР) протягом тривалого часу обслуговують процес виробництва, зберігаючи свою натуральну форму й зношуючись частково, беруть участь в утворенні вартості виробленого в поточному році продукту. Просте відтворення (відновлення) основних виробничих фондів здійснюється за рахунок амортизаційних відрахувань, розширене – за рахунок капітальних вкладень та, частково, амортизаційного фонду.

Оборотні фонди – предмети праці. Вони деталізуються як виробничі запаси та предмети праці, котрі, зокрема, входять до незавершеної продукції. У результаті функціонування економіки протягом року всі галузі матеріального виробництва створюють *валовий внутрішній продукт* (ВВП). У натурально-речовій формі ВВП поділяється на засоби праці та предмети споживання, а у вартісній – на фонд заміщення основних фондів (амортизаційний фонд) і новостворену вартість (національний дохід).

У процесі створення ВВП виробнича підсистема економіки виробляє та споживає проміжний продукт. За матеріально-речовим складом *проміжний продукт* – предмети праці – використовується в поточному виробничому споживанні, а його вартість переходить у вартість засобів праці чи предметів споживання, що входять до ВВП. На рис. 2.4 наведена схема процесів виробництва, розподілу, накопичення та споживання.

Проміжна продукція – це паливо, енергія, сировина, матеріали, комплектувальні вироби тощо. Зазначимо, що не існує абсолютно чіткої межі між проміжним продуктом і предметом споживання. Наприклад, цемент, проданий населенню, належить до предметів споживання, а цемент, закуплений будівельним підприємством, – до проміжної продукції.

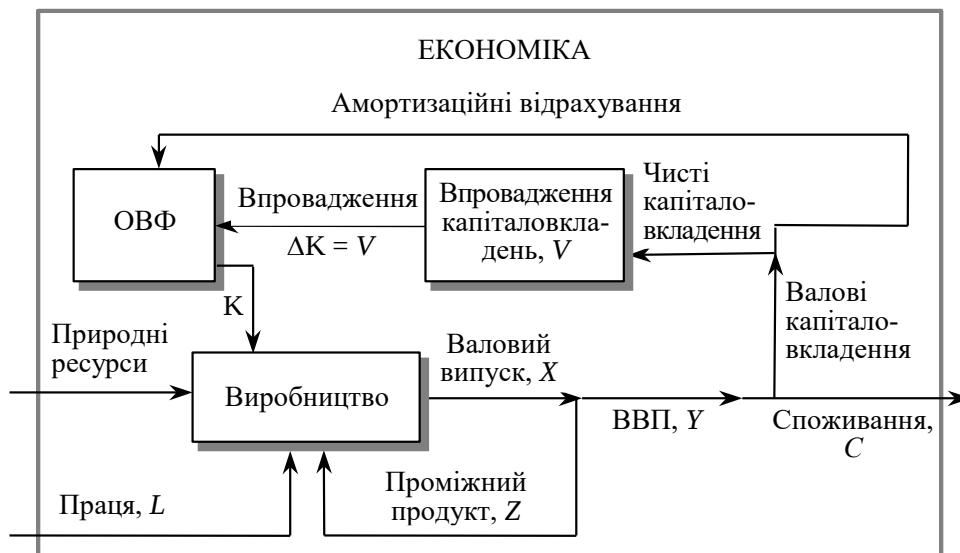


Рис. 2.4. Потоки продуктів і ресурсів в економіці

У сучасному суспільстві роль специфічного товару – загального товарного еквівалента – виконують *гроші*. Фінансово-кредитні установи (державні та комерційні банки, їхні філії, страхові компанії, різноманітні фонди тощо) спільно з фінансово-бухгалтерськими службами господарських осередок утворюють фінансово-кредитну підсистему економічної системи.

Нематеріальним ресурсом поряд із фінансовим виступає соціально-інтелектуальний потенціал суспільства.

Основу економічної системи становлять *виробничі осередки*. Це заводи, фабрики, шахти, родовища, електростанції, сільськогосподарські та інші виробничі підприємства й фірми, наділені господарською самостійністю.

З організаційно-господарського погляду виробничий осередок – це самостійна господарська одиниця, котра наділена правом юридичної особи, функціонує за рахунок власних коштів (засобів), відносно самостійно розпоряджається своїми ресурсами (засобами виробництва, робочою силою та фінансовими засобами) і виробленою продукцією. Як самокерована система виробничий осередок складається з керованого об'єкта (робоча сила та виробничий апарат) та керуючої системи (дирекція, функціональні служби, наглядова рада тощо). Коли окремі виробники в межах суспільства почали виготовляти різні предмети споживання та обмінюватися ними між собою, виник ринок. Отже, ринок – наслідок, результат поділу праці.

У сучасному світі не існує жодної країни, в якій держава не регулювала б (м'яко чи жорстко, прямо чи опосередковано) діяльність господарських осередків.

М'яке, опосереднене регулювання за допомогою ринкових важелів свідчить про високий ступінь розвитку ринкової економіки в даній країні.

Виробничі осередки і виробничо-технологічні зв'язки між ними утворюють *виробничо-технологічну структуру* економічної системи. Ненадійність у виробничо-технологічній взаємодії виробничих осередків, конкуренція на ринках товарів, грошей та робочої сили – об'єктивна основа для утворення об'єднань господарських одиниць (асоціацій, концернів, корпорацій тощо). Утворення об'єднань потребує, своєю чергою, регулюючої функції держави, яка в інтересах споживачів повинна не допускати надмірного монополізму на ринках товарів і послуг, а також на ринках робочої сили та грошей.

Організаційно-господарська структура економічної системи – це сукупність господарських одиниць та організаційно-господарських зв'язків між ними. Якщо виробничо-технологічні зв'язки є горизонтальними, то організаційно-господарські – вертикальними. Її (цю структуру) можна уявити як багатоповерхову надбудову над виробничо-технологічною структурою.

Перший поверх – орган управління господарських одиниць і прямі вертикальні зв'язки кожного органу управління зі своєю керованою одиницею. Другий поверх – орган управління об'єднань і вертикальні зв'язки з органами управління відповідних осередків. Третій поверх – центральні органи управління економічною системою та вертикальні їх зв'язки з органами управління першого та другого поверхів.

Використовуючи системний підхід щодо дослідження економіки на підставі математичних моделей, виокремлюють, зокрема, макро- та мікроекономічні моделі. Перші відображають функціонування та розвиток усієї економічної системи чи її великих підсистем, другі – господарських осередків та їх об'єднань.

Маючи на увазі макромоделі, вважають, що господарські осередки є неподільними, але коли досліджуються мікромоделі, то господарський осередок, своєю чергою, може розглядатись як складна система.

До великих підсистем можна віднести: перший і другий підрозділи народного господарства, сфери народного господарства, міжгалузеві комплекси.

Під *першим підрозділом* мають на увазі сукупність господарських осередок, що виробляють засоби виробництва, під *другим* – предмети споживання.

Нерідко перший підрозділ деталізують на два сектори: нульовий, де виробляються паливо, енергія, сировина, матеріали (тобто предмети праці), та перший, у якому виробляються засоби праці. Часто під сектором розуміють виробничу підсистему економіки, що виробляє один агрегований продукт.

У сфери виокремлюють виробничі одиниці, що є відносно однорідними за використовуваною сировиною, технологією, вироблюваною продукцією, професійним складом виробничого персоналу. Стосовно до моделювання, то тут під сферою (або галуззю) розуміють «чисту» галузь, що виробляє лише один продукт. Наприклад, сфера сільського господарства – виробництво збіжжя як одного продукту, хоча, як зрозуміло, збіжжя є узагальненим поняттям – це зерно і пшениці, і жита, і рису, ячменю, вівса, кукурудзи, проса, гречки, маку тощо. Сфера електроенергетики виробляє один продукт – електроенергію, хоча можна розрізнити: гідро-, тепло-, атомну тощо.

Окрім звичайних сфер (галузей), розглядаються також великі галузі: промисловість, будівництво, транспорт, зв'язок, торгівля тощо.

Міжгалузевий народногосподарський комплекс – це сукупність галузей, підгалузей і виробництв, що перебувають у тісних виробничо-технологічних зв'язках і реалізують важливу національну мету (наприклад, паливно-енергетичний комплекс забезпечує суспільство й економіку паливом та енергією; агропромисловий комплекс – продовольством і сільськогосподарською сировиною).

Легко дійти висновку, що економіка належить до класу складних систем. Можливості, навіть кваліфікованого колективу фахівців, відтворити на вербально-логічному рівні картину поведінки економічних об'єктів (об'єктів керування), що перебувають під впливом великої кількості внутрішніх та зовнішніх чинників, досить обмежені. Тому доводиться залучати на допомогу математичні моделі, котрі доповнюють логіко-описові уявлення щодо поведінки економічних об'єктів і процесів.

2.2. Характеристика економіки як складної системи

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 ін.);

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.

2.3. Ризик, невизначеність та конфліктність розвитку соціально-економічних процесів

Отже, з'ясовано, що з погляду теорії систем **економіку слід віднести до класу динамічних, слабоструктурованих систем великої складності**. Крім того, економіка має яскраво виражену ієрархічну, багаторівневу структуру, за якої більш вищий рівень ієрархії інтегрує за певними правилами (алгоритмами) інформаційні сигнали (потоки) нижчих рівнів ієрархії та оперує інформаційними агрегатами.

Соціально-економічні системи (економіку в цілому, її структурні та функціональні блоки) необхідно розглядати як системи, в яких відбуваються процеси регулювання й управління, що реалізуються рухом і перетворенням інформації.

Інформація, з одного боку, є генератором розвитку соціально-економічної системи, і водночас, з іншого – джерелом невизначеності та породженою нею ризику в економіці.

Тут принципово важливим є інноваційний характер інформації, яка, за означенням, не може бути повністю передбачуваною.

Невизначеність — це те, що не піддається однозначній оцінці.

Важливо: **економічний ризик породжується невизначеністю** (невідомістю, недостовірністю, неоднозначністю), конфліктністю, наявністю альтернатив щодо рішень, планів, проектів і внутрішньо притаманний економіці та бізнесу.

У низці випадків з огляду на обрані цілі доводиться *приймати рішення* на підставі побудови системи гіпотез, зокрема, через відсутність вичерпної, достовірної інформації. А це призводить до *ризiku відхилення від цілей, недоотримання очікуваних результатів, можливих збитків, які можуть виникнути через недостатню обґрунтованість* (помилковість, неадекватність) тих чи інших гіпотез (припущень).

Ступінь ризику залежить також і від *ставлення суб'єкта* прийняття рішень (управлінської команди) до нього: схильності, несхильності, байдужості. Тому всі чинники невизначеності, конфліктності та зумовленого ними ризику розділяють на *об'єктивні та суб'єктивні*.

Отже, можна дати таке означення економічного ризику, що базується на принципах системного аналізу.

***Ризик**, яким обтяжена економічна діяльність, – це економічна категорія, що відбиває особливості сприйняття заінтересованими суб'єктами економічних відносин об'єктивно існуючих невизначеності та конфліктності, іманентних процесам цілепокладання, управління, прийняття рішень, оцінювання.*

Існує ціла система показників кількісної оцінки ступеня ризику.

Але від жодного кількісного показника (кількісної оцінки) ступеня ризику не слід очікувати, що він показуватиме адекватні результати за будь-яких обставин.

Тобто встановлення певного єдиного показника, як кількісної міри (ступеня) ризику, є *спробою подолати невизначеність*, характеризуючи випадкову величину (ефективність, збитки) одним числом.

Загальновизнаною є думка, що *кількісна оцінка ризику є багатовимірною величиною (вектором)*, компоненти якої відбивають різні грані ризику й формуються залежно від мети дослідження, прийнятої системи гіпотез, суб'єктивного чинника, що характеризує ставлення суб'єкта ризику до невизначеності та ризику тощо.

2.4. Загальний огляд динамічних властивостей економічних систем

Одним із завдань управління соціально-економічною системою є формування та прийняття рішення щодо конкретного плану її розвитку.

План сам по собі є складною системою, яку необхідно досліджувати для того, щоб найбільш ефективно управляти ним та, у кінцевому рахунку, соціально-економічною системою. Це пов'язано з тим, що при розробці плану доводиться враховувати не стільки поточну ситуацію, скільки прогноз на майбутнє. Проте процес планування для економічних систем будь-якого рівня ієрархії суттєво ускладнюється *динамічністю* зовнішнього середовища та інших чинників.

Нагадаємо, що найважливішою характеристикою якості плану є його ефективність. Залежно від об'єкта планування й низки інших факторів вимірниками ефективності можуть бути: рентабельність, строк окупності, прибуток, національний доход та ін.

Проте для оцінки якості планів одних показників ефективності недостатньо: фактичні умови реалізації планів можуть суттєво відрізнятися від тих, які були спочатку передбачені й планувалися як передумови досягнення відповідних рівнів ефективності.

Зміни умов реалізації в порівнянні з тими, які розглядалися при побудові плану, можуть стосуватися практично всіх умов реалізації плану: від ресурсної забезпеченості виробництва до змін технологій у зв'язку з розвитком НТП. У багатьох галузях народного господарства (сільське господарство, виробництва аграрно-промислового комплексу) на виконання планів суттєво впливають погодні умови.

Зміни умов реалізації планів можуть бути пов'язані й із внутрішньогалузевою, міжгалузевою й міжнародною конкуренцією, а для великих промислових систем також і з зовнішньополітичними факторами, прикладами чого дуже багата історія української економіки.

Природно, що в результаті цих змін в умовах виконання планів фактичні рівні ефективності можуть значно відрізнятися від планових, у зв'язку з чим виникає проблема стійкості показників ефективності.

На стадії планування є певні можливості вибору складу, структури, побудови планованої підсистеми. Так, можна варіювати наборами об'єктів,

технологій, способів функціонування, що включаються в план; економічними й технологічними зв'язками об'єктів як усередині планованої системи, так і між підсистемами; рівнями спеціалізації, концентрації виробництва, кооперування й комбінування.

Обираючи той або інший варіант плану, тим самим значною мірою визначаються можливості планованої системи реагувати на різні збурювання, перебудовуватися, пристосовуватися до змін умов реалізації планів – іншими словами, їх **динамічні властивості**, які обумовлюють можливості стабілізації її (планованої системи) вихідних характеристик.

Як основні характеристики плану, що описують **властивості його стійкості та стабільності**, розглядається його **еластичність і надійність**.

При цьому під еластичністю розуміється ступінь досягнення кінцевих цілей плану при змінах умов його реалізації, а під надійністю – ймовірність виконання закладених у план показників ефективності.

До найважливіших **динамічних властивостей** плану належить також його **напруженість** (що доповнює або обернена надійності плану).

Другий важливий аспект проблеми стійкості плану – управління надійністю й еластичністю планів.

Найбільші можливості надає **економічне маневрування**, особливо для довгострокових програм розвитку. **Властивості економічної інерції** й зворотні їм характеристики можливої зміни керуючих параметрів систем, тобто **властивості маневреності**, розглядаються як визначальні при дослідженні проблем стійкості (стабільності).

Шляхи підвищення надійності й еластичності планів: резервування, взаємозамінність продукції й ресурсів.

Можливості маневрування планованої системи при збуреннях в умовах її функціонування визначаються (більшою мірою) прийнятим варіантом її складу, структури й будови. У зв'язку із цим виникає завдання виділити й описати фактори системного характеру, що впливають на маневрені можливості. Одним із найважливіших факторів у цій області є різноманітність складу і структури системи, а також можливих у ній управлінь.

В умовах зростаючої невизначеності інформації й можливих збурень особливе значення має питання про те, на скільки зростуть витрати, якщо виникне необхідність відмовитися від реалізації частини плану. Для

характеристики зв'язків, що утворюються при цьому, уводиться представлення про *оборотність і необоротність планових рішень*.

2.5. Джерела нестійкості СЕС та планових рішень

Розглянемо порядок *взаємодії системи із зовнішнім середовищем*.

На рис. 2.5 показані система, матеріальні й інформаційні потоки її взаємодії із зовнішнім середовищем. Плануючий орган на основі інформації, що надходить до нього від системи, середовища й каналів їх взаємодії, формує цілі, план розвитку системи й комплекс стимуляторів.

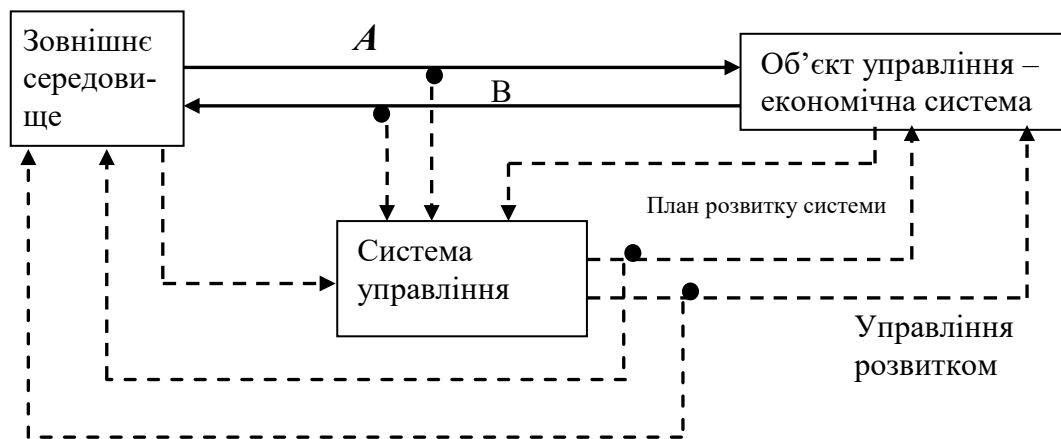


Рис. 2.5. Взаємодія економічної системи й середовища

Суцільною лінією показані матеріальні потоки:

А – канал впливу середовища на систему;

В – канал впливу системи на середовище;

пунктирними лініями - інформаційні й керуючі зв'язки.

При розробці бізнес-плану підприємства, наприклад, плануючим органом є одне з підрозділів його організаційної структури – відділ стратегічного планування. У випадку, якщо план є способом реалізації антикризового управління, зокрема в умовах справи про банкрутство, органом, що планує, може виявитися й зовнішній відносно самого підприємства суб'єкт – рада кредиторів, арбітражний керуючий. Щоразу плануючий орган не є безпосереднім учасником

обміну системи з середовищем матеріальними (фінансовими) потоками й тому виділений як окрема складова.

Стан системи включає:

- її структуру, склад, побудову;
- властивості й відносини її елементів і підсистем;
- властивості системи в цілому;
- склад, побудову й властивості її зв'язків із середовищем.

Основна функція виробничої системи в економіці полягає в перетворенні ресурсів у продукцію. Тому залежності, що виникають на зв'язках (А та В) системи й середовища, та їхня взаємодія, описують функціональні особливості системи, а ті відмінності, які в цій області можуть бути встановлені й визначені як важливі, формують комплекс функціональних характеристик та **динамічні властивості** системи.

Динамічні властивості системи залежать від властивостей системи в цілому, а ті, своєю чергою, – від її складу, структури, будови, властивостей і відносин елементів системи, способів її функціонування, включаючи й синергетичний ефект. Вивчення цих зв'язків важливо як для аналізу способів управління функціональними характеристиками системи, так і для деяких інших цілей.

Залежності, що виникають на зв'язках планованої економічної системи й середовища, *відрізняються високим рівнем складності*, яка зростає при розгляді майбутнього розвитку системи внаслідок *багатоваріантності, невизначеності й імовірнісного* характеру багатьох істотних умов розвитку.

До **джерел нестійкості соціально-економічних систем** та, зокрема, планових рішень можна віднести чинники таких трьох типів:

а) Зміни зовнішніх умов (можливостей) виконання плану:

- забезпеченість різними видами ресурсів. Причина: зміни умов експортно-імпорتنих поставок, планів підприємств-постачальників ресурсів, зумовлених внутрішніми і зовнішніми обставинами реалізації планів суміжних підприємств (галузей).

- природно-географічні та інші аналогічні зовнішні умови. Причина: їх зміни в порівнянні з початковими умовами, закладеними в план, можуть бути

викликані стохастичним або варіантним характером частини цих умов, недообліком усіх деталей обстановки та ін.

Як правило, варіювання цієї групи умов знаходить своє відображення в зміні витратних коефіцієнтів по ресурсах (норм витрати ресурсів) і вартісних коефіцієнтів цільової функції;

б) Зміни внутрішніх умов виконання плану – зміни інтенсивності, структури та ефективності:

- науково-технічного прогресу, закладеного в початковий план;
- механізмів функціонування об'єкта планування;
- технологічної та організаційної структури плану (вони можуть викликати, зокрема, зміну допустимої транспортної схеми, схеми технологічних зв'язків та ін.).

Причини можливих змін цієї групи полягають у стохастичності результатів науково-технічного прогресу (особливо при стратегічному плануванні), у множинності факторів і умов, що формують технологічні і транспортні схеми та їх параметри зі значним впливом імовірнісних і невизначених обставин тощо;

в) Зміна цільових установок плану:

- варіювання обсягу та асортименту випуску продукції (зміна вектора продукції);
- зміна цільової функції (особливо при екстраординарних обставинах);
- поява нових підцілей, що враховуються, наприклад, додатковими обмеженнями або складовими цільової функції.

Причинами зміни цільових установок плану можуть бути різноманітні фактори – від зовнішньополітичних до внутрішньофірмових.

Розглянуті зміни можуть бути як *вимушеними*, тобто по відношенню до планованої системи пасивними, так і *активними, цілеспрямованими*. Активний характер запланованих змін зовнішніх і внутрішніх умов реалізації планів може бути викликаний підвищеною ефективністю і цілеспрямованістю науково-технічного прогресу, макроекономічною активністю тощо.

Частина вимушених змін оцінюється як негативна, і природно прагнення різними шляхами послабити їхню дію. Але існує й невинна сукупність змін, що носять характер об'єктивних закономірностей.

Зміни зовнішніх і внутрішніх умов виконання планів змушують плановану систему якось перебудовуватися, пристосовуватися до нових умов.

Питання для самоконтролю:

1. Який об'єкт розуміється під поняттям «система»?
2. Який зміст вкладається у поняття «економіка»?
3. Що розуміється під поняттям «соціально-економічна система»?
4. У чому полягають особливості економіки як об'єкта моделювання?
5. Наведіть характеристики економіки як складної системи?
6. Назвіть джерела нестійкості соціально-економічних систем.

Змістовий модуль 2

Лекція 3. Оцінювання ефективності соціально-економічних систем із урахуванням їх динамічних властивостей

Мета: поглибити знання щодо поняття «економічна ефективність» соціально-економічних систем та ознайомитися з особливостями оцінювання економічної ефективності соціально-економічних систем із урахуванням їх динамічних властивостей.

План

- 3.1. Сутність поняття «економічна ефективність» соціально-економічних систем.
- 3.2. Показники оцінювання економічної ефективності соціально-економічних систем.
- 3.3. Проблема прийняття рішень, динамічність та невизначеність інформації в економіці.
- 3.4. Загальний огляд динамічних характеристик соціально-економічних систем.

Перелік ключових термінів і понять: *економічна ефективність, показники оцінювання економічної ефективності, прийняття рішень, невизначеність інформації, динамічні характеристики соціально-економічних систем.*

3.1. Сутність поняття «економічна ефективність» соціально-економічних систем

Економічна ефективність – результативність економічної системи, виражена у співвідношенні корисних кінцевих результатів її функціонування до витрачених ресурсів.

Досягнення належного рівня економічної ефективності є важливим стратегічним завданням на кожному етапі розвитку будь-якої соціально-економічної системи як основи її конкурентоспроможності на сучасному ринку.

Розглядаються різні види ефективності, яка характеризує результативність діяльності соціально-економічних систем, що залежать від *рівня економіки*, на якому ця система функціонує (підприємств, територій, національної економіки).

Дієвий вплив на результат здійснюють різноманітні зовнішні та внутрішні фактори, які залежать від *видудіяльності* СЕС.

В економіці ефективність найчастіше асоціюється з оптимальністю дій, способів, механізмів реалізації або станом суб'єкта за наявності альтернатив і проявляється через співвідношення між метою (цілями) й одержаними результатами, затраченими ресурсами, обставинами зовнішнього середовища, а також часовими межами. Тобто ефективність забезпечується за умов, що сприяють досягненню рівноваги між такими протилежностями: попиту та пропозиції, цілей зацікавлених сторін, активів і пасивів організації, власних і залучених ресурсів, отриманих результатів і витрат на їх одержання тощо.

Зауваження:

Доцільно розрізняти такі базові поняття економічної теорії, як «дієвість», «результативність» та «ефективність», які частково ототожнюються у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Зокрема, дієвість характеризує збалансованість дій, оперативних заходів, механізмів, спрямованих на досягнення очікуваних результатів, встановлених цілей, завдань тощо, а результативність відображає рівень досягнення поставлених цілей, завдань, відхилення отриманих результатів від планових індикаторів. Фактично ці два поняття є видами ефективності (поточної та заключної), а поняття ефективності об'єднує їх.

Процес виробництва в підприємстві здійснюється за належної взаємодії визначальних його чинників, а саме персоналу (робочої сили), засобів та предметів праці. Використовуючи наявні засоби виробництва, персонал підприємства виробляє суспільно корисну продукцію або надає виробничі й побутові послуги. Це означає, що, з одного боку, мають місце затрати живої та уречевленої праці, а з іншого боку, є результати виробництва.

Ефективність – інтегрована економічна категорія, яка відображає виробничі відносини щодо економії сукупних затрат уречевленої та живої праці на отримання кінцевого позитивного результату.

Категорія «ефективність» на рівні підприємства характеризує зв'язок між величиною отриманого результату від його діяльності та кількістю інвестованих

або витрачених у виробництві ресурсів. Підвищення ефективності можна досягти шляхом використання меншої кількості ресурсів для створення такого результату або за використання такої самої кількості ресурсів чи більшого випуску з відносно меншою кількістю ресурсів для створення більшого результату.

Оскільки підприємство є відкритою системою, що функціонує в умовах ринкової економіки, проблему ефективності його діяльності можна розглядати з позицій різних зацікавлених сторін.

Як економічна категорія ефективність має різновиди, зокрема:

- економічна ефективність, що відображає відповідність витрат і результатів діяльності підприємства цілям та інтересам його учасників у грошовій формі;
- соціальна ефективність, що відображає відповідність витрат і соціальних результатів діяльності підприємства цілям і соціальним інтересам суспільства;
- екологічна ефективність, що відображає відповідність витрат і екологічних результатів інтересам держави й суспільства.

Розгляд проблеми ефективності під різними кутами зору й оцінювання її для різних цілей і користувачів інформації зумовлюють багатоваріантність підходів до визначення ефективності діяльності підприємства.

Питання трактування економічної ефективності на сучасному етапі розвитку відносин як ключової категорії в економічній та організаційній науці і практиці зумовлює необхідність визначення її сутності та змісту (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Сутність поняття «економічна ефективність»

Автор	Сутність поняття «економічна ефективність»
В.Г. Андрійчук	Відношення між отримуваними результатами виробництва, тобто продукцією і матеріальними послугами, з одного боку, і витратами праці та засобів виробництва, з іншого боку.
Н.В. Савенко	Результат виробничої діяльності, що виражається у вигляді співвідношення між підсумками господарської діяльності та витратами ресурсів.

С.В. Мочерний, С.А. Єрохін, Л.О. Каніщенко	Досягнення найбільших результатів за найменших витрат живої та уречевленої праці.
Долан Е.Дж., Д. Ліндсей	Стан речей, за якого неможливо здійснити жодної зміни, яка більш повно задовольняла би бажання однієї людини, не перешкоджаючи задоволенню бажань іншої людини.
Р. Макміллан	Виробництво найкращої або оптимальної комбінації продукції на основі використання найбільш ефективної комбінації ресурсів.
О.В. Шнипко	Комбінація ресурсів, що дає змогу досягти максимального випуску товарів із найменшими витратами.
О.О. Слюсаренко	Найважливіший показник результативності діяльності підприємства, який є зіставленням результатів цієї діяльності з витратами на її здійснення, а також визначається відношенням результатів до витрат.
А.Г. Загородній, Г.Л. Вознюк	Результативність економічної діяльності реалізації економічних програм та вжиття заходів, що характеризуються відношенням отриманого економічного ефекту (результату) до витрат ресурсів, які зумовили отримання цього результату.

Економічна ефективність – це отримання максимально можливих благ від наявних у розпорядженні ресурсів. Проблемою економічної ефективності найчастіше є проблема вибору, що стосується того, що, як і яким чином проводити, як розподіляти ресурси, капітал і прибуток. Від рівня економічної ефективності багато в чому залежить вирішення низки соціально-економічних завдань, таких як підвищення рівня життя населення, швидке зростання економіки, вдосконалення умов праці та відпочинку, зниження рівня інфляції.

Економічна ефективність підприємства визначається основними факторами:

- 1) запровадження максимально досяжних економічних цілей, орієнтованих на весь потенціал підприємства;
- 2) виявлення змін, необхідних для повного розкриття потенціалу підприємства;

3) проведення необхідних змін, досягнення поставлених стратегічних цілей.

Усі фактори є взаємопов'язаними, адже повинні ставитися саме досяжні цілі.

Об'єктивна оцінка ефективності діяльності підприємства має винятково велике значення, оскільки характеризує успішність менеджменту підприємства, формує його імідж, сприяє доступу на ринки капіталу й обґрунтовує доцільність інвестицій. У цих умовах уміння менеджменту оцінити потенціал підприємства та визначити шляхи його реалізації з максимальною ефективністю є головним завданням.

Підвищення економічної ефективності будь-якого суб'єкта господарювання відіграє визначну роль у його діяльності, тому існує потреба постійного контролю та пошуку шляхів її зростання.

3.2. Показники оцінювання економічної ефективності соціально-економічних систем

Основною особливістю соціально-економічних систем є вартісний характер засобів (видатків, витрат) досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку).

Ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до витрат.

Економічна ефективність = результат/витрати

У залежності від цілей визначення ефективності результат (ефект) може бути оцінений різними показниками, що характеризують проміжні і кінцеві результати діяльності.

Наприклад, економічний ефект може бути оцінений показниками:

- обсяг прибутку (балансового, чистого);
- економія окремих видів ресурсів у натуральному чи вартісному вираженні;
- зниження собівартості (для збиткових виробництв).

Показниками економічної ефективності також є

продуктивність і фондомісткість праці,
фондовіддача і фондомісткість продукції,
матеріаловіддача і матеріаломісткість продукції,

економічна ефективність капітальних вкладень, нової техніки, енергомісткість продукції та ін.

У табл. 3.2 представлено систему агрегованих показників для оцінювання економічної ефективності результативності підприємства, отриману в результаті аналізу праць вітчизняних та зарубіжних науковців.

Таблиця 3.2 – Основні агреговані показники комплексного оцінювання економічної ефективності підприємств

Види показників	Приклади
Показники процесів (Process measures)	– витрати на 1 грн виробленої та реалізованої продукції; – строк погашення дебіторської заборгованості (днів); – строк погашення кредиторської заборгованості (днів); – коефіцієнт погашення дебіторської заборгованості; – коефіцієнт погашення кредиторської заборгованості; – коефіцієнти ліквідності; – коефіцієнт оборотності запасів; – коефіцієнт оборотності основних засобів; – фондівіддача; – коефіцієнт маневрування власного капіталу; – коефіцієнт оборотності власного капіталу
Показники результатів (Output measures)	– дохід (виторг) від реалізації продукції; – валовий дохід
Показники кінцевих ефектів та ефективності (Outcome measures)	– чистий дохід (збиток); – рентабельність продукції; – рентабельність продажу
Показники впливу (Impact measures)	– сума коштів, яка зекономлена протягом усього виробничого циклу; – рівень задоволеності потреб у продукції споживачів

3.3. Проблема прийняття рішень, динамічність та невизначеність інформації в економіці

У широкому сенсі під *прийняттям рішень* розуміється особливий процес людської діяльності, спрямований на вибір найкращого варіанту дій.

Прийняття рішень становить суть процесу управління, незалежно від області застосування. У науковій та навчальній літературі для поняття «прийняття управлінського рішення» існують визначення різного ступеня повноти: від найкоротшого (рішення – це вибір альтернативи) до більш розгорнутого. Зокрема, *прийняття управлінського рішення* – це спрямований на досягнення поставленої мети вольовий вплив суб'єкта управління на його об'єкт.

Особливий (визначальний) вплив процес прийняття рішень має на результати економічної діяльності. Тому процес прийняття рішень є об'єктом уваги майже всіх економічних теорій, які різняться, зокрема, предметом дослідження. Сьогодні існують вже достатньо розвинуті класифікації управлінських рішень за різними ознаками (зміст, міра складності, форма, час, вплив на майбутнє тощо). Проте загальновизнаним є і те, що процес прийняття рішень є особливим – творчим – процесом, що має кілька стадій або етапів, основними з яких є підготовка рішень, прийняття рішень та реалізація рішень.

Перший етап – підготовка рішення – це аналіз ситуації, в якій перебуває об'єкт управління (підприємство, фірма тощо), включаючи пошук, збирання і опрацювання інформації, а також виявлення і формування проблеми, що потребує вирішення.

На стадії прийняття рішення опрацьовуються та оцінюються альтернативні рішення і напрями дій, що провадяться на основі багатоваріантних розрахунків; виробляються критерії вибору оптимального рішення; обирається і приймається кінцеве найкраще рішення.

Усі процеси управління відбуваються на основі застосування інформації. В економіці невизначеність економічної інформації завжди об'єктивно наявна на стадіях підготовки та прийняття рішень. Основне джерело цієї невизначеності — неточність, неповнота інформації про сировинну базу та інші ресурси, можливості й наслідки науково-технічного прогресу, зміни попиту та пропозиції тощо.

Оскільки невизначеність, неповнота інформації в економічній діяльності існують завжди, то економічні теорії, а особливо теорії прийняття рішень,

планування, які цього не враховують, можуть вважатися лише першими наближеннями до реальної дійсності. Інструментарієм переходу до другого наближення стають нові теорії, зокрема, стохастичне програмування, теорія нечіткої оптимізації, теорія ігор, імітаційне моделювання, нелінійна динаміка та інші.

У ринковій економіці підвищуються вимоги до забезпечення прийняттого рівня ризику та надійності планів і економічних рішень. Адже за «ненадійність», недоцільний ризик доводиться розраховуватися власними коштами. Зокрема, якщо економічна система матиме низькі маневрені властивості, то це не дасть змогу швидко реагувати на зміни зовнішніх умов її функціонування та розвитку (зміни в номенклатурі та попиті, науково-технічному прогресі тощо).

Так, одним з основних напрямів урахування невизначеності, неповноти інформації в теорії оптимального планування є концепція адаптивності плану, його параметрів. Координація планів, адаптивність їх щодо додаткової інформації, яка надходить у процесі функціонування, є значним чинником підвищення ефективності економічних систем. Наприклад, у задачах багатоетапного стохастичного оптимального планування значення змінних та відповідних двоїстих оцінок залежить від умов реалізації плану, які постійно змінюються. Адаптуючи план, можна зменшити ризик і одержати економічний ефект (порівняно з неадаптивними підходами). Виявляється, що міра адаптивності плану є величиною, яку можна оптимізувати. Надмірна надійність (малий ризик) зумовлює певні додаткові витрати, що забезпечують мінімізацію ризику відхилень від плану, а це призводить до виникнення ризику невикористаних можливостей (надмірних витрат). Ці витрати пов'язані зі збільшенням запасів, необхідністю розробки певних заходів тощо.

Найважливішою характеристикою якості плану є його ефективність (рентабельність, строк окупності, прибуток тощо). Проте цього показника для оцінки недостатньо оскільки фактичні умови реалізації планів можуть суттєво відрізнятися від тих, які були спочатку передбачені й планувалися як передумови досягнення відповідних рівнів ефективності. Тому виникають проблеми: стійкості показників ефективності, економічного маневрування для стабілізації вихідних характеристик, еластичності, надійності та напруженості планових рішень – їх системних характеристик.

Виявляється, що теорії планування, які виходять із детерміністських уявлень про наявність вичерпної інформації щодо майбутніх умов реалізації планів, також не здатні описати багато істотних моментів функціонування та розвитку економічних систем. У межах детерміністичного підходу неможливо описати процес адаптації планів до нової інформації, їхню гнучкість. Водночас за детерміністичного підходу відсутнє наукове обґрунтування для коригування та маневреності планів, для створення запасів тощо.

Системні динамічні властивості економічних планових рішень слід розглядати як урахування таких важливих характеристик планів, як ризик та надійність їх реалізації, еластичність, маневреність, гнучкість, інерційність, живучість, стійкість тощо.

Урахування чинників, що впливають на означені характеристики, дає змогу глибше проникнути в суть оптимізації процесів розвитку та функціонування економічних систем за невизначеності вхідної інформації. Зокрема, виникає можливість здійснити економіко-математичний аналіз рівня ризику та надійності планових рішень та обґрунтувати вимоги для забезпечення раціонального рівня цих показників на етапі прийняття рішень.

Динамічні системні характеристики планів (ризик та надійність, надійність та еластичність, ризик та еластичність) взаємопов'язані. Наприклад, маневрені якості планів справляють значний вплив на еластичність, надійність, ризикованість.

Із метою управління на стадії планування є певні можливості вибору складу, структури, побудови планованої підсистеми, від яких істотно залежать маневреність, ризикованість, надійність та еластичність плану. Виникає завдання виділити й описати фактори системного характеру, що впливають на поведінку плану як системи.

3.4. Загальний огляд динамічних характеристик соціально-економічних систем

Ціль розглянутих методів і моделей – визначити динамічні характеристики прийнятого рішення, яке вже репрезентовано у вигляді конкретного плану.

План сам по собі виявляється складною системою, яку необхідно досліджувати для того, щоб найбільш ефективно управляти нею. Це пов'язано з

тим, що при розробці плану доводиться враховувати не стільки поточну ситуацію, скільки прогноз на майбутнє. Проте процес планування для економічних систем будь-якого рівня ієрархії суттєво ускладнюється динамічністю зовнішнього середовища та інших чинників.

Нагадаємо, що найважливішою характеристикою якості плану є його ефективність. Залежно від об'єкта планування й низки інших факторів вимірниками ефективності можуть бути: рентабельність, строк окупності, прибуток, національний доход та ін.

Проте для оцінки якості планів одних показників ефективності недостатньо: фактичні умови реалізації планів можуть суттєво відрізнятися від тих, які були спочатку передбачені й планувалися як передумови досягнення відповідних рівнів ефективності.

Зміни умов реалізації в порівнянні з тими, які розглядалися при побудові плану, можуть стосуватися практично всіх умов реалізації плану: від ресурсної забезпеченості виробництва до змін технологій у зв'язку з розвитком НТП. У багатьох галузях народного господарства (сільське господарство, виробництва аграрно-промислового комплексу) на виконання планів суттєво впливають погодні умови.

Зміни умов реалізації планів можуть бути пов'язані й із внутрішньогалузевою, міжгалузевою й міжнародною конкуренцією, а для великих промислових систем також і з зовнішньополітичними факторами, прикладами чого дуже багата історія української економіки.

Природно, що в результаті цих змін в умовах виконання планів фактичні рівні ефективності можуть значно відрізнятися від планових, у зв'язку з чим виникає *проблема стійкості показників ефективності*.

На стадії планування є певні можливості вибору складу, структури, побудови планованої підсистеми. Так, можна варіювати наборами об'єктів, технологій, способів функціонування, що включаються в план; економічними й технологічними зв'язками об'єктів як усередині планованої системи, так і між підсистемами; рівнями спеціалізації, концентрації виробництва, кооперування й комбінування.

Обираючи той або інший варіант плану, ми тим самим значною мірою визначаємо можливості планованої системи реагувати на різні збурювання,

перебудовуватися, пристосовуватися до змін умов реалізації планів. Інакше кажучи, ми обумовлюємо можливості стабілізації її вихідних характеристик.

Як основні характеристики плану, що описують властивості його стійкості та стабільності, у літературі розглядається його еластичність і надійність.

При цьому під еластичністю розуміється ступінь досягнення кінцевих цілей плану при змінах умов його реалізації, а під надійністю – імовірність виконання закладених у план показників ефективності. До найважливіших характеристик плану належить також його напруженість (що доповнює або обернена надійності плану).

Другий важливий аспект проблеми стійкості плану – управління надійністю й еластичністю планів.

Найбільші можливості надає економічне маневрування, особливо для довгострокових програм розвитку. Властивості економічної інерції й зворотні їм характеристики можливої зміни керуючих параметрів систем, тобто властивості маневреності, розглядаються як визначальні при дослідженні проблем стійкості (стабільності).

Інші шляхи підвищення надійності й еластичності планів: резервування, взаємозамінність продукції й ресурсів.

Можливості маневрування планованої системи при збуреннях в умовах її функціонування визначаються (більшою мірою) прийнятим варіантом її складу, структури й будови. У зв'язку з цим виникає завдання виділити й описати фактори системного характеру, що впливають на маневрені можливості. Одним із найважливіших факторів у цій області є різноманітність складу і структури системи, а також можливих у ній управлінь.

В умовах зростаючої невизначеності інформації й можливих збурень особливе значення має питання про те, на скільки зростуть витрати, якщо виникне необхідність відмовитися від реалізації частини плану. Для характеристики зв'язків, що утворюються при цьому, вводиться представлення про оборотність і необоротність планових рішень.

Питання для самоконтролю:

1. У чому полягає сутність поняття «економічна ефективність» соціально-економічної системи?

2. Які показники зазвичай використовуються для оцінювання рівня економічної ефективності соціально-економічної системи?
3. Що розуміється під поняттям «прийняття рішення»?
4. Які системні динамічні властивості економічних планових рішень слід враховувати при прийнятті рішень?

Лекція 4. Маневреність, інерційність та еластичність планових рішень

Мета: ознайомитися з класифікацією систем за їхніми маневреними та інерційними якостями, видами маневрування та способами управління еластичністю планових рішень.

План:

- 4.1. Поняття про маневреність планових рішень. Види маневрування. Граничні маневреності.
- 4.2. Постановка оптимізаційних задач планування з урахуванням маневрених якостей плану.
- 4.3. Поняття про еластичність плану. Способи управління еластичністю.
- 4.4. Оптимізація плану за нормами еластичності в умовах інерційності.

Перелік ключових термінів і понять: *граничні маневреності, міра маневреності, еластичність плану, інерційність плану.*

4.1. Поняття про маневреність планових рішень. Види маневрування. Граничні маневреності

Маневреність – реакція системи на зміну внутрішніх і зовнішніх умов реалізації її плану, а також на зміну цільових установок плану.

Існує велика кількість можливостей маневрування, але змістовно їх можна звести до маневру: ресурсами, продукцією, способами функціонування та інтенсивностями способів.

По кожному з цих напрямів можливі два основні способи маневрування:

- зміна характеристик обсягів;
- організація взаємозамін у межах існуючих можливостей.

Маневрування способами функціонування – інтерпретується як перехід від одного набору в базисі плану до іншого. Кожному способу функціонування з вихідної множини J , існуючої до прийняття рішення про варіант плану, що

обирається, відповідає деяка підмножина $J_1 \subset J$ допустимих переходів на інші способи в даному плановому періоді.

Встановлення допустимої області маневрування способами, або допустимих переходів (у якомусь періоді) від одного способу функціонування до іншого, з підмножини J_1 , можна звести до обмеження допустимих при цьому відмінностей у способах функціонування, до встановлення такої області подібності, всередині якої можливий маневр:

$$0 \leq \Delta_{jk} \leq \Delta_j^*, \quad (4.1)$$

де Δ_j^* – нормоване значення граничної відстані, на яку можна віддалитися в процедурах маневрування від вихідного способу функціонування j , включеного до плану.

Із метою спрощення цю функціональну залежність можна, наприклад, перетворити в лінійну функцію:

$$\Delta_j^* = a_j^* T \text{ або } \Delta_j^* = \Delta_{j0}^* + a_j^{*1} \cdot T, \quad (4.2)$$

Варіювання інтенсивностей використання способів.

При постановці оптимізаційних завдань планування для них вказується деяка область існування. Це або вимога невід'ємності змінних ($x_j \geq 0$), або одночасно встановлення верхніх меж існування: $0 \leq x_j \leq \bar{x}_j$, $j \in J$, де $\bar{x}_j$ – можливі граничні значення інтенсивностей, або встановлення двосторонніх обмежень: $b_j \leq x_j \leq \bar{x}_j$.

Практично нормування кордонів (коридорів) припустимого маневрування в динамічних задачах планування можна здійснювати таким чином:

$${}^+ \Delta x_{jt}^l \leq {}^+ \bar{\Delta}_{jt}^l; \quad {}^- \Delta x_{jt}^l \leq {}^- \bar{\Delta}_{jt}^l, \quad (4.3)$$

де ${}^+\Delta x_{jt}^l, {}^-\Delta x_{jt}^l$ – можливі позитивні і негативні зміни інтенсивностей у t -му році на j -му об’єкті по l -му способу; ${}^+\overline{\Delta}^l_{jt}, {}^-\overline{\Delta}^l_{jt}$ – гранично допустимі позитивні і негативні прирощення інтенсивностей.

Розміри коридорів маневрування визначаються: природно-географічними; техніко-технологічними; організаційно-економічними; а також прийнятими значеннями інтенсивностей, причому коридори маневрування завжди знаходяться всередині області існування інтенсивностей.

Визначальними для цих властивостей факторами є:

- ступінь дискретності введення потужностей;
- співвідношення витрат ресурсів та капіталовкладень на будівництво об’єктів і на створення інфраструктури;
- витрати, що не залежать від потужності і пропорційних їй коефіцієнтів повних і прямих витрат;
- техніко-технологічні особливості об’єктів і способів та ряд інших.

Міру маневрування M прийнятого варіанта плану можна визначити, такою композицією:

$$M = \{{}^+\Delta x_j^l, {}^-\Delta x_j^l, \Delta_j^*\}, \quad (4.4)$$

де ${}^+\Delta x_j^l, {}^-\Delta x_j^l$ – вектори граничних показників маневрування відповідно в бік збільшення і зменшення інтенсивностей по об’єктах і способах, що увійшли в базис плану;

Δ_j^* – вектор допустимих відстаней переходів від способу до способу для всіх способів функціонування (з ненульовими інтенсивностями), що входять у базис плану.

Припустимо, наприклад, що пронормовані дві відстані від образу повної інерційності до Δ_M^{cl} і Δ_M^{cp} – слабо- і середнєманеврених систем. Тоді сформулюються такі класи:

- слабоманеврені (високоінерційні): $0 < \Delta_M \leq \Delta_M^{cl}$;

- середнєманеврені (середнєінерційні): $\Delta_M^{cl} < \Delta_M \leq \Delta_M^{cp}$;
- високоманеврені (слабоінерційні): $\Delta_I^{\tilde{n}\delta} < \Delta_M$.

Постановка задачі управління маневреністю в термінах простої лінійної моделі оптимізації перспективного плану випуску продукції має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \sum_{j=i}^m c_j x_j &\rightarrow \min; \\ \sum_{j=i}^m a_{ij} x_j &\geq P_i, \quad i = \overline{1, n}; \\ \sum_{j=1}^m a_{ij} x_j &\leq S_i, \quad i = \overline{n' + 1, n}; \\ x_j &\geq 0, \quad j = \overline{1, m} \end{aligned} \tag{4.5}$$

де x_j – інтенсивність використання j -го технологічного способу (обсяг випуску продукції), перший рядок – цільова функція витрат; другий – умови на обсяг випуску продукції; третій – обмеження на поставки ресурсів.

Разом із зазначеними обмеженнями невід’ємності на інтенсивності x_j можуть бути накладені й інші (цілочисельність, обмеження зверху і знизу, тощо). Доданок $a_{ij}x_j$ в обмеженнях по ресурсах є швидкістю потоку ресурсів виду i при j -м способі його функціонування: $R_j = a_{ij}x_j$.

Тут і R , і x_j прив’язані до одиниці часу і тому фізично є швидкістю споживання ресурсу і швидкістю виходу продукції.

У загальному випадку має зберегтися співвідношення

$$\frac{dR_{ij}}{dt} = a_{ij} \frac{dx_j}{dt} + x_j \frac{da_{ij}}{dt}$$

або, скорочено,

$$\delta_{ij} = a_{ij}\gamma_j + x_j\alpha_{ij}, \tag{4.6}$$

Будемо вважати, що показники α , γ , β , що виражають прискорення, дають характеристику маневреності системи при використанні i -го ресурсу j -м способом. Припустимо далі, що існують гранично можливі значення цих характеристик (як позитивні, так і негативні): $\overline{\delta_{ij}}$, $\overline{\alpha_{ij}}$, $\overline{\gamma_j}$

У принципі для граничних значень (3.2) може і не виконуватися, причому можливі такі ситуації:

$$\overline{\delta_{ij}} \underset{<}{\overset{>}{\neq}} a_{ij}\overline{\gamma_j} + x_j\overline{\alpha_{ij}}, \quad (4.7)$$

$\overline{\delta_{ij}} > a_{ij}\overline{\gamma_j} + x_j\overline{\alpha_{ij}}$ – лімітування маневреності визначається граничними значеннями $\overline{\alpha_{ij}}$, $\overline{\gamma_j}$, тому їх слід вважати визначальними

$\overline{\delta_{ij}} < a_{ij}\overline{\gamma_j} + x_j\overline{\alpha_{ij}}$ – маневрені властивості будуть лімітовані характеристикою $\overline{\delta_{ij}}$

$\overline{\delta_{ij}} = a_{ij}\overline{\gamma_j} + x_j\overline{\alpha_{ij}}$ – визначальними є всі три характеристики, які виражають різні аспекти маневреності.

Як правило, міра маневреності складається стихійно, природно, а цілеспрямоване управління ступенем маневреності при цьому відсутнє.

При одній і тій самій кількості об'єктів в оптимальному плані міра його маневреності може змінюватися в залежності від маневреності об'єктів, які потрапили в набір плану.

Розглянемо диференціацію маневрених властивостей на нижньому рівні.

На підставі (4.6) в простій ситуації, коли не відбувається зміни в часі норм витрат ($a_{ij} = 0$), прискорення в споживанні ресурсу визначається прискоренням випуску продукції.

При цьому видатковий коефіцієнт a_{ij} виконує роль «інерційної маси». Потрібна тим вища маневреність по ресурсах (при незмінній маневреності по продукції), чим вище «інерційна маса» плану.

У зв'язку з цим всі фактори, що впливають на видатковий коефіцієнт, одночасно впливають і на показник маневреності по ресурсах.

Однак в цілому ступінь диференціації величин граничної маневреності за ресурсами вище, а перелік чинників, що впливають на цю характеристику, ширше, ніж по видаткових коефіцієнтах.

4.2. Постановка оптимізаційних задач планування з урахуванням маневрених якостей плану

Проста постановка задачі знаходження оптимального плану з урахуванням його маневреності по ресурсах може бути представлена як (4.5) з додатковою умовою:

$$\sum_{j \in J} \overline{\delta_{ij}} \geq \overline{\delta S}, \quad i = \overline{n' + 1, n}; \quad (4.8)$$

де J – довільна підмножина множини способів функціонування системи;
 $\overline{\delta S}$ – норма ступеня маневреності.

Таку постановку можна трактувати таким чином.

1. Вибирається довільна множина J , що є допустимою з точки зору умови (3.4).
2. Для цього вирішується обмеження задачі (4.5), і в результаті знаходиться значення функціоналу.
3. Прийняте значення порівнюється зі значенням цього ж функціоналу для іншої допустимої множини J .
4. Остаточним рішенням завдання є набір x_j , що забезпечує мінімум функціоналу по всіх допустимих підмножинах J .

Граничні маневреності можуть бути пов'язані, зокрема, з величинами інтенсивностей x_j .

Якщо на якійсь ділянці цієї залежності припустити лінійний зв'язок маневреності, то

$$\overline{\delta_{ij}} = \mu_{ij} x_j, \quad (4.9)$$

Можна сформувати й інші варіанти врахування маневреності. Зокрема, оптимальні плани слід шукати в деякому околі мінімуму функціоналу і з набору варіантів інтенсивностей і способів цих планів відбирати ті, які забезпечують максимум маневреності.

4.3. Поняття про еластичність плану. Способи управління еластичністю.

Під *еластичністю плану* в загальному випадку розуміється його здатність до певних «деформацій» без істотної втрати можливості реалізації кінцевих цілей.

Існують різні способи характеристики еластичності планів. Один із них полягає в оцінці ступеня впливу забезпеченості яким-небудь (або всіма) ресурсом на випуск продукції.

Якщо відомий механізм формування оптимального плану, то існує й певний зв'язок між недовипуском продукції і зменшенням забезпеченості ресурсами:

$$F\left(\frac{\Delta P_k}{P_k}, \frac{\Delta S_i}{S_i}\right) = 0 \quad (4.10)$$

Залежність між відносним недовипуском k -ої продукції ($\Delta P_k / P_k$) і відносною недопоставки i -го ресурсу ($\Delta S_i / S_i$) характеризує еластичність плану відносно зв'язку $P_k \leftrightarrow S_i$. У кожній точці розглянутої функції еластичності відношення характеризує жорсткість, а обернене йому – еластичність плану.

$$g_{ki} = \frac{\Delta P_k}{P_k} \div \frac{\Delta S_i}{S_i} ; \quad e_{ki} = \frac{1}{g_{ki}} = \frac{\Delta S_i}{S_i} \div \frac{\Delta P_k}{P_k} \quad (4.11)$$

При недопоставці одночасно ряду ресурсів можна говорити про вектор недопоставки $\overline{\Delta S_i}$.

Причини недопоставок:

- недопоставки найбільш несприятливо впливають на реалізацію плану і зумовлюють необхідність послідовності незапланованих заходів щодо усунення, зниження цих впливів;
- інші несприятливі наслідки умов невизначеності, такі, наприклад, як занижені норми витрати ресурсів, завищені норми випуску продукції в технологічному забезпеченні плану, можуть бути, як правило, зведені якраз до недопоставки ресурсів;
- надпланові поставки ресурсів є з позицій надійності плану економічної системи її резервами.

Головним джерелом існування характеристик еластичності як деяких функціональних властивостей тих чи інших варіантів планів є їх *інерційність*.

Інерційність і правила маневрування встановлюють зв'язність цих станів, роблять актуальним завдання управління еластичності як характеристикою планів.

Способи управління еластичністю планів поділяються на:

- зовнішні (з боку середовища): підвищення ступеня зарезервованості плану по продукції та ресурсах і рівнів взаємозамінності різних видів продукції, що випускаються системою;
- внутрішні (в плановій системі): поліпшення маневрених якостей плану (системи); підвищення рівнів взаємозамінності ресурсів, об'єктів, технологічних способів тощо; посилення комплексування та оптимізація рівнів спеціалізації; ослаблення локальних обмежень по ресурсах; вибір оптимального складу, структури, будови системи, зміна набору способів функціонування об'єктів і технологій, збільшення їх різноманітності аж до необхідної.

Розглянемо фактори, що формують залежність (4.11) в умовах найпростішої лінійної постановки задачі оптимізації плану.

Припустимо, що на множині способів функціонування J сформована і розв'язана оптимізаційна задача:

$$\sum_{j \in J} C_j X_j \rightarrow \min;$$

$$\sum_{j \in J} a_{kj} X_j \geq P_k, \quad k \in K; \quad (4.12)$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} X_j \leq S_i, \quad i \in I;$$

$$0 \leq X_j \leq a_j,$$

де деякі a_j можуть бути практично не обмежені.

Для розв'язку X^0 задачі (4.12) виконуються рівності:

$$\sum_{j \in J^0} a_{kj} X_j^0 = P_k^0, k \in K$$

$$\sum_{j \in J} C_j X_j^0 = C^0; \quad (4.13)$$

$$\sum_{j \in J^0} a_{ij} X_j^0 = S_i^0, i \in I;$$

$$0 \leq X_j^0 \leq a_j,$$

де $J^0 \in J$.

Ступінь надлишковості ресурсу можна характеризувати величиною коефіцієнта резерву по ресурсу:

$$K_{pi} = \frac{S_i - S_i^0}{S_i^0} \quad (4.14)$$

Надмірність всіх ресурсів характеризується вектором $\bar{R} = \{K_{pi}\}, i \in I$.

Якщо вектор $\bar{R}$ заданий, то це означає, що заданий спосіб резервування ресурсів. Множина способів резервування визначається множиною способів завдання векторів $\bar{R}$.

Припустимо, що задано спосіб резервування по всіх ресурсах, крім одного i -го, поставки якого знизилися, тобто $S_i < S_i^0$. Абсолютний, розмір такої недопоставки характеризується величиною $\Delta S_i = S_i^0 - S_i$, відносний – $\Delta S_i / S_i$. Зі збільшенням $\Delta S_i / S_i$ і збереженні способу резервування по решті ресурсів, взагалі кажучи, випуск продукції буде знижуватися. Характер цього зв'язку визначиться для умов завдання (3.9), як тільки будуть на якомусь рівні фіксовані витрати, (величина $\Delta C / C_0$), крім того, відомі інерційні властивості плану (зокрема, його базису). Відзначимо, що не обов'язково фіксувати цю величину на постійному рівні. Досить зафіксувати вид функції $\frac{\Delta C}{C_0} = \phi\left(\frac{\Delta P_k}{P_k}\right)$, це з економічної точки зору означає завдання компромісу в порівнянні витрат і продукції.

При збільшенні ΔS_i відносна зміна випуску продукції у вище розглянутих умовах може бути описана залежністю:

$$\frac{\Delta P_k}{P_k} = f\left(\frac{\Delta S_i}{S_i}\right). \quad (4.15)$$

Полога форма цієї залежності на її початку (в якомусь діапазоні ΔS_i або ΔP_k) може розглядатися як сприятлива характеристика якості плану (наприклад, крива 1 на рис. 4.1). Якщо характеристика еластичності змінюється на початковій ділянці більш круто, то можна говорити про менш сприятливу характеристику якості плану (крива 3). Оскільки при незмінних зовнішніх умовах за іншими обмеженнями (включаючи спосіб резервування) ця характеристика – індивідуальна для кожного ресурсу та виду продукції, то, якщо відомо матриця витратних і вартісних коефіцієнтів, що увійшли в базис оптимального плану, можна говорити про відмінності планів по еластичності. Цією якістю плану можна керувати.

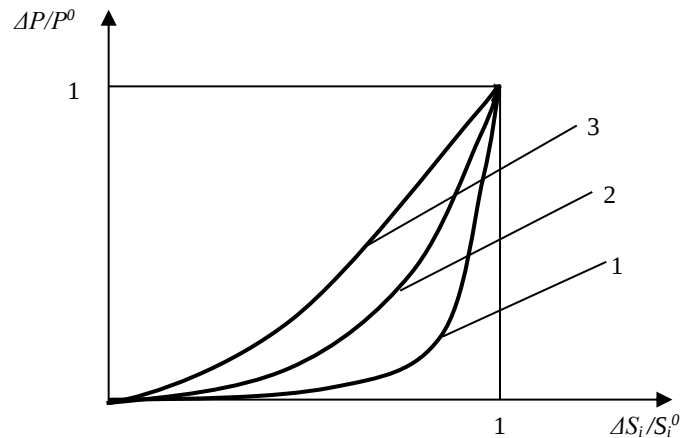


Рис. 4.1. Вид функції еластичності

1 – сприятливіша;
2, 3 – менш сприятливі.

Розрізняються зовнішні та внутрішні способи управління еластичністю з метою її підвищення на початковій ділянці.

До *зовнішніх способів* належать:

- підвищення ступеня зарезервованості плану по ресурсах або продукції;
- зниження вимог до рівня цільової функції;
- збереження в оптимальному плані взаємозамінних видів продукції, незважаючи на деяке підвищення витрат при цьому.

Внутрішні способи:

- вибір функціонування зі збереженням певної взаємозамінності ресурсів в оптимальному плані;
- посилення комплексування і деяке зниження спеціалізації об'єктів до прийнятного з позиції еластичності рівня;
- підвищення міри маневреності плану;
- ослаблення локальних обмежень;
- організація відповідної матриці витратних коефіцієнтів шляхом відбору до плану певних способів. Однак тут взаємовплив факторів досить складний і потрібен спеціальний аналіз, що дозволяє сформулювати вимоги до матриці коефіцієнтів оптимального плану для отримання тієї чи іншої кривої еластичності.

Існують і інші способи регулювання еластичності.

У зв'язку з викладеним підходом виникає досить широка сукупність оптимізаційних завдань з вибору оптимального рівня еластичності. У вирішенні цих завдань частково може бути використаний апарат дослідження стійкості.

Один із можливих підходів до підвищення еластичності – організація спеціального «ядра» еластичності плану, яке і буде приймати на себе можливі зміни зовнішніх і внутрішніх умов його реалізації, а інші масиви плану будуть при цьому працювати в «пічному» оптимальному режимі. Тоді для цих інших масивів можна застосувати тільки мінімум засобів підвищення еластичності.

4.4. Оптимізація плану за нормами еластичності в умовах інерційності

Для визначення еластичності плану необхідно знати механізм формування оптимального плану, а також довизначити і деякі інші умови.

Розглянемо базовий випадок недопоставки одного ресурсу, наприклад, першого, тобто $i = 1$. Тоді при недопоставці виділеного ресурсу ΔS_i^h , $h = 1, H$ модель оптимізації плану буде такою:

$$\sum_{j \in J^0} C_j X_j \rightarrow \min;$$

$$\sum_{j \in J^0} a_{kj} X_j \geq P_{kN}^h;$$

$$\sum_{j \in J^0} a_{ij} X_j \leq S_i^0 - \Delta S_1^h; \quad (4.16)$$

$$\sum_{j \in J^0} a_{ij} X_j \leq S_i^0, \quad i = 2, 3, \dots;$$

$$X_j \leq X_i^0, \quad j \in J^0;$$

де X_i^0 – детермінований розв’язок (оптимальний план). Цей розв’язок відображає умови, за яких відшукується план з мінімальними витратами при зниженій поставці одного з ресурсів і випусках продукції, відповідних нормі еластичності.

На підставі викладеного вище підходу можна запропонувати такий евристичний **алгоритм виходу на задану норму еластичності**.

Алгоритм оптимізації плану за нормами еластичності.

1. Формується ряд спадних значень випуску продукції даного виду $P_k > P_k'$ при незмінних потребах у ресурсах всіх видів S_i .

2. Для випуску продукції P_k формується звичайна детерміністська задача лінійного програмування (4.12).

3. Знаходиться для цієї задачі x_{0j} згідно формулі (4.13).

4. Формується H умов (3.12) перевірки допустимості обраного на еластичність. У разі їх виконання для всіх H рекомендується план п. 3.

5. При колишніх ресурсах S_i встановлюється випуск продукції P_{kl} .

6. Формується ряд (у порядку зростання) коефіцієнтів відносин a_{ij}/a_{kj} за способами, що увійшли в оптимальний базис рішення задачі п. 3.

7. Формуються варіанти припустимих до використання способів так, що в першому варіанті забороняється використовувати спосіб з найвищим показником, отриманого в п. 6 ряду. У другому варіанті забороняється спосіб, що не увійшов у перший варіант, і спосіб з наступним найбільшим значенням з отриманого в п. 6 ряду і т. д.

8. Для кожного з варіантів п. 7 формуються і вирішуються H задач перевірки плану на еластичність.

У разі, якщо якийсь варіант припустимих способів за п. 3 дає можливість отримати в якості розв’язання інтенсивності, задовольняє всім H задачам (4.16), план є припустимим, що задовольняє вимогам еластичності. Якщо ж для якоїсь з H задач (4.16) вимоги по еластичності не виконуються, встановлюється наступний варіант «плати» за еластичність у перетині з повними поставками ресурсів, тобто встановлюється нове значення $P_K^{02} < P_K^{01}$, для нього виконується вся сукупність операцій п. 6 – 8.

Схема формування плану за нормами еластичності

1. Задати максимально можливий вектор обсягу недопоставок ресурсів у вигляді відповідних значень скалярного множника асортиментного набору недопоставок.

2. Для утворюваного вектора поставок ресурсів і випуску продукції, відповідного характеристиці еластичності, розв'язати задачу лінійного програмування на мінімум витрат і вибрати способи їх інтенсивності. Щоб визначити обсяг випуску продукції, який встановлюється в цьому завданні, досить знати нормативні еластичності і ті обсяги випуску продукції, які встановлюються при повному постачанні всіх ресурсів. Технологія визначення нормованих випусків продукції, відповідних нормативній характеристиці еластичності, була описана вище.

3. Вирішити завдання лінійного програмування на мінімум витрат при меншій величині недопоставки ресурсів, ніж у п. 1 та п. 2, і при більшому значенні випуску продукції. Відносні зміни випуску продукції і потреб у ресурсах (як і в задачі п. 2) повинні відповідати характеристиці еластичності. Інша важлива умова вирішення цього завдання полягає в обов'язковому включенні в оптимальний базис плану оптимального базису п. 2 з не меншими інтенсивностями відповідних способів.

4. Розв'язати задачу лінійного програмування на мінімум витрат при меншому обсязі недопоставки ресурсів і більшому випуску продукції, ніж у п. 3. Випуск продукції і постачання ресурсу повинні як і раніше відповідати характеристиці еластичності. Обов'язковою умовою розв'язання цієї задачі є включення в оптимальний базис плану всіх об'єктів і способів з плану, отриманого в п. 3, з не меншими інтенсивностями.

5. Цей процес триває аж до нульових недопоставок ресурсів і випусків продукції, відповідних оптимальному детерміністському плану.

У підсумку реалізації багатокрокового процесу можна прийти і до такого вихідного стану рішення з граничними недопоставками ресурсів, коли його домінуюча частина буде «успадкована» від перебігу з нульовими недопоставками ресурсів. Утворюється, таким чином, зворотний зв'язок в «спадкування».

Питання для самоконтролю:

1. Що розуміється під поняттям «маневреність плану»?
2. Які види маневреності ви знаєте?
3. Яким чином враховується еластичність плану при визначенні меж маневреності?
4. Які фактори впливають на маневреність плану?
5. Чи завжди при збільшенні часового проміжку виробництва підвищується маневреність плану?
6. Що таке інерційність плану?
7. Яким чином інерційність плану пов'язана з маневреністю?
8. Який план можна визначити як еластичний оптимальний план?
9. Які аргументи має функція еластичності?
10. Який загальний вигляд має функція еластичності?

Змістовий модуль 3

Лекція 5. Надійність і напруженість планових рішень

Мета: ознайомитись з показниками надійності і напруженості розвитку та функціонування складних систем, розглянути їх взаємозв'язок; визначити основні складові функції витрат на забезпечення надійності; оцінити надійність плану випуску продукції та напруженість планів.

План

- 5.1. Проблема надійності плану соціально-економічної системи.
- 5.2. Оцінка надійності плану випуску продукції.
- 5.3. Поняття про напруженість планів.

Перелік ключових термінів і понять: *надійність плану, оборотність (незворотність) планових рішень, напруженість планів.*

5.1. Проблема надійності плану соціально-економічної системи

Під *надійністю плану соціально-економічної системи* розуміється *ймовірність виконання рішень*, зокрема, щодо обсягів і термінів випуску продукції, її техніко-економічними показників, обсягів і термінів реалізації тощо.

Як правило, надійність різних варіантів планів неоднакова тому, що вони розрізняються:

- за складом ресурсів, необхідних для виконання плану, їх поточної та можливої перспективної забезпеченості та ймовірності отримання в потрібному обсязі;
- за складом технологічних заходів, передбачених у перспективному плані, і, відповідно, ймовірності їх виконання;
- за складом і кількістю внутрішніх і зовнішніх зв'язків системи, оскільки кожному із зв'язків ймовірний деякий критичний стан, що залежать як від системи, так і від умов її функціонування;
- за обсягом невизначеності і ймовірнісним властивостям інформації, покладеної в основу розробки варіанту плану.

Будь-які варіанти планів, що включають у себе неоднакові технічні рішення, очевидно, різнонадійні, оскільки вони розрізняються і рівнем підготовки техніки, матеріалів, персоналу, і часом впровадження (реалізації), і необхідним ресурсним забезпеченням.

Не менш істотні відмінності пов'язані з різним ступенем похибки визначення основних економічних показників плану. Необхідні за варіантами плану капіталовкладення, експлуатаційні витрати, очікувані розрахункові ефекти, вся номенклатура відповідних питомих показників плану (фондовіддача, собівартість, трудомісткість тощо) мають різну достовірність.

У тих випадках, коли ці показники пов'язані з переважаючими в планах традиційними, апробованими рішеннями (технічними й організаційними), їх достовірність, природно, вище. Похибка інформації значно збільшується, як відомо, із зростанням горизонту планування і детальності плану. Новизна технічних і організаційних рішень у загальному випадку знижує достовірність перспективних техніко-економічних показників. Надійність плану зв'язується також і з рівнем витрат і різних питомих показників (наприклад, фондовіддача не менше запланованої, собівартість не більше запланованої тощо).

Аналогічно впливає на надійність плану і зміна кількостей та складу внутрішніх і зовнішніх зв'язків економічної системи за різними варіантами плану. Для технологічних внутрішніх зв'язків, в залежності від ряду умов, характерна певна ймовірність відмови. Зовнішні технологічні та економічні зв'язки також можуть бути охарактеризовані відповідними ймовірностями відмови, причому можна припустити, що для зв'язків із поставки економічній системі яких-небудь ресурсів ймовірність відмови буде якоюсь мірою пропорційна «протяжності» ланцюжка постачальників.

При взаємному накладенню і взаємодії всіх зазначених та деяких інших чинників створюється істотна різнонадійність варіантів плану, яка особливо збільшується, якщо розглядати варіанти розвитку систем із принципово різними їх внутрішніми і зовнішніми зв'язками та інше.

Отже, можна виділити такі *фактори надійності*:

- ресурсне забезпечення рішень;
- технологічні рішення;
- організаційні рішення;
- інформаційне забезпечення;
- зовнішні та внутрішні зв'язки системи.

Надійність варіантів планів на цей час вивчена недостатньо як за складом наявних завдань, так і у відношенні апарату її опису і дослідження або накопичення статистичних та інших матеріалів, що характеризують фактичну надійність планів. Описані в літературі дослідження стосуються лише деяких аспектів обліку невизначеності і ймовірнісних властивостей інформації в процедурах оптимізації планів як в жорсткій, так і в нежорсткій постановці.

Очевидно, що ступінь надійності плану можна підвищити, враховуючи основні визначальні її чинники.

Шляхи підвищення ступеню надійності плану:

- резервування ресурсів, що дозволяє підвищити вірогідність безперебійної поставки;
- проведення додаткових, досліджень, що дозволяє зменшити невизначеність інформації, на якій базується розробка плану, зокрема, за обсягами реалізації продукції, необхідність залучення коштів та ін.;
- проведення додаткового обґрунтування технічних рішень плану, особливо пов'язаних з нетрадиційними (не використовувалися раніше) технологіями, переорієнтацією виробництва, організаційними рішеннями тощо.

У зв'язку з цим можна сформулювати кілька класів частково взаємно обернених завдань вивчення надійності плану.

Задача дослідження надійності плану

1. Оцінка надійності різних варіантів плану за відсутності резервів, за умови, що відомі: структура та зміст плану розвитку системи, імовірнісні властивості техніко-економічної інформації та закони розподілу ймовірностей надходження тих чи інших ресурсів, реалізації різних напрямів науково-технічного прогресу і т.д. по всіх чинниках, що впливають на надійність плану.

В умовах фіксованого набору засобів резервування постановка задачі аналогічна.

2. Визначення оптимального складу та обсягу коштів резервування всередині системи для забезпечення заданого рівня надійності плану, якщо відомі: структура та зміст плану розвитку системи, імовірнісні властивості техніко-економічної інформації, закони розподілу ймовірностей надходження різних ресурсів та інші відомі ймовірності або закони їх розподілу по всіх факторах, які впливають на надійність плану.

3. Обґрунтування оптимального рівня надійності плану розвитку системи. Виникнення цього завдання пов'язане з тим, що підвищення рівня надійності плану деякої підсистеми даної системи шляхом збільшення витрат у ній на резервування призводить до необхідності пониження цього рівня в інших підсистемах. Отже, обґрунтування оптимального рівня надійності плану підсистеми, яка розглядається, зводиться до оптимізаційної системної задачі по оптимальному розподілу коштів резервування. Склад первинної інформації той же, що і в попередній задачі.

Унаслідок труднощів, пов'язаних з інформаційним забезпеченням, а також з урахуванням вимоги достатньої адекватності моделей, найбільш прийнятним представляється такий *підхід до оптимізації планів з урахуванням надійності*.

Спочатку розраховується множина варіантів плану без урахування надійності в детермінованій постановці.

Із цією метою визначається оптимальний детермінований план і додатково множина варіантів в області оптимуму. Далі для цих варіантів вирішуються завдання 1 – 3, в результаті чого визначають витрати в засоби резервування при оптимальній надійності плану. Нарешті, з числа розглянутих варіантів плану вибирається оптимальний – вже з урахуванням надійності (по мінімуму суми прямих витрат за варіантом плану і витрат в засоби резервування).

Різні часткові задачі виникають також у зв'язку з *різноманіттям можливих форм взаємодії факторів надійності*. Характерна в цьому відношенні взаємодія факторів технічного ризику, пов'язаного з новизною планованих технічних рішень і ймовірністю забезпечення плану необхідною кількістю ресурсів.

Таким чином, високий ступінь новизни технічних рішень, які закладаються в план, може призводити, з одного боку, до зниження надійності плану за рахунок зростання технічного ризику при реалізації цих рішень, з іншого – до підвищення надійності плану за рахунок збільшення ймовірності його забезпечення необхідною кількістю ресурсів.

Детальний аналіз причин відхилень фактичних значень витрат від проектних показує, що велика частина причин носить об'єктивний характер і пов'язана з незнанням усіх майбутніх умов реалізації проекту (плану) у всіх необхідних деталях. Із цієї точки зору багато прийнятих процедур проектування

створюють лише видимість точності підходу, насправді ж вони значною мірою позбавлені сенсу. Тому оцінка надійності проектів і планів дозволить розробити, крім заходів з підвищення їх надійності, ще й більш реалістичні процедури проектування і планування.

Термін «*надійність плану*» є деяким узагальненням категорії надійності технічних систем. У цьому сенсі забезпечення технічної надійності системи є підзадача більш загальної задачі управління надійністю плану системи, а сама технічна система виступає продуктом реалізації плану розвитку економічної системи.

Розглянемо схематичну постановку деяких задач у сфері надійності плану на прикладі лінійної модифікації оптимального виробничого планування.

Очевидно, що песимістичні варіанти оптимального плану x_0 , отримані в припущенні низьких значень S_i і підвищених значень a і c (якщо розглядається задача мінімізації витрат), будуть мати при одній і тій самій мірі резервування ресурсу більш високі оцінки надійності, а при оптимістичних варіантах надійність буде зниженою. Це означає *необхідність підвищення ступеня резервування в оптимістичних варіантах в порівнянні з песимістичними для отримання надійних планів*.

Оскільки надійність плану визначається величиною математичного сподівання недовипуску продукції, а остання залежить не тільки від ймовірності перевищення розмірів недопоставок ресурсів над величиною резервів, але і від еластичності зв'язку

$$\frac{\Delta P_k}{P_k^o} = f\left(\frac{\Delta S_i}{S_i^o}\right).$$

Виявляється і прямий зв'язок між надійністю і еластичністю плану, а еластичність виступає як одна з можливостей регулювання надійності плану. На цій основі можна сформулювати широкий клас оптимізаційних задач в області управління надійністю плану.

Для того, щоб постановка задачі оцінки або оптимізації надійності плану була практично застосовною, необхідно ще й певне звуження масивів інформації, які підлягають недетермінованому опису, а саме: ресурсної частини, факторів, що визначають варіації витратних і вартісних коефіцієнтів, зниження похибки у визначенні детермінованих величин на віддалену перспективу.

5.2. Оцінка надійності плану випуску продукції

Як було показано, еластичність плану є одним із можливих факторів підвищення його надійності. Тому для побудови оцінки надійності плану необхідно розглянути зв'язок цих характеристик.

Припустимо, що при повному постачанні ресурсів, тобто при нульових недопоставках, випуск продукції характеризується вектором (P_k^0) . Будемо, як і раніше, задавати величину недопоставки ресурсів I розміром недопоставки ведучого (виділеного) I -го ресурсу при $S_i = 1$. Сформуємо дискретний ряд його недопоставок:

$$0 < \Delta S_1^1 < \Delta S_1^2 < \dots < \Delta S_1^H \quad (5.1)$$

Нехай деяким чином визначені ймовірності недопоставки:

Обсяг недопоставки	$\Delta S^0 = 0$	ΔS^1	...	ΔS^h	...	ΔS^H
Ймовірність недопоставки	g^0	g^1	...	g^h	...	g^H

де ймовірності g^h задовольняють умові $\sum_{h=0}^H g^h = 1$

Недопоставці виділеного ресурсу буде відповідати певний недовипуск продукції. Конкретні значення недовипуску продукції можна визначити по матриці нормативних характеристик еластичності. Математичне сподівання недовипуску продукції складе:

$$E(\Delta P_k) = \sum_{h=0}^H g^h \Delta P_k^h, \quad (5.2)$$

де ΔP_k^h – недовипуск продукції даного виду, відповідний недопоставці провідного ресурсу в обсязі ΔS_1^h . Нехай характеристику еластичності можна наближено апроксимувати лінійною залежністю

$$\frac{\Delta S_1^h}{S_1^0} = \bar{e}_{1k} \frac{\Delta P_k^h}{P_k^0},$$

де $\bar{e}_{1k}$ – середнє значення коефіцієнта еластичностi в дiапазонi $0 - \Delta S_1^H$.

Звiдки випливає, що надiйностi плану в умовах, коли випуск продукцiї встановлюється вiдповiдно до характеристики еластичностi, можна визначити таким чином:

$$H_k = 1 - \frac{E(\Delta P_k)}{P_k^0} = 1 - \frac{1}{\bar{e}_{1k}} E\left(\frac{\Delta S_1}{S_1^0}\right), \quad (5.3)$$

де $E\left(\frac{\Delta S_1}{S_1^0}\right)$ – математичне сподiвання вiдносноi недопоставки провiдного ресурсу.

З формули (5.3) випливає зв'язок еластичностi i надiйностi плану. При випуску K виду продукцiї загальна надiйностi плану буде характеризуватися вектором надiйностi $H = (H_k)$, $k \in K$, кожна компонента якого визначається спiввiдношенням (5.3). При цьому надiйностi виконання плану $H(C)$ по всiй номенклатурi продукцiї у вартiсному вираженнi можна визначити таким чином:

$$H(C) = 1 - \frac{\sum_k c_k E(\Delta P_k)}{\sum_k c_k P_k^0}, \quad (5.4)$$

де c_k – вартiсть одиницi k -ої продукцiї, або в розгорнутому виглядi:

$$H_C = 1 - \frac{1}{W} E\left(\frac{\Delta S_k}{S_k^0}\right) \sum_k \frac{c_k P_k^0}{e_{1k}} E, \quad (5.5)$$

де $W = \sum_k c_k P_k^0$ – валовий випуск продукцiї, встановлений планом.

Отже, надiйностi плану по всiй множинi випущеної продукцiї може бути збiльшена в тому числi i шляхом пiдвищення його еластичностi по випуску бiльш дорогої продукцiї. Однак бiльш доцiльним представляється визначення надiйностi плану в багатопродуктових завданнях через вектор надiйностi H .

Зауважимо, що у спiввiдношеннях (5.3) надiйностi плану повнiстю визначається трьома факторами: математичним сподiванням вiдносноi недопоставки провiдного ресурсу, величиною планового обсягу P_k^0 , усередненою нормою еластичностi. Отже, в (5.3) вiдсутнiй безпосереднiй вплив

таких факторів як резервування, маневреність плану, взаємозамінність продукції, ресурсів, технології, і багатьох інших. Пояснюється це тим, що всі названі фактори впливають на еластичність плану.

Враховуючи узагальнену форму відображення властивостей еластичності планів, можна сформулювати і деякі узагальнення щодо надійності плану. Надійність плану по випуску продукції буде дорівнювати

$$H = 1 - \|g_{ki}\| E\left(\frac{\Delta \vec{S}}{S^0}\right), \quad (5.6)$$

де $\|g_{ki}\|$ – матриця коефіцієнтів жорсткості;

$E\left(\frac{\Delta \vec{S}}{S^0}\right)$ – вектор математичних очікувань відносних недопоставок ресурсів.

5.3. Поняття про напруженість планів

Для реалізації цілої низки завдань аналізу і планування було б доцільно мати які-небудь вимірники, заходи, норми напруженості планових завдань. На жаль, цьому питанню приділено недостатню увагу. Розв'язання задачі кількісного виміру цієї категорії є актуальним, оскільки сприяє розкриттю кількісної взаємодії факторів, що визначають напруженість плану, а в подальшому – створення засобів управління напруженістю плану.

Один із можливих способів кількісної оцінки напруженості планів пов'язаний з використанням категорії їх надійності. Категорія напруженості є зворотною поняттю надійності плану, в цьому сенсі вона є оцінкою ризикованості плану. У вивченні структурних характеристик плану вона розглядається не як самостійна, а як доповнююча.

Очевидно, що **напруженість плану** в якомусь сенсі синонімічна *ймовірності його невиконання*.

Вона може бути пронормована (наприклад, в бальних оцінках) в залежності від ймовірності невиконання плану.

Звідси випливає, що напруженість плану тим вище, чим нижче його надійність.

Максимальній надійності планів відповідає мінімальна напруженість, але, що найважливіше, існує і оптимальна напруженість планів, відповідна оптимуму їх надійності. Саме цю оптимальну напруженість планів і слід встановлювати як норму напруженості для підприємств. Природно, що чисельні значення цієї норми будуть розрізнятися залежно від галузевої спрямованості, рівня ієрархії, рівня розвитку і регіонального положення економічної системи.

Отже, напруженість планів можна визначати одним із таких співвідношень:

$$N_k = A(1-H_k) \quad (5.7)$$

чи

$$N_k = B / H_k \quad , \quad (5.8)$$

де N_k – напруженість плану з випуску k -ої продукції;

H_k – надійність плану по випуску k -го виду продукції;

A і B – коефіцієнти бальності, за допомогою яких здійснюється переклад надійності плану в бальні оцінки напруженості.

Приклад.

Припустимо, що надійність планів для чотирьох різних підприємств деякої галузі промисловості розрахована (з урахуванням прийнятих заходів щодо резервування, підвищення еластичності планів та ін.) і становить: для 1-го підприємства – 0,999; для 2-го – 0,995, для 3-го – 0,99 і для 4-го – 0,95.

У цьому прикладі підприємство 1 має найбільш надійний план з розглянутого угруповання, а зі збільшенням номера підприємства надійність плану знижується.

Надійність плану є величиною безрозмірною. Далі для оцінки напруженості плану в балах за допомогою співвідношення (5.7) приймемо коефіцієнт $A = 1000$. Вибір коефіцієнта A здійснюється з міркувань зручності вимірювання напруженості плану в балах, і важливо лише, щоб він був однаковим для всіх економічних систем, які порівнюються. Тоді значення напруженості планів розглянутих чотирьох підприємств, які оцінені в балах, будуть 1, 5, 10 і 50 відповідно.

Структура співвідношення (5.7) і наведені бальні оцінки говорять про те, що при способі визначення напруженості плану і при високих рівнях надійності утворюються різкі відмінності рівнів напруженості планів при навіть відносно невеликих змінах їх надійності.

Зокрема, як видно з прикладу, при зміні надійності планів У діапазоні (0,999 – 0,95) напруженість плану змінюється в 50 разів. Очевидно, що такий спосіб визначення напруженості є жорстким і його доцільно використовувати в ситуаціях, коли надійність планів порівнюваних економічних систем змінюється незначно.

Співвідношення (5.8) дає можливість зменшити відмінності оцінок напруженості планів і, отже, здійснити більш «гладке» нормування. Зокрема, при $B = 100$ і використанні співвідношення (5.8) для наведених нижче значень надійності отримаємо показники, розміщені у табл. 5.1:

Таблиця 5.1 - Порівняння показників надійності та напруженості плану для підприємств

Номер підприємства	1	2	3	4
Надійність плану	0,999	0,995	0,99	0,95
Напруженість плану	100	105	111	118

Очевидно, що при використанні співвідношення (5.8) напруженість планів у чотирьох підприємств розрізняється на 18%. Очевидно, цей спосіб визначення напруженості плану доцільно використовувати в тих випадках, коли діапазон варіювання надійності планів широкий.

Отже, вибір того чи іншого способу оцінки напруженості плану визначається переважно міркуваннями зручності нормування, і важливо лише, що він ґрунтується на категорії надійності плану.

У розглянутій постановці задачі сукупність факторів, що визначають напруженість планів, є та ж, що і для оцінки їх надійності. Це перш за все фактори, що визначають еластичність плану, маневрені якості планових рішень, способи і рівні резервування, імовірнісні характеристики поставок різних видів ресурсів, необхідних для виконання плану. Отже, і способи управління напруженістю планів ті ж, що і способи управління характеристиками його надійності. Так, всі заходи, спрямовані на підвищення міри маневреності планів, їх еластичності, надійності (такі, як організація взаємозамінності ресурсів і

продукції, резервування і створення запасів, спрямоване зниження інерційності планових рішень тощо) приводять одночасно до зниження напруженості планів.

Важливо відзначити, що на рівень напруженості планів великий вплив має величина планового завдання P^0 . У співвідношенні (5.1) P^0 розглядається як детермінована величина обсягу випуску продукції, оптимальним чином збалансована з виділеним обсягом ресурсів.

Існують два способи визначення оптимальної напруженості планів.

Перший спосіб полягає в тому, що для заданого обсягу заходів (або при заданих сумарних витратах на ці заходи) за допомогою резервування, підвищення еластичності планів тощо обирається такий обсяг планового завдання, який відповідав би оптимуму надійності і одночасно напруженості плану.

У другому способі при заданому плановому завданні можна встановити такі обсяги коштів резервування, підвищення еластичності планів, поліпшення їх маневрених якостей, які відповідали б оптимуму напруженості. Можливі й інші задачі управління напруженістю планів.

Тому це дозволяє говорити про те, що при оцінці напруженості планів через їх надійність враховується широка сукупність факторів, які дійсно впливають на напруженість планових завдань. У цілому це фактори збалансованості відокремлених ресурсів з установленим плановим завданням в умовах, коли мірою збалансованості є надійність планів. Через норми витрат різних ресурсів може бути врахована напруженість завдань по впровадженню нової техніки і технології, проведення організаційних заходів тощо. Певні реалізаційні труднощі виникають внаслідок необхідності оцінити ймовірності поставок різного роду ресурсів у різних обсягах та ймовірності формування тих чи інших видаткових коефіцієнтів по ресурсах, зокрема, для оптимістичного та песимістичного варіантів плану.

Зокрема, можна використовувати метод експертних оцінок цих ймовірностей, метод їх укрупненої статистичної оцінки, нарешті, отримати статистичні закономірності розподілу ймовірностей.

Якщо напруженість плану по випуску k -ої продукції становить N_k , то напруженість плану випуску продукції в цілому становитиме:

$$N = \{N_k\}, k \in K, \quad (5.9)$$

Напруженість плану по валовому випуску продукції становитиме

$$N(C) = A(1 - H(C)) = \frac{A}{W} E\left(\frac{\Delta S_1}{S_1^0}\right) \sum_k \frac{c_k}{\bar{e}_{1k}} P_k^0, \quad (5.10)$$

а по структурі випуску всіх видів продукції

$$N(P) = A \|g_{ki}\| E\left(\frac{\Delta S_1}{S_1^0}\right) \quad (5.11)$$

Питання для самоконтролю:

1. Які існують способи управління плановими рішеннями?
2. Що розуміється під надійністю рішення?
3. Яким чином надійність плану визначається чисельно?
4. Що мається на увазі під поняттям напруженості плану?
5. Яким є чисельне вираження напруженості плану по окремому виду продукції та валовому випуску?

Змістовий модуль 4

Лекція 6. Комплексне дослідження рівнів еластичності, надійності, маневреності та гнучкості планових рішень

Мета: ознайомитися з сутністю та методологією моделювання соціально-економічних систем в умовах невизначеності даних за допомогою інструментарію нечіткої логіки.

План

- 6.1. Теорія нечіткої логіки (або теорія нечітких множин, або Fuzzy Logic): передумови, основні поняття, інструмент.
- 6.2. Переваги та недоліки методу.
- 6.3. Приклад застосування методу нечіткої логіки для аналізу інвестиційних проектів
- 6.4. Застосування методу нечіткої логіки за допомогою пакета MATLAB.

Перелік ключових термінів і понять: *теорія нечіткої логіки (або теорія нечітких множин, або FUZZY LOGIC), лінгвістична змінна, терм-множина, функція приналежності, фазифікація, дефазифікація, база правил системи нечіткого виведення.*

6.1. Теорія нечіткої логіки (або теорія нечітких множин, або Fuzzy Logic): передумови, основні поняття, інструмент

Теорія нечіткої логіки (або теорія нечітких множин, або Fuzzy Logic) – новий підхід до опису бізнес-процесів, у яких присутня невизначеність, що ускладнює і навіть виключає застосування точних кількісних методів і підходів.

Історія:

Теорія нечітких множин (fuzzy sets theory) бере свій початок з 1965 р., коли професор Лотфі Заде (Lotfi Zadeh) з університету Берклі опублікував основну роботу «Fuzzy Sets» в журналі «Information and Control».

Основні етапи формування теорії:

1 етап – *формування основних теоретичних постулатів* (1965 – початок 80-х рр.);

- Zadeh L.A. (1965, 1973);
- Dubois D., Prade H. (1979, 1980) – операції над нечіткими числами.

2 етап – *практичних розробок в різних сферах життя*, заснованих на нечіткій логіці; народження нового наукового напрямку в рамках нечіткої логіки «Fuzzy Economics» (1973 – початок 90-х рр.);

- Buckley, J. (1987,1992) – «Рішення нечітких рівнянь в економіці і фінансах» і «Нечітка математика в фінансах»;
- Kosko, Bart. (1993) – доведена основоположна FAT-теорема (Fuzzy Approximation Theorem), яка підтвердила повноту нечіткої логіки;
- і багато інших;

3 етап – *масового використання продукції*, в основі роботи яких лежить нечітка логіка (1995 – наш час). 48 японських компаній утворили спільну лабораторію LIFE (Laboratory for International Fuzzy Engineering – Міжнародна лабораторія розробок, заснованих на нечіткій логіці).

Основна відмінність методу:

Введення лінгвістичних змінних (суб'єктивних категорій).

Лінгвістичні змінні – змінні, які не можна описати за допомогою математичної мови, тобто їм складно надати точну (об'єктивну) кількісну оцінку. Наприклад, поняття «малий» і «середній» (кажучи про бізнес), «висока» або «низька» (про процентну ставку) не мають чіткої межі і не можуть бути представлені точним математичним описом.

Згідно Л. Заде, **лінгвістичною змінною** називається така змінна, значеннями якої є слова або речення природної мови.

У літературі нечітких множин лінгвістичні змінні також називають **термами** (а їх множини – **терм-множинами**, від англ. Term – називати).

Приклад 1.

Часто, для отримання інтегральної оцінки ризику недостатньо тільки значень зміни ціни, попиту та інших кількісних змінних. Необхідно також враховувати і багато якісних змінних, як наприклад, сила конкурентів, грамотність менеджменту, погодні умови (особливо актуально для будівельних проєктів). Так, для отримання чисельної оцінки лінгвістичної змінної «умови для проведення будівельних робіт» визначемо інтервал значень оцінки від 0 до 10, де 0 – найсуворіші умови, що заважають процесу проведення робіт. На основі здорового глузду й експертних оцінок, можна стверджувати, що якщо роботи планується вести в житловій зоні (де підвищені ризики) і в умовах відсутності

підготовчих робіт, то її оцінка буде коливатися від 0 до 3 балів, що буде означати суворі умови будівельних робіт. Якщо ж будувати будинок планується на вже підготовленому до роботи майданчику, в умовах сухої місцевості і далеко від житлових будинків, то оцінки змінної будуть набувати значень від 7 до 10 балів, що означає сприятливі умови будівельних робіт. Змінна набуде значення в інтервалі від 3 до 7 балів, якщо погодним умовам будуть притаманні як сприяючі, так і перешкоджаючі будівництву характеристики. Відповідні бали присвоюються або оцінювачами, або групою експертів, безпосередньо залучених до процесу аналізу інвестиційного проєкту.

Приклад 2.

Ще одним прикладом оцінки лінгвістичної змінної може бути нечіткість межі змінної «низька процентна ставка». Яка ставка відсотка по кредиту вважається низькою? Відповідь на це питання може бути знайдено шляхом опитування безлічі експертів. Так, ґрунтуючись на здоровій логіці, можуть бути отримані відповіді, наприклад, що ставка по кредиту менше 7% – низька, від 8 до 15% – середня, а від 16% і вище – висока. Отже, межі між цими уявленнями – нечіткі, розмиті, і поняття «низька вартість кредиту» є суб'єктивною оцінкою.

Основний інструмент методу:

функція приналежності.

Функція приналежності – інструмент перекладу лінгвістичних змінних на математичну мову для подальшого застосування методу нечітких множин.

Функцією приналежності є якась математична функція, що задає ступінь або впевненість, з якою елементи деякої множини належать заданій нечіткій множині А. Чим більше аргумент x відповідає нечіткій множині А, тим більше значення, тобто тим ближче значення аргументу до 1.

Підставою для побудови функції приналежності можуть слугувати експертні оцінки.

Приклад 3 (продовження прикладу 2).

На рис. 6.1 представлена функція приналежності для змінної «висока ставка відсотка», де по осі Х розташовуються значення ставки відсотка, а по осі У – значення функції приналежності для терм-множини «високий відсоток».

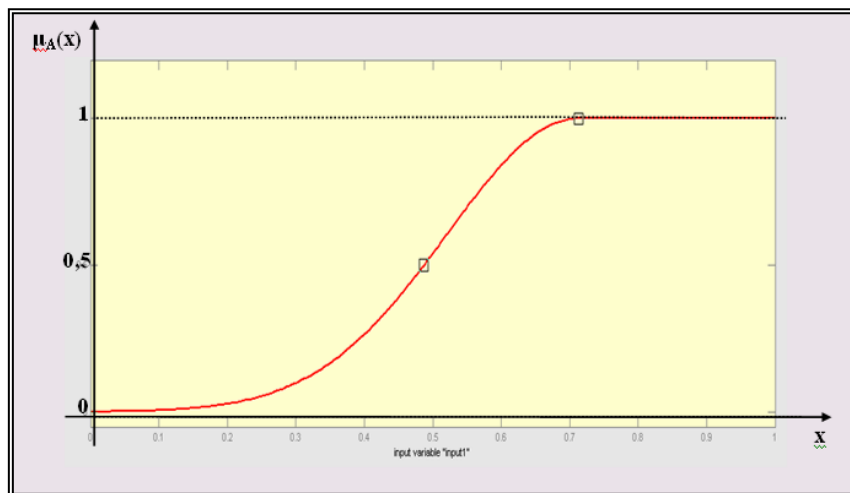


Рис. 6.1. Функція приналежності для змінної «висока ставка відсотка»

Оскільки значення від 16% і вище були визнані експертами як висока ставка відсотка, то функція приналежності набуває значення 1, що відповідає істинності приналежності відсотка терм-безлічі «високий відсоток». При значеннях відсотка від 0 до 7% (тобто низька ставка відсотка) значення функції приналежності дорівнює нулю. У проміжку від 7 до 16% функція приналежності монотонно зростає, тим самим, підвищуючи достовірність висловлювання при наближенні значень відсотка до 16%.

Види функцій приналежності.

Основні види функцій приналежності:

- трикутні;
- трапецієвидні;
- кусково-лінійні;
- дзвоноподібні (розподілу Гаусса);
- сігмоїдні.

Методи побудови функцій приналежності.

Виділяють дві групи методів побудови за експертними оцінками функцій приналежності нечіткої множини: прямі і непрямі методи.

Прямі методи характеризуються тим, що експерт безпосередньо задає правила визначення значень функції приналежності, що характеризує елемент x . Прикладами прямих методів є безпосереднє завдання функції приналежності таблицею, графіком або формулою. Недоліком цієї групи методів є велика частка суб'єктивізму.

У непрямих методах значення функції приналежності вибираються таким чином, щоб задовольнити заздалегідь сформульованим умовам. Експертна інформація є тільки вихідною інформацією для подальшої обробки. До групи цих методів можна віднести такі методики побудови функцій приналежності, як побудова функцій приналежності на основі парних порівнянь, з використанням статистичних даних, на основі рангових оцінок і т.д.

Передумови для аналізу за допомогою методу нечіткої логіки.

Оскільки теорія нечітких множин – окремий розділ математики, то він базується на своїх передумовах.

У роботі Л. Заде і Р. Беллмана вказані основні властивості, які повинні мати нечіткі множини:

- а. Нормальність.
- б. Унімодальність.
- с. Опуклість.

6.2. Переваги і недоліки методу нечітких множин

Використання методу нечітких множин дає низку *переваг*, тому що дозволяє:

- включати в аналіз якісні змінні;
- оперувати нечіткими вхідними даними;
- оперувати лінгвістичними критеріями;
- швидко моделювати складні динамічні системи і порівнювати їх із заданим ступенем точності;
- долати недоліки й обмеження існуючих методів оцінки проєктних ризиків.

Недоліки методу:

- існує суб'єктивність у виборі функцій приналежності і формуванні правил нечіткого введення;
- відсутність інформованості про метод, а також незначна увага до застосування методу професійними фінансовими установами;
- необхідність спеціального програмного забезпечення, а також фахівців, які вміють з ним працювати.

Незважаючи на недоліки і обмеження теорії, метод нечітких множин отримав визнання як перспективного і дає точні результати найбільшими міжнародними компаніями (Motorola, General Electric, Otis Elevator, Pacific Gas & Electric, Ford). Для України, а також ринків, що розвиваються, використання методу нечіткої логіки особливо перспективне. Аналіз ризиків на основі статистичних методів для більшої частини компаній, що недавно утворилися, не застосовується, тому що немає накопиченої статистичної інформації для отримання об'єктивних оцінок.

Отже, метод нечітких множин не виключає застосування статистичних методів, а стає інструментом, коли інші підходи до оцінки ризику неприйнятні.

Характерне застосування теорії нечітких множин до фінансового менеджменту такі:

- 1) аналіз ризику банкрутства підприємства;
- 2) оцінка ризику інвестиційного проєкту;
- 3) побудова оптимального портфеля цінних паперів і бізнесів;
- 4) оцінка справедливої вартості об'єктів (у тому числі об'єктів нерухомості);
- 5) оцінка інвестиційної привабливості акцій і облігацій;
- 6) аналіз необхідності та обґрунтованості ІТ-рішень.

6.3. Приклад застосування методу нечіткої логіки для аналізу інвестиційних проєктів

Трикутний вид функції приналежності – найчастіше використовуваний в практиці аналізу інвестиційних проєктів.

Трикутне число A задається за допомогою трьох параметрів: мінімальне значення (a), модальное (b) і максимальне (c), що відповідають песимістичному, базовому та оптимістичним сценаріями.

Математично трикутний вид функції приналежності можна описати, як $P_1 = (m_1, n_1) = (a_1 + \alpha \times (b_1 - a_1), c_1 + \alpha \times (b_1 - c_1))$, де при будь-якому α функція приналежності $\mu_A(X)$ набуває значення $m = a + \alpha \times (b - a)$, а $n = c + \alpha \times (b - c)$.

Основні операції над нечіткою множиною.

1. Додавання. $P_1 + P_2 = C = (m, n)$, де $m = m_1 + m_2$, $n = n_1 + n_2$.
2. Множення. $P_1 \times P_2 = C = (m, n)$, де $m = m_1 \times m_2$, $n = n_1 \times n_2$.

3. Ділення. $P_1 / P_2 = C = (m, n)$, де $m = m_1 / n_2$, $n = n_1 / m_2$, якщо P_1, P_2 додатні, та $m = m_1 / m_2$, $n = n_1 / n_2$, якщо P_1 від'ємні.

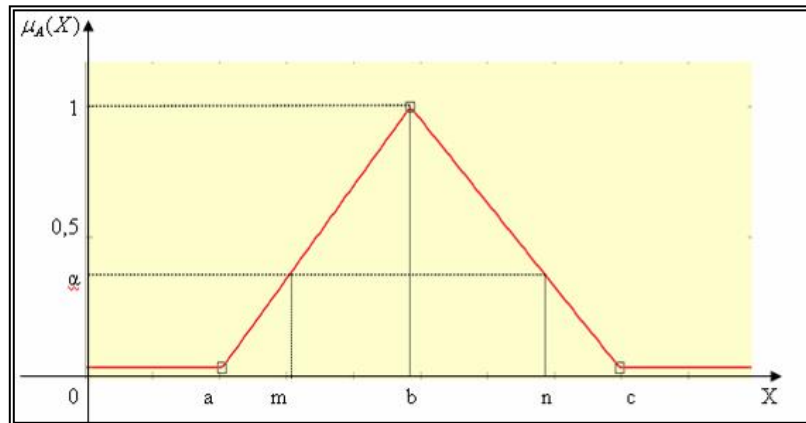


Рис. 6.2. Вид трикутної функції приналежності

Оцінка ризику на основі інтегральної оцінки ризику V&M (Воронова і Максимова)

Розглянемо будь-який інвестиційний проєкт, в якому NPV можна звести до трикутного числа $NPV = (NPV_1, \overline{NPV}, NPV_2)$,

де NPV_1 – чистий грошовий дохід (ЧГД) при оптимістичному сценарії;

NPV_2 – ЧГД при песимістичному сценарії;

$\overline{NPV}$ – очікуваний ЧГД.

G – критерій ефективності проєкту (зазвичай приймається рівним нулю).

Проєкт визнається прибутковим, якщо NPV більше заданого інвесторами критерію G .

Визначивши крайні значення ЧГД, можна описати функцію приналежності:

$$NPV_1 = \alpha(\overline{NPV} - NPV_{\min}) + NPV_{\min}$$

$$NPV_2 = NPV_{\max} - \alpha(NPV_{\max} - \overline{NPV})$$

$$V \& M^* = \int_0^{\alpha_1} \phi^*(\alpha) d\alpha, (*)$$

$$\text{де } \phi^*(\alpha) = \begin{cases} 0, & G \leq NPV_1 \\ \frac{G - NPV_1}{NPV_2 - NPV_1}, & NPV_1 < G < NPV_2 \\ 1, & NPV_2 \leq G \end{cases}$$

Обчисливши інтеграл, можна перетворити наведені вище рівняння до вигляду:

$$V \& M^* = \begin{cases} 0, & G < NPV_{\min} \\ R \times \left(1 + \frac{1-\alpha_1}{\alpha_1} \ln(1-\alpha_1) \right), & NPV_{\min} \leq G < \overline{NPV} \\ 1 - (1-R) \times \left(1 + \frac{1-\alpha_1}{\alpha_1} \ln(1-\alpha_1) \right), & \overline{NPV} \leq G < NPV_{\max} \\ 1, & NPV_{\max} \leq G \end{cases} \quad (**),$$

$$\text{де } R = \begin{cases} \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{\max} - NPV_{\min}}, & G < NPV_{\max} \\ 1, & NPV_{\max} \leq G \end{cases}$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & G < NPV_{\min} \\ \frac{G - NPV_{\min}}{\overline{NPV} - NPV_{\min}}, & NPV_{\min} \leq G < \overline{NPV} \\ \frac{NPV_{\max} - G}{NPV_{\max} - \overline{NPV}}, & \overline{NPV} \leq G < NPV_{\max} \\ 0, & NPV_{\max} \leq G \end{cases}$$

Оцінка:

- набуває значення від 0 до 1;
- кожен інвестор, виходячи зі своїх інвестиційних переваг, може класифікувати значення, виділивши для себе відрізок неприйнятних значень ризику.

Переваги методу:

- на основі теорії нечітких множин формується повний спектр можливих сценаріїв інвестиційного процесу;
- рішення приймається не на основі двох оцінок ефективності проєкту, а по всій сукупності оцінок;
- очікувана ефективність проєкту не є точковим показником, а являє собою поле інтервальних значень зі своїм розподілом очікувань, що характеризується функцією приналежності відповідного нечіткого числа.

Приклад 4.

Розглянемо інвестиційний проєкт з такими показниками:

- Проєкт буде здійснюватися протягом трьох років, $t = 3$;
- Розмір стартових інвестицій відомий точно і становить $I = 2$ млн. грн;
- Ставка дисконтування може коливатися в межах від 10% до 20% річних;

- Чистий грошовий потік планується в діапазоні від $CF_{\min} = 0$ до $CF_{\max} = 2$ млн. грн;
- Залишкова (ліквідаційна) вартість проєкту дорівнює нулю.

Застосуємо метод нечіткої логіки для аналізу ризику.

$$\text{Отже, } NPV_{\min} = -2 + \frac{0}{(1+0,2)^1} + \frac{0}{(1+0,2)^2} + \frac{0}{(1+0,2)^3} = -2$$

$$NPV_{\max} = -2 + \frac{2}{(1+0,1)^1} + \frac{2}{(1+0,1)^2} + \frac{2}{(1+0,1)^3} = 2,97 =$$

Оскільки $CF_{av} = 1$ млн., $R_{av} = 15\%$, то $NPV_{av} = 0,28$.

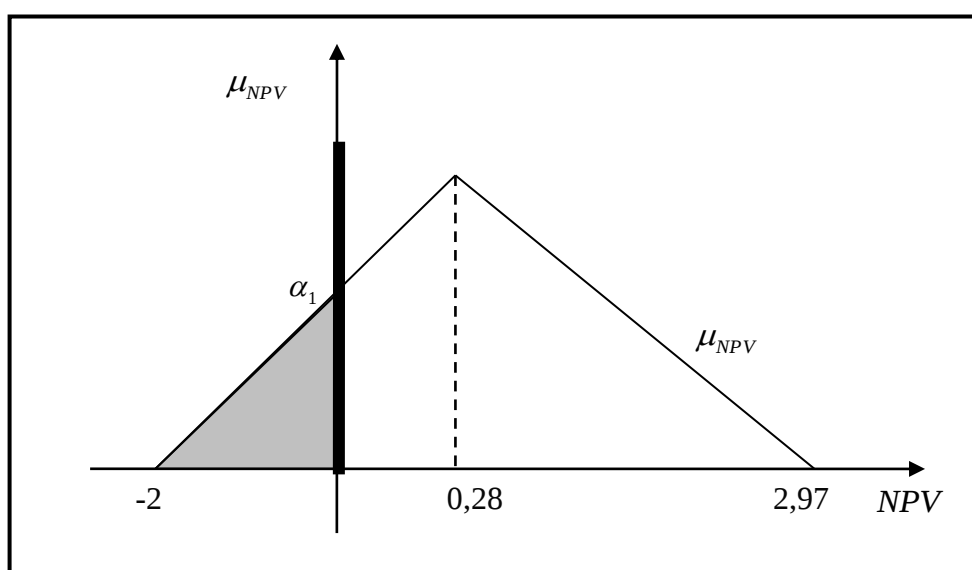


Рис. 6.3. Трикутна функція приналежності для NPV

Отже, трикутне число для Проєкту, що розглядається становить $NPV = (-2, 0,28, 2,97)$.

Оскільки $NPV_{\min} < G = 0 < \overline{NPV}$, то за формулою (**):

$$\alpha_1 = 0,8759, R = 0,402, V \& M^* = 0,283.$$

Ризик-менеджер може самостійно встановити шкалу неприйняття ризику, в залежності від додаткових параметрів проєкту і своїх переваг.

Якщо використати табл. 6.1, яка визначає таку шкалу, то можна зробити висновок, що ризик цього інвестиційного проєкту середній.

Таблиця 6.1. Терм-множина для визначення ступеню ризику

$V \& M$	Ступінь ризику	Рішення компанії відносно інвестування
----------	----------------	--

0 – 0,07	дуже низький	Точно прийняти проект
0,07 – 0,15	низький	Прийняти, але з обережністю і подальшим моніторингом
0,16 – 0,35	середній	Прийняти з обмеженнями
0,36 – 0,4	високий	Відхилити та переглянути проект
> 0,40	дуже високий	Відмовитись з впевненістю

6.4. Застосування методу нечіткої логіки за допомогою пакета MATLAB.

Говорячи про метод нечіткої логіки, найчастіше мають на увазі системи нечіткого виведення, які лежать в основі різних експертних і керуючих процесів. Основними етапами нечіткого виводу є:

1. Формування бази правил системи нечіткого виведення.
2. Фазифікації входних параметрів.
3. Агрегація.
4. Активізація підумов у нечітких правилах.
5. Дефазифікація.

Ця схема відноситься до алгоритму нечіткого висновку Мамдані, який один із перших знайшов застосування в системах нечітких множин.

Опускаючи математичні подробиці теорій нечітких множин, розглянемо основні особливості кожного з цих етапів, основні з яких зображені на прикладі рис. 6.4.

Розглянемо модель, що складається з трьох параметрів, де «А» і «В» – входні змінні, а «С» – вихідна. Причому, кожна зі змінних може набувати відповідні значення, тобто володіє своєю лінгвістично заданою терм-множиною, тобто $A = \{A_1, A_2, A_3\}$, $B = \{B_1, B_3\}$, $C = \{C_1, C_2, C_3\}$. Своєю чергою для кожної з терм-множини задається функція приналежності. Завдання нечіткого виведення для цього прикладу є визначення числового значення для вихідної змінної С.

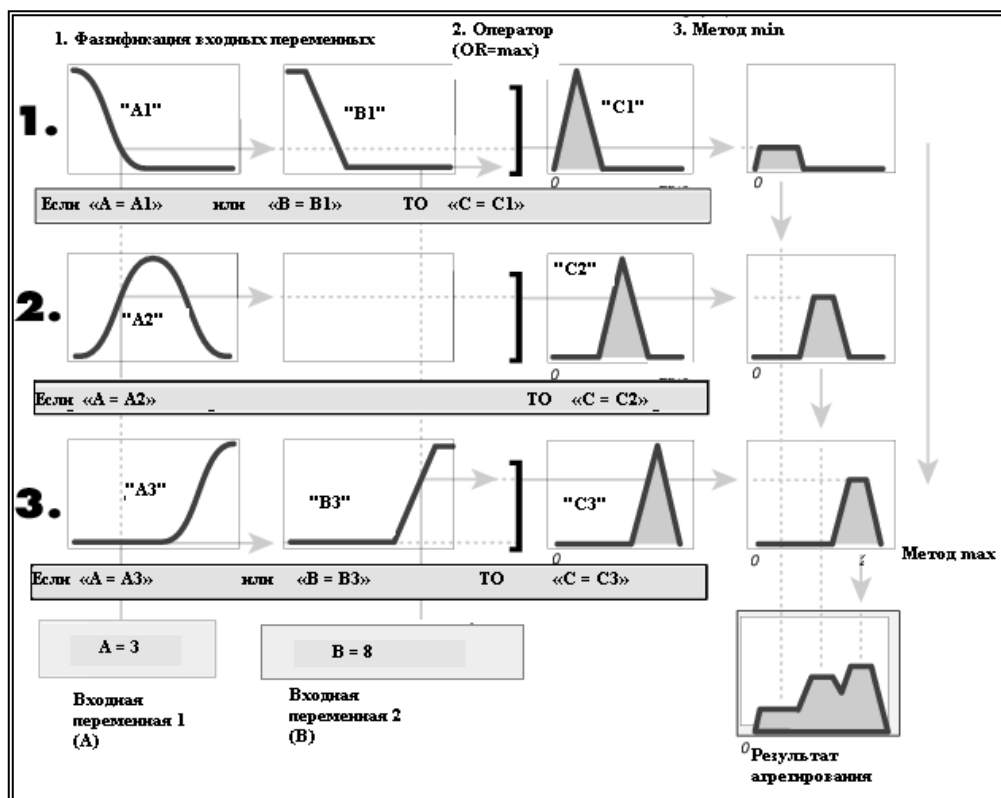


Рис. 6.4. Етапи нечіткого виведення

Формування бази правил системи нечіткого виводу

Процес формування бази правил нечіткого виводу є формальне подання емпіричних знань експерта в тій чи іншій проблемній області. Найбільш часто база правил має вигляд структурованого тексту:

Правило_1: Якщо «Умова_A1» або «Умова_B1», то «Наслідок_C1».
 Правило_2: Якщо «Умова_A2» або «Умова_B2», то «Наслідок_C2».
 ...
 Правило_n: Якщо «Умова_An» або «Умова_Bn», то «Наслідок_Cn»,

де «Умова_A1», «Умова_A2», ..., «Умова_An» та «Умова_B1», «Умова_B2», ..., «Умова_Bn» – входні лінгвістичні змінні,
 «Наслідок_C1», «Наслідок_C2», ..., «Наслідок_Cn» – вихідні лінгвістичні змінні.

Слід зазначити, що входні та вихідні лінгвістичні змінні вважаються визначеними, якщо для них задані функції приналежності. Так, на рис. 6.4 зображений етап формування трьох груп правил (етапи 1-3), де для кожної зі змінних задані функції приналежності.

Фазифікація вхідних параметрів

Фазифікацією, або введенням нечіткості, називається процес знаходження функції приналежності нечітких множин на основі звичайних вихідних даних. На цьому етапі встановлюється відповідність між чисельним значенням вхідної змінної системи нечіткого виведення і значенням функції приналежності відповідної їй лінгвістичної змінної. Для прикладу на рис. 6.4 групою експертів вхідна змінна «А» була оцінена в 3 бали за 10-бальною шкалою, а змінна «В» – у 8 балів. Причому оцінка в 0 балів показує «низьку» якість змінної (наприклад, погана якість продукції, низька репутація команди), а оцінка в 10 балів – «чудові» характеристики описуваного параметра (наприклад, вигідні умови кредитування, висока конкурентоспроможність товарів).

Агрегація

Метою цього етапу є визначення ступеня істинності кожного з підвисновків по кожному з правил систем нечіткого виводу. Далі це приводить до однієї нечіткої множини, яка буде призначена кожній вихідній змінній для кожного правила. Як правило логічного висновку зазвичай використовуються операції $\min$ (мінімум) або prod (множення). У логічному висновку за допомогою функції $\min$ приналежність висновку «відсікається» по висоті, що відповідає ступеню істинності передумови правила (нечітка логіка «І») (рис. 6.4).

Активізація підумови в нечітких правилах

Нечіткі підмножини, призначені для кожної вихідної змінної, об'єднуються разом, щоб сформувати одну нечітку підмножину для кожної змінної.

Дефазифікація

Отримані результати всіх вихідних змінних на попередніх етапах нечіткого виведення перетворюються в звичайні кількісні значення кожної з вихідних змінних. Дефазифікація нечіткої множини $C = \int_{\underline{x}; \bar{x}} \mu_A(x) / x$ за методом центра ваги

$$\text{здійснюється за формулою } c = \frac{\int_{\underline{x}}^{\bar{x}} x \times \mu_A(x) dx}{\int_{\underline{x}}^{\bar{x}} \mu_A(x) dx}.$$

Результати дефазифікації шляхом знаходження центру тяжіння фігури зображені на рис. 6.5.

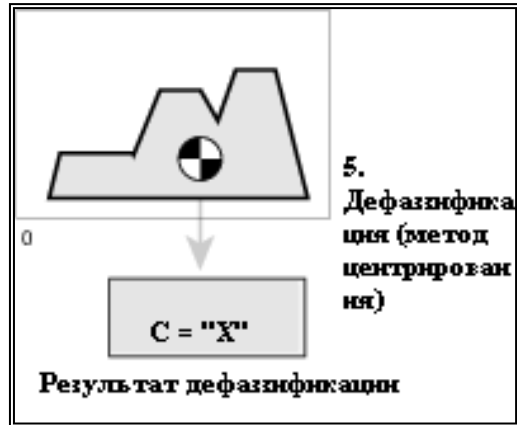


Рис. 6.5. Результати дефазифікації

Фізичним аналогом цієї формули є знаходження центра ваги плоскої фігури, обмеженої осями координат і графіком функції приналежності нечіткого множини.

Питання для самоконтролю:

1. Що є головною особливістю методу нечіткої логіки?
2. У яких випадках доцільно застосовувати метод нечіткої логіки?
3. Що є основним інструментом Fuzzy Logic?
4. Яким шляхом визначається вид функції приналежності?
5. Який алгоритм нечіткого висновку застосовується у пакеті MATLAB?
6. У якому вигляді задається база правил у пакеті MATLAB?
7. Що є фізичним аналогом процедури дефазифікації?

Приклад тестових завдань для поточного та підсумкового контролю:

1. Модель це:
 - а) спрощена копія оригіналу;
 - б) об'єкт, що заміщує оригінал і відбиває найбільш важливі для даного дослідження риси й властивості оригіналу;
 - в) опис деякого об'єкту, який важливий для прийняття рішень в економіці.

2. До цілей моделювання соціально-економічної системи (СЕС) належать:
 - а) тільки вивчення соціально-економічної системи;
 - б) тільки прогнозування поведінки соціально-економічної системи;
 - в) вивчення СЕС, прогнозування її поведінки та управління нею.

3. Який з вказаних принципів не належить до принципів математичного моделювання:
 - а) зменшення за умови збереження суттєвих властивостей об'єкта;
 - б) первинність об'єкта;
 - в) множинність моделей щодо об'єкта дослідження;
 - г) зумовленість моделі об'єктом.

4. Процес математичного моделювання СЕС містить шість основних етапів. Яка з наведених операцій не становить етап математичного моделювання:
 - а) корегування моделі, формування нових гіпотез;
 - б) розробка математичної моделі;
 - в) аналіз результатів модельних обчислень, порівняння їх з фактичними даними;
 - г) розробка концептуальної (змістовної) моделі;
 - д) вірної відповіді немає.

5. За наявності або відсутності випадкових впливів на об'єкт моделі поділяються на:
 - а) детерміновані, стохастичні;
 - б) статичні, динамічні,
 - в) дискретні, неперервні.

6. Модель вважається адекватною об'єкту-оригіналу (СЕС), якщо вона:

- а) з достатнім ступенем наближення (на рівні розуміння аналітика) відтворює закономірності процесу функціонування реальної економічної системи в зовнішньому середовищі;
- б) з недостатнім ступенем наближення (на рівні розуміння аналітика) відтворює вихідні дані;
- в) дає змогу довести гіпотезу аналітика щодо закономірності процесу функціонування реальної економічної системи в зовнішньому середовищі.

7. Під поняттям «система» розуміється:

- а) множину взаємопов'язаних елементів разом із відношеннями (зв'язками) між ними;
- б) множину елементів, які поєднані спільною метою;
- в) множину взаємопов'язаних елементів разом із відношеннями (зв'язками) між ними, які поєднані спільною метою.

8. Який зміст вкладається у термін «економіка»:

- а) термін «економіка» має два значення: економіка як наука та економіка як господарська система;
- б) термін «економіка» означає науку;
- в) термін «економіка» означає господарську систему.

9. Вкажіть вірне визначення поняття «соціально-економічна система»:

- а) це складна ймовірнісна динамічна система, що охоплює процеси виробництва, обміну, розподілу й споживання матеріальних та інших благ;
- б) це складна система, що охоплює процеси виробництва, обміну, розподілу й споживання матеріальних та інших благ;
- в) це складна динамічна система, що охоплює процеси функціонування економіки.

10. Які особливості не можна вважати особливостями економіки як об'єкта моделювання:

- а) в економіці неможливо використовувати моделі подібності, які широко застосовуються в техніці;
- б) в економіці можливо використовувати моделі подібності, які широко застосовуються в техніці;
- в) можливості локальних («чистих») економічних експериментів в економіці гранично обмежені.

11. Джерелами нестійкості плану є:

- а) зміни зовнішніх умов (можливостей) виконання плану;
- б) зміни внутрішніх умов виконання плану;
- в) зміна цільових настанов плану;
- г) всі наведені відповіді є вірними.

12. До внутрішніх способів управління еластичністю планів не належить:

- а) підвищення рівнів взаємозамінності ресурсів;
- б) підвищення рівнів взаємозамінності видів продукції, що виробляється;
- в) підвищення ступеню зарезервованості плану по ресурсам;
- г) підвищення рівнів взаємозамінності технологічних способів, що використовуються.

13. До динамічних властивостей плану не належать

- а) еластичність;
- б) інерційність;
- в) твердість;
- г) жорсткість.

14. Економічна інерційність розглядається як:

- а) реакція системи на зміну зовнішніх та внутрішніх умов реалізації плану, а також цільових його стратегій;
- б) реакція системи на заміну змінних;
- в) властивість економічної системи зберігати свої атрибути, структуру і напрями руху, поки певні сили не виведуть її з цього стану в інший;
- г) властивість системи повертатись до початкового стану незважаючи на збурення.

15. Маневреність розглядається як:

- а) реакція системи на змінення зовнішніх та внутрішніх умов реалізації плану, а також цільових його стратегій;
- б) реакція системи на заміну змінних;
- в) властивість економічної системи зберігати свої атрибути, структуру і напрями руху, поки певні сили не виведуть її з цього стану в інший;
- г) властивість системи повертатись до початкового стану незважаючи на збурення.

16. Метою моделювання динамічних властивостей в економіці є:

- а) визначення характеристик конкретного плану для прийняття рішення;
- б) визначення статичних характеристик прийнятого рішення у вигляді конкретного плану;
- в) визначення динамічних характеристик прийнятого рішення, яке вже презентовано у вигляді конкретного плану;
- г) визначення поведінки плану для прийняття рішення.

17. Під еластичністю плану (у загальному випадку) розуміється:

- а) його зміна для можливості реалізації кінцевих цілей;
- б) його здатність до певних змін без істотної втрати можливості реалізації кінцевих цілей;
- в) його нездатність до певних змін для можливості реалізації кінцевих цілей.

18. Укажіть властивість, яка не є характерною для економіки та її елементів як систем:

- а) складність структури (не «чиста» ієрархічність, подвійне підпорядкування, неформальність поділу);
- б) складні інформаційні процеси системоутворення;
- в) простота формулювання місії економічної системи, однозначність цілей і критеріїв ефективності;
- г) динамічність функціонування, постійний розвиток та трансформація;
- д) різноманітність діючих структур і різноманітність фізичної природи елементів системи.

19. Які з понять не визначають класи у класифікації соціально-економічних систем за їхніми маневреними та інерційними якостями:

- а) суб'єктивноманеврені (суб'єктивноінерційні);
- б) слабоманеврені (високоінерційні);
- в) середньоманеврені (середньоінерційні);
- г) високоманеврені (слабоінерційні).

20. До зовнішніх способів управління еластичністю планів не належить:

- а) ослаблення локальних обмежень;
- б) зниження вимог до рівня цільової функції;
- в) підвищення ступеню зарезервованості плану по ресурсам.

21. Надійність плану – це:

- а) ймовірність невиконання рішень, що в ньому містяться, за обсягами та строками;
- б) ймовірність виконання рішень, що в ньому містяться, за обсягами та строками;
- в) якісна характеристика виконання рішень, що в ньому містяться, за обсягами та строками.

22. Напруженість плану визначається:

- а) ймовірністю його виконання;
- б) ймовірністю його невиконання;
- в) дисперсією його невиконання;
- г) дисперсією його виконання.

23. До цілей моделювання соціально-економічної системи (СЕС) належать:

- а) тільки вивчення соціально-економічної системи;
- б) тільки прогнозування поведінки соціально-економічної системи;
- в) вивчення СЕС, прогнозування її поведінки та управління нею.

24. Які з відмінностей різних варіантів планів обумовлюють їх різну надійність:

- а) склад ресурсів, необхідних для виконання плану, їх поточна та можлива забезпеченість та ймовірність отримання в потрібному обсязі;
- б) складом технологічних заходів, передбачених у перспективному плані, і, відповідно, ймовірності їх виконання;
- в) склад і кількість внутрішніх і зовнішніх зв'язків системи, оскільки кожному із зв'язків ймовірний деякий критичний стан, що залежать від системи та від умов її функціонування;
- г) обсяг невизначеності і ймовірнісні властивості інформації, покладеної в основу розробки варіанту плану
- д) всі відповіді вірні.

25. Які з факторів не є факторами надійності:

- а) ресурсне забезпечення рішень;
- б) фактологічна історія рішення;
- в) технологічні рішення;

- г) організаційні рішення;
- д) інформаційне забезпечення;
- е) зовнішні та внутрішні зв'язки системи.

Рекомендована література

Навчальні підручники, посібники:

1. Антонюк А. О. Моделювання систем: навчальний посібник . Ірпінь: Університет ДФС України, 2019. 412 с.
2. Бродський Ю. Б., Молодецька К. В.. Моделювання економічної динаміки: підручник. Житомир : Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2016. 132 с.
3. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: навч. посібник. Київ: КНЕУ, 2003. 408 с.
4. Лавінський Г. В., Пшенишнюк О. С., Устенко С. В., Шарапов О. Д. Моделювання системних характеристик в економіці. Київ : ЕКМО, 2004. 169 с.
5. Полякова О. Ю., Милов А. В. Моделирование системных характеристик экономики: уч. пособ. Харьков : Изд. Дом «ИНЖЭК», 2006. 296 с.
6. Максишко Н. К. Моделювання системних характеристик в економіці : навч. посібник. Запоріжжя: ЗНУ, 2018. 128 с.
7. Швець С. В., Швець У. С. Основи системного аналізу : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2017. 126 с. (URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/51018/1/Shvets_analiz.pdf).
8. Сіднев С. П., Шарапов О. Д. Математичні методи підвищення якості управлінських рішень. Київ : Просвіта, 1997. 450 с.
9. Орлів М. С. Підготовка і прийняття управлінських рішень : навч.-метод. матеріали / упоряд. Г. І. Бондаренко. Київ : НАДУ, 2013. 40 с. (URL: http://academy.gov.ua/NMKD/library_nadu/Navch_Posybniky/52a015a3-5ad9-4fd6-8bf0-036e5711013d.pdf).

Монографії:

1. Воронков Д. К. Управління змінами на підприємстві: теорія та прикладні аспекти : монографія. Харків : ІНЖЕК, 2010. 340 с.
2. Коляда Ю.В. Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки: монографія. Київ: КНЕУ, 2011. 297 с.

Статті в наукових виданнях:

1. Сергієнко О. А., Машенко М. А., Баранова В. В. Моделювання нестійкості розвитку складних ієрархічних систем. *Проблеми економіки*. 2021. №1. С. 143 – 154.
2. Максишко Н. К. Оцінювання системних характеристик економічної динаміки на базі результатів комплексного фрактального аналізу. *Вісник Запорізького національного університету. Економічні науки*. 2011. №2 (10). С. 119–130.
3. Піскунова О. В. Моделювання життєздатності підприємства на основі системних характеристик. *Вісник СХУ ім. В. Даля*. 2010. № 8 (150). С. 210–216.
4. Піскунова О. В. Системні характеристики управлінських рішень у моделюванні динаміки малого підприємства. *Моделювання та інформаційні системи в економіці* : зб. наук. праць / відп. ред. В. К. Галіцин. 2011. Вип. 83. С. 220–235.
5. Нужна С. А. Математичне моделювання системних характеристик сільськогосподарських підприємств та об'єднань. *Питання прикладної математики і математичного моделювання*: зб. наук. пр. / ред. кол. ... О. М. Кісельова (голов. ред.) та ін. Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2012. С. 2019–229.
6. Гаркавенко С. С., Безсмертна Т. В. Аналіз методів оцінювання та прогнозування надійності як показника конкурентоспроможності взуття. *Вісник національного університету «Львівська політехніка»*. 2007. № 469. С. 189–194.
7. Maksyshko N., Vasylieva O., Polova A. Method of investment projects evaluation for territorial communities taking into account the concept of sustainable development. The Int. Conf. on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020) : E3S Web of Conferences, Vol. 166, 13020 (2020). DOI: [10.1051/e3sconf/202016613020](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016613020).
8. Ігнатова Ю. В. Ефективне управління економічними системами з урахуванням системних характеристик. *Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці та освіті*. Кривий Ріг : КЕІ ДВНЗ «КНЕУ ім. В. Гетьмана», 2008.

9. Bashtannik O., Polova A., Maksyshko N. Analysis and modeling of dynamics of revenues to the budgets of the united territorial communities of the Zaporizhzhia region. *Bulletin of Zaporizhzhia National University. Economic Sciences*. 2020. Iss. 3 (47). Pp. 126–135.
<http://journalsofznu.zp.ua/index.php/economics/article/view/1427>
10. Maksishko N., Pisotska A. Dynamics analysis of sustainable development indicators in Ukraine. *Bulletin of Zaporizhzhia National University. Economic Sciences*. 2020. Iss. 1 (45). Pp. 56–61.
<http://journalsofznu.zp.ua/index.php/economics/article/view/336/308>

Інтернет-посилання:

1. Ризик-менеджмент малого підприємства на підґрунті системних характеристик. URL:
<http://SECURITIES.USMDI.ORG/?P=22&N=87&S=910> .
2. Оцінка якості планів підприємства URL:
<https://studlib.info/ekonomika/57033-ocinka-yakosti-planiv-pidpriiemstva/> .
3. Ризик та системні властивості економічних рішень. URL:
<http://www.vuzlib.su/er/6.htm> .
4. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. URL:
<http://ukrstat.gov.ua>.

Використана література

1. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: навч. посібник. Київ: КНЕУ, 2003. 408 с.
2. Лавінський Г. В., Пшенишнюк О. С., Устенко С. В., Шарапов О. Д. Моделювання системних характеристик в економіці. Київ : ЕКМО, 2004. 169 с.
3. Полякова О. Ю., Милов А. В. Моделирование системных характеристик экономики: уч. пособ. Харьков : Изд. Дом «ИНЖЭК», 2006. 296 с.
4. Максишко Н. К. Моделювання системних характеристик в економіці : навч. посібник. Запоріжжя: ЗНУ, 2018. 128 с.

ДЛЯ НОТАТКІВ

Навчальне видання
(українською мовою)

Макшишко Наталія Костянтинівна

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОЦІАЛЬНО-
ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Конспект лекцій
для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (ступеня
доктора філософії) спеціальності 051 «Економіка» освітньо-наукової програми
«Економіка»

Рецензент *В.М. Порохня*
Відповідальний за випуск *Н.К. Максишко*
Коректор *В.В. Рянічева*