

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Конспект лекцій
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «доктор філософії»
денної, вечірньої та заочної форм здобуття освіти за спеціальністю
076 «Підприємництво та торгівля»

Електронний ресурс

Рецензенти:

В. І. Чобіток – професор, доктор економічних наук, професор кафедри маркетингу та торговельного підприємництва Навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;

О. В. Шкуренко – професор, доктор економічних наук, професор кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій Навчально-наукового інституту управління, технологій та правових наук Національного транспортного університету.

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 5 від 20 лютого 2026 року)*

М 74 **Моделювання** соціально-економічних процесів : конспект лекцій для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «доктор філософії» денної, вечірньої та заочної форм здобуття освіти за спеціальністю 076 «Підприємництво та торгівля» [Електронний ресурс] / уклад. І. П. Порсюрова. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2026. – (PDF 60 с.).

У конспекті лекцій розкрито теоретико-методологічні та аналітичні основи моделювання соціально-економічних процесів. Розглянуто теоретичні засади, що включають кількісні залежності, сутність моделювання, характеристики та класифікацію моделей, а також методологічні принципи їхньої побудови, такі як абстрагування, формалізація, верифікація та інтерпретація.

Окрему увагу приділено кількісним методам прогнозування соціально-економічних процесів, включаючи екстраполяційні методи, регресійний аналіз, економетричні моделі, особливості застосування часових рядів та індексних моделей, методи адаптивного прогнозування в умовах невизначеності, а також підходи до оцінки точності та надійності прогнозів.

Висвітлено економіко-статистичне моделювання як спосіб аналізу масових соціально-економічних явищ через застосування статистичних методів, таких як кореляційний, кластерний, факторний та дискримінантний аналіз. Розглянуто інтерпретацію результатів статистичного моделювання з урахуванням реальних соціально-економічних процесів. У другій частині конспекту представлено прикладні моделі в підприємницькій та управлінській діяльності, зокрема оптимізаційні моделі прийняття рішень та експертні методи моделювання.

Конспект лекцій орієнтований на здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктора філософії) денної, вечірньої та заочної форм навчання, які спеціалізуються в галузі торгівлі та підприємництва.

УДК 330.4 (076.3)

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2026

© Порсюрова І. П., уклад., 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
МОДУЛЬ 1. Теоретико-методологічні та аналітичні основи моделювання	7
Тема 1. Теоретичні основи моделювання соціально-економічних процесів	7
Тема 2. Кількісні методи прогнозування соціально-економічних процесів	20
Тема 3. Економіко-статистичне моделювання економічних процесів	30
Питання до модулю 1	37
МОДУЛЬ 2. Прикладні моделі в підприємницькій та управлінській діяльності	39
Тема 4. Оптимізаційні моделі прийняття рішень в підприємницькій діяльності	39
Тема 5. Експертні методи при моделюванні соціально-економічних процесів	48
Питання до модулю 2	57
Рекомендована література	59

ПЕРЕДМОВА

Особливістю сучасного соціально-економічного розвитку є його постійна динаміка та взаємозалежність різноманітних процесів, що зумовлює зростаючу потребу в глибокому розумінні механізмів їхньої взаємодії та інструментах ефективного аналізу. У цьому контексті дисципліна «Моделювання соціально-економічних процесів» набуває особливого значення для підготовки фахівців, здатних до системного мислення та прогнозування розвитку складних економічних систем на різних рівнях.

У межах даного конспекту лекцій розкриваються теоретико-методологічні та аналітичні основи моделювання соціально-економічних процесів. Розгляд починається з фундаментальних понять кількісних залежностей, сутності моделювання як наукового підходу та характеристики моделей як інструментів дослідження складних систем. Особливу увагу приділено класифікації моделей за різними критеріями та методологічним принципам їхньої побудови, що закладає міцний фундамент для подальшого вивчення дисципліни.

Мета вивчення дисципліни – формування у здобувачів третього рівня вищої освіти системних знань, науково-методологічних основ і практичних умінь щодо ідентифікації, аналізу та моделювання соціально-економічних процесів з використанням сучасних кількісних і якісних методів, а також розвиток здатності приймати обґрунтовані управлінські рішення в умовах невизначеності та динамічних змін зовнішнього середовища. Вивчення дисципліни дозволяє здобувачам освіти:

- опанувати кількісні методи моделювання та прогнозування соціально-економічних процесів;
- дослідити економіко-статистичне моделювання економічних процесів;
- застосовувати оптимізаційні моделі прийняття рішень в підприємницькій діяльності;
- формування теоретичних і практичних знань щодо експертних методів при моделюванні соціально-економічних процесів.

Основні завдання вивчення дисципліни полягають у тому, щоб надати здобувачам третього рівня вищої освіти цілісні знання з теорії та методології моделювання соціально-економічних процесів, а також сформулювати

практичні навички розробки, застосування й оцінювання відповідних моделей у складних умовах соціально-економічного середовища. Це передбачає:

- здатність критично осмислювати теоретичні підходи до моделювання соціально-економічних процесів;
- опанування методів кількісного та якісного аналізу для вивчення соціально-економічної динаміки;
- використання економіко-математичних і статистичних моделей для прогнозування та обґрунтування управлінських рішень;
- формування компетентностей у застосуванні оптимізаційних, імітаційних і експертних моделей для аналізу й вирішення актуальних соціально-економічних проблем.

Значна частина матеріалу присвячена кількісним методам прогнозування соціально-економічних процесів, включаючи екстраполяційні методи, регресійний аналіз, економетричні моделі, а також специфіку застосування часових рядів та індексних моделей. Розглядаються методи адаптивного прогнозування в умовах невизначеності та підходи до оцінки точності й надійності прогнозів. Крім того, конспект детально розкриває сутність економіко-статистичного моделювання як способу аналізу масових соціально-економічних явищ, застосування статистичних методів для побудови моделей та інтерпретацію отриманих результатів з урахуванням реальних економічних процесів.

Автори висловлюють сподівання, що представлений навчальний матеріал стане надійним підґрунтям для опанування студентами сучасних інструментів моделювання та сприятиме їхньому успішному професійному розвитку.

МОДУЛЬ 1.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА АНАЛІТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ

Тема 1. Теоретичні основи моделювання соціально-економічних процесів

- 1.1. Кількісні залежності в економічних процесах.
- 1.2. Поняття про моделювання.
- 1.3. Класифікація соціально-економічних моделей та методологічні принципи їх побудови.
- 1.4. Складання і вирішення економіко-математичної задачі.

1.1. Кількісні залежності в економічних процесах

Економічна діяльність підприємства являє собою складну систему взаємопов'язаних факторів різного характеру: соціально-економічних, технологічних, організаційних, ринкових та інших, кожен з яких певною мірою впливає на результати діяльності.

Основні техніко-економічні показники підприємства, такі як обсяг виробництва, собівартість, прибутковість, продуктивність, можуть значно змінюватися під впливом численних внутрішніх та зовнішніх факторів. З плином часу накопичується значний обсяг даних, що потребує ретельної обробки та аналізу для виявлення закономірностей.

На відміну від експериментів у природничих науках, економіка підприємства не завжди дозволяє проводити контрольовані експерименти для ізольованого вивчення впливу окремих факторів. Тому для визначення кількісного впливу різних факторів на основні показники підприємство використовує статистичний та економіко-математичний аналіз.

Метою такого аналізу є не лише систематизація факторів, але й дослідження їх взаємозв'язку для обґрунтування управлінських рішень та прогнозування майбутніх результатів. Будь-який процес на підприємстві характеризується динамікою та відповідними змінами, які з кількісної точки зору можна розглядати як взаємодію змінних величин. В економіці підприємства це проявляється як зв'язок або залежність між різними показниками. Наприклад, інвестиції в нове обладнання (одна змінна) можуть призвести до збільшення обсягу виробництва (інша змінна).

Результативний показник діяльності підприємства (Y) формується під впливом різних незалежних змінних (X_i) – факторів виробництва, ринкових умов тощо. Між цими змінними існує певний зв'язок, який можна описати функціонально, якщо встановлено, що вони характеризують одне й те саме явище, і можна побудувати функцію, яка відображає зміну однієї змінної під

впливом іншої. Наприклад, збільшення витрат на рекламу на певну суму може призвести до прогнозованого зростання обсягу продажів.

Розрізняють причинні зв'язки (вплив одного фактора на інший) та функціональні зв'язки, які відображають залежність між величинами в процесі їхньої зміни, де кожному значенню однієї величини відповідає лише одне значення іншої. Форма функціональної залежності може бути різною: лінійною, нелінійною, прямою, оберненою.

Проте, діяльність підприємства часто характеризується складними взаємозв'язками, коли один показник залежить від іншого, який, у свою чергу, залежить від ще ряду факторів. Для отримання достовірної інформації про ці зв'язки необхідний аналіз значного обсягу даних та визначення усереднених показників. Середнє значення є наближенням, але воно відображає загальні тенденції. Зв'язок між усередненими величинами називається кореляційним. На відміну від функціонального зв'язку, який проявляється в кожному окремому випадку, кореляційний зв'язок проявляється лише в середньому для всієї сукупності даних і відображає ймовірнісні закономірності.

Більшість економічних процесів на підприємстві характеризуються саме кореляційними залежностями. Однак для кількісного аналізу більш зручною є функціональна залежність, яка може бути виражена математично. Тому кореляційний зв'язок часто намагаються представити у вигляді певної функції.

Розуміння закономірностей кількісних залежностей в економічних процесах є надзвичайно важливим для підприємства. Без цього неможливе науково обґрунтоване планування, прийняття обґрунтованих управлінських рішень та прогнозування майбутніх результатів діяльності для досягнення бажаних виробничих та фінансових показників.

Усі явища соціально-економічних систем та процесів існують не ізольовано, а у нерозривному взаємозв'язку, тобто залежать одне від одного, тому вивчення взаємозв'язків та вимірювання причинних залежностей є важливим завданням управління. Причинна залежність являє собою головну форму закономірних зв'язків, проте причина сама по собі не визначає повною мірою наслідку; останній залежить також і від умов, у яких діє причина. Тому для виникнення наслідку необхідні і причини, і умови, тобто фактори. Ознака, яка характеризує наслідок, називається результативною, а та, що характеризує фактор, – факторною.

Визначення зв'язків між явищами дає змогу перейти від констатації фактів до пояснення і використання їх на практиці. Визначення взаємозв'язків дозволяє обчислювати науково обґрунтовані прогнози.

В.П. Вашків зазначає, що «... одним із найзагальніших законів об'єктивного світу є закон загального зв'язку і залежності між явищами

суспільного життя. Ці явища найскладніші, оскільки вони формуються під дією численних і взаємопов'язаних факторів. Всі явища суспільного життя існують неізолювано, вони органічно пов'язані між собою, залежать одні від одних, зумовлюють одні одних і безперервно рухаються та розвиваються...». Наприклад, рівень товарообороту складається із добутку ціни реалізованої продукції на кількість реалізованої продукції. Тобто із зміною рівня ціни реалізації чи фізичного обсягу реалізації призводить до зміни рівня товарообороту. У даному випадку рівень ціни та рівень фізичного обсягу виступають певними факторами, які спричиняють зміну наслідку (рівень товарообороту). У статистиці ознаки, що формують фактори називають *факторними ознаками* і їх позначають (x). Ознаки, які формують наслідки називаються *результативними* їх записують через (y). Причини (фактори) та наслідки пов'язані безперервними ланцюгами прямо або опосередковано, як зображено на рис. 1.1, який називають графом зв'язку.

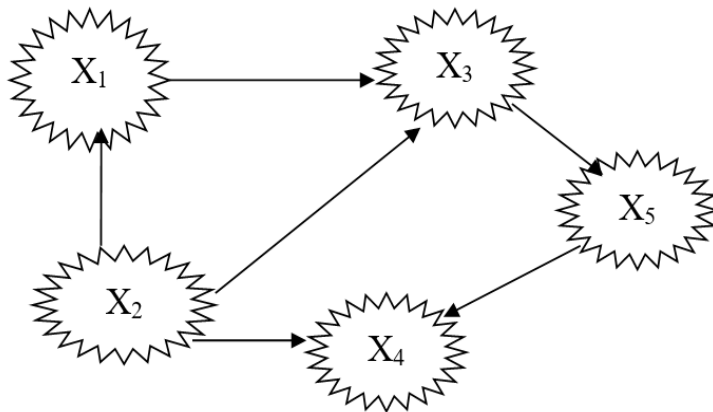


Рис. 1.1. Граф зв'язку між показниками

Із даного рис. 1.1 видно, що явище x_1 є причиною (фактором) формування явищ x_2 , x_3 , x_5 . Із них, в свою чергу, явище x_3 , впливає на x_4 , а x_4 — на x_5 . Поряд із причинними зв'язками існують зв'язки паралельних явищ, на які впливає спільна причина. Це зв'язок між x_2 і x_3 , які мають спільну причину (фактор) виникнення x_1 .

Для більш конкретного прикладу позначимо:

- x_1 — фізичний обсяг реалізованої продукції;
- x_2 — ціна реалізації одиниці продукції;
- x_3 — виручка від реалізації;
- x_4 — прибуток підприємства;
- x_5 — сума сплачених податків підприємством.

У результаті отримаємо фактичний граф взаємозв'язку — замість значень підставляємо конкретні визначення.

Трактуючи закони ринку, зокрема закон «попиту і пропозиції», кількість продукту на ринку формує його ціну. А це означає, що фізичний

обсяг реалізації впливає на утворення ціни даної продукції. У свою чергу, кількість реалізованої продукції і ціна реалізації одиниці продукції формують рівень виручки від реалізації, що неодмінно впливає на формування рівня прибутку підприємства. Одержаний прибуток підприємства підлягає оподаткуванню, тобто від розміру одержаного прибутку залежить сума податків, яке підприємство сплатить до бюджету. Із вищесказаного випливає, що причинними зв'язками в даному випадку виступають:

- фізичний обсяг реалізованої продукції – ціна реалізації одиниці продукції;
- ціна реалізації одиниці продукції – виручка від реалізації;
- виручка від реалізації – прибуток підприємства;
- прибуток підприємства – сума сплачених податків;
- фізичний обсяг реалізованої продукції – виручка від реалізації, а паралельними: фізичний обсяг реалізації, прибуток підприємства – сума сплачених податків.

Аналіз характеру взаємозв'язків та оцінки сили впливу факторів на результат є передумовою розробки науковообґрунтованих управлінських рішень, прогнозування й регулювання складних соціально-економічних явищ, процесів.

1.2.Поняття про моделювання

Моделювання – це відтворення або імітація поведінки будь-якої реально існуючої системи на спеціально побудованому за певними правилами її аналога або моделі. Моделювання в економіці суттєво відрізняється від процесів моделювання техніки, це чисто теоретичний процес, який вимагає від дослідника глибоких знань проблеми, яка вивчається, вміння правильно врахувати і зафіксувати в моделі ті фактори, які відображають її економічну сутність. Окрім цього, дослідник повинен добре володіти знаннями і вмінням проводити математичний аналіз і вміти математично інтерпретувати зв'язки, залежності між результативними показниками і факторами, які на них впливають.

Математичне моделювання економічних процесів передбачає наступні етапи:

- 1) вивчення сутності економічного процесу з літературних джерел і на конкретному прикладі;
- 2) постановка економіко-математичної задачі;
- 3) вибір математичного методу вирішення задачі;
- 4) формалізація планово-економічної задачі;
- 5) аналіз кількісних залежностей параметрів задачі;
- 6) побудова структурної математичної моделі задачі;

7) отримання, обробка та встановлення достовірності необхідної інформації;

8) побудова розширеної економіко-математичної моделі задачі та її корегування в метод вирішення;

9) вирішення задачі;

10) аналіз результатів вирішення задачі і корегування економіко-математичної задачі;

11) вирішення задачі по скорегованій моделі;

12) економічний аналіз різних варіантів і вибір проєкту розвитку економічного процесу.

Моделювання економічного процесу треба починати з ретельного вивчення його за різними джерелами інформації. При цьому необхідно виявити зовнішні і внутрішні зв'язки економічного процесу, встановити які потреби задовольняються результатами, що отримуємо, які потрібні ресурси, за допомогою яких технологічних способів ресурси перетворюються в продукцію.

Слід досконало вивчити природно-економічне середовище (попит, пропозицію товарів на регіональному ринку), встановити, на який плановий період повинно бути змодульовано цей проєкт. Великого значення набуває правильна постановка економіко-математичної задачі. Слід добре знати обчислювальні можливості існуючих математичних методів. В постановці задачі повинна бути чітка відповідь, що в ній є невідомим, що треба шукати, яка переслідується мета, на які питання необхідно відповісти, які відносини треба передбачити.

Вибір математичного методу вирішення задачі залежить від розвитку вичислювальної математики і класу задачі. Зараз із усіх методів математичного програмування найбільш розроблені і доступні методи лінійного програмування.

При формалізації економічного процесу слід встановити перелік його характеристик і проаналізувати їх зв'язки. Кількісні зв'язки і співвідношення є відображенням якісної природи економічних систем і процесів, тому математичне програмування передбачає глибокий якісний аналіз умов в яких вони функціонують, виявлення всієї сукупності факторів, дослідження їх взаємозв'язків і взаємного впливу.

Розробка математичної моделі задачі передбачає побудову спеціальної таблиці, в якій всі економічні, технологічні і інші умови і вимоги представлені у вигляді системи нерівностей і рівнянь, які об'єднані єдиною цільовою функцією.

Математична модель повинна чітко виражати цільову установку задачі і відповідати вибраному математичному методу, програмі вирішення задачі, допускати альтернативні вирішення. На цьому етапі математичного

моделювання мета задачі, економічні умови, зовнішні і внутрішні зв'язки виражаються в алгебраїчній формі. Ця стадія моделювання називається математичною інтерпретацією планово-економічної задачі.

Послідовність побудови економіко-математичної моделі може бути різною, але найбільш доцільно спочатку сформулювати критерій оптимальності і побудувати цільову функцію, потім визначити види виробничої діяльності та їх інтенсивність, встановити склад обмежень і розробити техніко-економічні коефіцієнти.

Вибір критерію оптимальності диктується економічною сутністю задачі. Він формується у вигляді функції від вхідних і вихідних змінних, від параметрів задачі, значення якої досягає максимуму або мінімуму при заданих конкретних умовах, які враховані в моделі. У відповідних економічних умовах можуть бути використані і інші критерії максимум вартості валової продукції, максимум валового доходу, мінімальна собівартість, мінімальні витрати праці інших ресурсів і інші).

Розуміння та правильне визначення виду діяльності є фундаментальним етапом при моделюванні економічних процесів на підприємстві:

1. Визначення меж моделі та її цільового призначення:

– Фокус моделювання – вид діяльності підприємства визначає, які саме економічні процеси будуть охоплені моделлю. Наприклад, модель виробничого підприємства, що спеціалізується на машинобудуванні, матиме суттєві відмінності від моделі торговельного підприємства, що надає послуги. Відповідно, акцент при моделюванні буде зроблено на різних аспектах: для виробничого підприємства це може бути оптимізація виробничих потужностей, управління запасами, собівартість продукції; для торговельного – управління закупівлями, логістика, ціноутворення; для сфери послуг – управління персоналом, якість обслуговування, завантаженість ресурсів.

– Цілі моделювання – чітке розуміння виду діяльності допомагає визначити конкретні цілі моделювання. Наприклад, метою може бути прогнозування обсягів продажів, оптимізація витрат, оцінка інвестиційних проектів, аналіз чутливості до змін ринкових факторів. Вид діяльності безпосередньо впливає на те, які питання необхідно дослідити за допомогою моделі та які результати очікуються.

2. Ідентифікація основних елементів та взаємозв'язків:

– Визначення вхідних та вихідних параметрів – вид діяльності підприємства визначає основні ресурси, що використовуються (матеріали, обладнання, персонал, фінанси), та кінцеві продукти або послуги, які є результатом економічних процесів. Це дозволяє чітко ідентифікувати вхідні та вихідні параметри моделі.

- Виявлення основних бізнес-процесів – кожен вид діяльності характеризується специфічними бізнес-процесами (виробництво, закупівлі, збут, маркетинг, управління персоналом тощо). Модель повинна відображати ці ключові процеси та їхню взаємодію. Розуміння виду діяльності допомагає визначити послідовність етапів, відповідальних осіб та інформаційні потоки між цими процесами.

- Встановлення причинно-наслідкових зв'язків – аналіз виду діяльності дозволяє виявити основні фактори, що впливають на результативні показники. Наприклад, для сільськогосподарського підприємства це можуть бути погодні умови, якість ґрунту, застосування добрив; для ІТ-компанії – кваліфікація розробників, обсяг інвестицій в дослідження та розробки. Модель повинна враховувати ці причинно-наслідкові зв'язки для адекватного відображення реальності.

3. Вибір відповідного інструментарію та методології моделювання:

- Тип моделі – залежно від виду діяльності та цілей моделювання, може бути обрано різні типи моделей: статистичні, імітаційні, оптимізаційні, економетричні тощо. Наприклад, для прогнозування попиту на продукцію торговельного підприємства можуть використовуватись моделі часових рядів, а для оптимізації виробничого розкладу – моделі лінійного програмування.

- Вибір змінних та параметрів – вид діяльності визначає набір змінних та параметрів, які будуть включені до моделі. Для фінансової моделі банку основними будуть кредитні ставки, депозити, активи; для моделі транспортного підприємства – вартість палива, тарифи, пасажиропотік.

- Специфікація функціональних залежностей – характер зв'язків між змінними може суттєво відрізнятися залежно від виду діяльності. Наприклад, залежність між обсягом інвестицій та зростанням прибутку може бути нелінійною і мати різну форму для різних галузей.

4. Забезпечення адекватності та практичної цінності моделі:

- Релевантність – модель, побудована з урахуванням специфіки виду діяльності, буде більш релевантною для прийняття управлінських рішень. Вона відображатиме основні особливості функціонування підприємства та його оточення.

- Точність – чітке розуміння виду діяльності сприяє більш точному визначенню параметрів моделі та встановленню коректних залежностей між змінними, що підвищує точність прогнозів та аналізу.

- Практичне застосування – модель, розроблена з урахуванням виду діяльності, буде більш зрозумілою та корисною для керівництва та фахівців підприємства, оскільки вона відображатиме визначені бізнес-процеси та показники.

Отже, формування виду діяльності є відправною точкою для будь-якого якісного моделювання економічних процесів. Воно визначає фокус, цілі, структуру, інструментарій та практичну цінність майбутньої моделі, забезпечуючи її адекватність та ефективність у вирішенні конкретних управлінських завдань підприємства.

Розширена модель корегується з урахуванням вибраного методу вирішення. Отримані результати вирішення задачі аналізують і, якщо треба, в економіко-математичну модель вносять необхідні корективи і задачу вирішують знову. Змінюючи умови задачі і критерій оптимальності, можна розрахувати декілька варіантів рішень. Аналізують різні варіанти вирішень і вибирають найбільш доцільний проєкт оптимального плану.

1.3. Класифікація соціально-економічних моделей та методологічні принципи їх побудови.

Соціально-економічні моделі є потужним інструментом для аналізу, прогнозування та управління складними економічними системами на різних рівнях. Їх різноманітність зумовлює необхідність класифікації за певними ознаками, що допомагає в їх розумінні та застосуванні.

Соціально-економічні моделі можуть бути класифіковані за наступними ознаками:

1. За рівнем агрегування:

- Макроекономічні моделі – описують економіку на рівні національної держави або великих регіонів. Вони агрегують поведінку окремих господарюючих суб'єктів та зосереджуються на таких показниках, як ВВП, інфляція, безробіття, державний бюджет, платіжний баланс тощо. Прикладами є моделі загальної рівноваги, моделі економічного зростання (наприклад, модель Солоу), моделі IS-LM.

- Мікроекономічні моделі – аналізують поведінку окремих економічних агентів (домогосподарств, фірм) та їхню взаємодію на окремих ринках. Вони досліджують такі аспекти, як споживчий вибір, поведінка фірми, ринкова структура, ціноутворення, попит та пропозиція. Прикладами є моделі поведінки споживача (теорія корисності), моделі виробництва (виробнича функція), моделі ринкової конкуренції (досконала, монополістична, олігополія, монополія).

- Мезоекономічні моделі – займають проміжне положення між макро- та мікроекономікою, досліджуючи галузі економіки, окремі сектори, регіональні економічні системи або міжгалузеві комплекси. Вони можуть аналізувати міжфірмову співпрацю, кластери, регіональний розвиток, ринки

окремих товарів та послуг. Прикладами є моделі міжгалузевого балансу, моделі промислових кластерів.

2. За характером даних – включає тип інформації, що використовується для побудови та верифікації моделі:

- Статистичні (економетричні) моделі – базуються на аналізі емпіричних даних, зібраних за певний період часу або на певній вибірці об'єктів. Вони використовують статистичні методи (регресійний аналіз, кореляційний аналіз, аналіз часових рядів) для виявлення кількісних залежностей між економічними змінними та побудови прогнозів. Прикладами є моделі прогнозування інфляції, моделі залежності попиту від ціни та доходу, моделі впливу інвестицій на економічне зростання.

- Теоретичні (логічні) моделі – ґрунтуються на певних економічних теоріях, припущеннях та логічних міркуваннях. Вони можуть бути представлені у вигляді математичних рівнянь, графіків або словесного опису. Їхнє призначення полягає у поясненні економічних явищ, виявленні причинно-наслідкових зв'язків та формулюванні гіпотез для подальшої емпіричної перевірки. Прикладами є модель раціональних очікувань, модель кругообігу доходів і витрат, модель порівняльних переваг.

- Імітаційні моделі – відтворюють поведінку складної економічної системи шляхом моделювання взаємодії великої кількості її елементів (агентів) у часі. Вони дозволяють досліджувати динаміку системи, оцінювати наслідки різних управлінських рішень або зовнішніх впливів у ситуаціях, коли аналітичне розв'язання є складним або неможливим. Прикладами є агент-орієнтовані моделі, системна динаміка.

3. За цільовим призначенням – відображає основну мету створення та використання моделі:

- Описові (дескриптивні) моделі – призначені для відображення та пояснення існуючих економічних процесів та структур. Вони допомагають краще зрозуміти функціонування економічної системи, виявити основні взаємозв'язки та закономірності.

- Прогнозні (предиктивні) моделі – використовуються для передбачення майбутніх значень економічних показників на основі аналізу історичних даних та існуючих тенденцій. Вони є важливим інструментом для прийняття рішень у сфері державного управління та бізнесу.

- Нормативні (оптимізаційні) моделі – спрямовані на визначення найкращих (оптимальних) способів досягнення певних економічних цілей за наявних обмежень. Вони використовуються для розробки економічної політики, оптимізації виробничих процесів, управління ресурсами тощо. Прикладами є моделі оптимізації портфеля інвестицій, моделі максимізації прибутку фірми, моделі оптимального розподілу державних ресурсів.

Побудова ефективних соціально-економічних моделей ґрунтується на дотриманні певних методологічних принципів:

- Абстрагування – цей принцип передбачає спрощення реальної економічної системи шляхом виокремлення найважливіших елементів та зв'язків і відкидання другорядних деталей. Ступінь абстрагування залежить від цілей моделювання та складності досліджуваного явища. Абстрагування дозволяє зробити модель більш керованою та зрозумілою, але існує ризик надмірного спрощення, що може призвести до втрати важливих характеристик реальності.

- Формалізація – цей принцип полягає у представленні абстрагованих економічних явищ та їхніх взаємозв'язків у формальному вигляді – за допомогою математичних рівнянь, графіків, алгоритмів або символічних позначень. Формалізація забезпечує точність, однозначність та можливість кількісного аналізу моделі. Вибір конкретної форми формалізації залежить від типу моделі та характеру досліджуваних залежностей.

- Верифікація – цей принцип передбачає оцінку адекватності та надійності побудованої моделі. Верифікація включає перевірку її внутрішньої логічної узгодженості, відповідності теоретичним засадам, а також її здатності відтворювати емпіричні дані (для статистичних та імітаційних моделей). Для верифікації використовуються різні методи, включаючи статистичні тести, експертні оцінки, порівняння з іншими моделями.

- Інтерпретація результатів – цей принцип полягає у змістовному поясненні результатів, отриманих за допомогою моделі, у контексті досліджуваного економічного явища. Інтерпретація вимагає розуміння припущень, обмежень та можливостей моделі. Важливо не лише отримати кількісні результати, але й якісно їх проаналізувати, визначити їхнє практичне значення та можливі наслідки.

Дотримання цих методологічних принципів є запорукою побудови якісних та корисних соціально-економічних моделей, які можуть слугувати надійним інструментом для наукових досліджень та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

1.4. Складання і вирішення економіко-математичної задачі.

На рівні підприємства, економічні процеси відображають трансформацію ресурсів (матеріальних, фінансових, трудових) у готову продукцію або послуги. Для ефективного управління цією трансформацією створюються економіко-математичні моделі, які дозволяють аналізувати та оптимізувати використання ресурсів.

Саме поняття моделі є універсальним науковим інструментом, що застосовується в різних сферах. В економіці підприємства моделювання є важливим для глибокого розуміння специфіки його діяльності, виявлення важливих залежностей та прийняття обґрунтованих рішень.

Важливо розуміти, що модель є спрощеним відображенням реального економічного процесу, а не його точною копією. Вона зосереджується на суттєвих взаємозв'язках, абстрагуючись від некритичних деталей. Таким чином, модель є умовним, абстрактним образом, що відображає основні закономірності функціонування підприємства.

У процесі побудови моделі відбувається абстрагування не лише від другорядних зв'язків, але й від конкретних якісних характеристик ресурсів та точних значень величин. Основні характеристики та властивості діяльності підприємства фіксуються за допомогою алгебраїчних формул, найчастіше у вигляді рівнянь або нерівностей.

Економіко-математичною моделлю підприємства називають представлення всіх основних характеристик та властивостей його економічних процесів у вигляді алгебраїчних формул. Отже, структурна економіко-математична модель підприємства є концентрованим математичним виразом суттєвих зв'язків та закономірностей його функціонування.

З кібернетичної точки зору, в економіко-математичній моделі підприємства умови задачі (наприклад, обсяг доступних ресурсів, ціни на сировину, ринковий попит) є вхідною інформацією або параметрами управління. Зміни цих параметрів у процесі розв'язання задачі відображають зміну стану підприємства, а екстремум цільової функції (наприклад, максимізація прибутку, мінімізація витрат) є критерієм досягнення оптимального стану системи управління підприємством.

В економіко-математичних моделях підприємства параметри часто представлені у вигляді таблиць числових даних, які пов'язані між собою системою функціональних рівнянь різного типу. На практиці широко використовуються балансові та оптимізаційні моделі.

Балансові моделі для підприємства зазвичай представляють собою систему балансових таблиць, що відображають співвідношення між ресурсами та їх використанням (наприклад, баланс виробничих потужностей, матеріальний баланс). Вони можуть бути записані у вигляді матриць, що відображають потоки ресурсів між різними підрозділами або етапами виробництва.

Оптимізаційні моделі на підприємстві, на відміну від балансових, спрямовані не стільки на опис структури, скільки на математичне формулювання умов його функціонування з метою знаходження найкращого рішення (наприклад, оптимальний план виробництва, мінімальні транспортні витрати). Якщо балансові моделі переважно використовують звітні дані, то оптимізаційні моделі активно застосовують планово-нормативну інформацію (норми витрат, планові ціни, прогнози попиту).

На підприємстві розробляються структурні та розширені економіко-математичні моделі. Структурні моделі відображають основні зв'язки та закономірності функціонування підприємства в математичній формі. Розширені моделі, крім цього, включають звітні та планово-нормативні дані, що детально описують умови його діяльності та оформлюються у вигляді матриць різної структури (наприклад, прямокутної або блочно-діагональної).

Економіко-статистичні моделі на підприємстві представляють собою рівняння кореляції між результативним показником діяльності (наприклад, обсягом продажів, прибутком) та одним або кількома факторами впливу (наприклад, витратами на рекламу, кількістю працівників, ціною продукції). За допомогою таких рівнянь визначається кількісна міра впливу факторів на результативний показник, прогнозуються його майбутні значення та проводиться факторний аналіз для виявлення основних драйверів успіху підприємства.

Блочно-діагональна структура моделі може використовуватись для оптимізації діяльності окремих підрозділів підприємства (блоків) з урахуванням їх взаємозв'язків через певні обмеження та загальні ресурси. Моделі розробляють структурні і розширені. В структурній моделі зв'язки і закономірності економічної системи інтерпретують в математичній формі. Розширена економіко-математична модель містить звітний і планово-нормативний матеріал, який описує умови функціонування економічної системи. Така модель оформляється у вигляді матриці. Залежно від об'єкту дослідження, можуть використовуватись матриці прямокутної чи блочно-діагональної структури (рис.1.2).

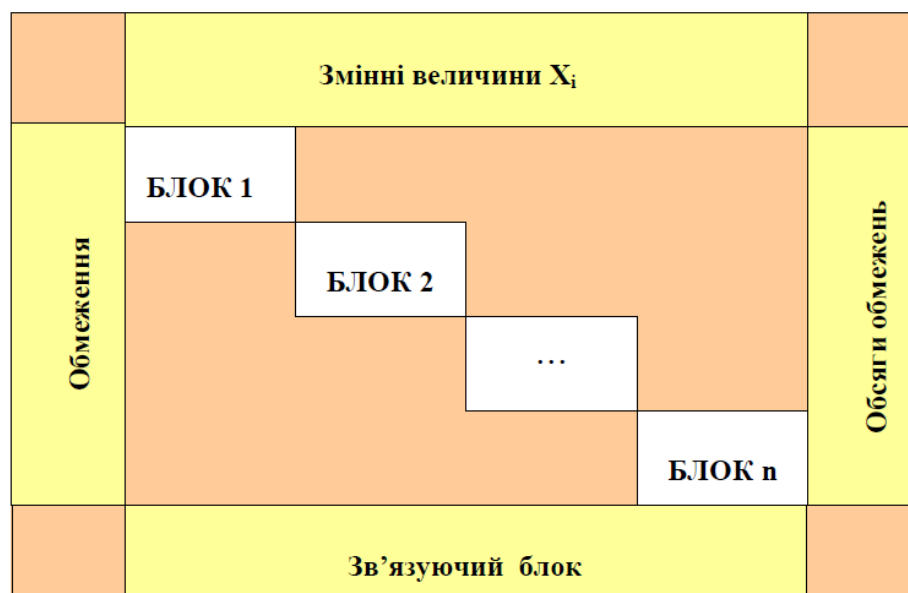


Рис 1.2. Блочно-діагональна структура економіко-математичної моделі

З рис. 1.2 видно, що кожний блок, як окремий підрозділ чи господарство відноситься до економічної системи. Економіко-статистичні моделі представляють собою кореляційне рівняння зв'язку залежної змінної величини (Y) і однією або декількох незалежних змінних величин (факторів) X_i . За допомогою таких рівнянь визначають кількісну міру впливу факторів (X_i) на результативний показник (Y). За допомогою робочого рівняння визначають теоретичні або прогнознi значення результативного показника, та проводять факторний аналіз відповідного показника.

Тема 2. Кількісні методи прогнозування соціально-економічних процесів

1. Основні кількісні методи прогнозування
2. Особливості застосування часових рядів та індексних моделей для прогнозування економічної динаміки.
3. Методи адаптивного прогнозування в умовах невизначеності.
4. Оцінка точності та надійності прогнозів.

1. Основні кількісні методи прогнозування

Кількісні методи прогнозування базуються на аналізі історичних даних та виявленні кількісних закономірностей для передбачення майбутніх значень економічних показників. До основних кількісних методів належать екстраполяційні методи, регресійний аналіз та економетричні моделі.

1. Екстраполяційні методи ґрунтуються на припущенні, що майбутні значення показника будуть слідувати тенденціям, які спостерігалися в минулому. Ці методи використовують історичні дані часових рядів для прогнозування майбутніх значень без явного врахування причинно-наслідкових зв'язків. Основні види екстраполяційних методів включають:

Метод ковзної середньої (Moving Average) – цей метод розраховує середнє значення показника за певний попередній період (вікно ковзання) і використовує це середнє як прогноз на наступний період. Ковзна середня згладжує випадкові коливання та виявляє основну тенденцію. Вибір розміру вікна ковзання є важливим: мале вікно робить прогноз чутливішим до останніх змін, велике – згладжує дані сильніше, але може запізнюватися у відображенні нових тенденцій:

Просте ковзне середнє – всі значення у вікні мають однакову вагу.

Зважене ковзне середнє – останнім значенням надається більша вага, що дозволяє швидше реагувати на останні зміни.

Методи експоненційного згладжування (Exponential Smoothing) – ці методи присвоюють експоненційно зменшувальні ваги попереднім спостереженням, тобто останнім даним надається більша вага, ніж більш раннім. Це дозволяє враховувати як рівень, так і тенденцію та сезонність часового ряду. Існують різні види експоненційного згладжування:

Просте експоненційне згладжування (Simple Exponential Smoothing) – підходить для часових рядів без вираженої тенденції та сезонності.

Експоненційне згладжування з урахуванням тенденції (Holt's Linear Trend Method) – застосовується для часових рядів з лінійною тенденцією.

Експоненційне згладжування з урахуванням сезонності (Winters' Method) – використовується для часових рядів, що мають як тенденцію, так і сезонні коливання (адитивну або мультиплікативну модель сезонності).

Прогнозування на основі тренду (Trend Projection) – цей метод передбачає ідентифікацію основної тенденції в історичних даних (лінійної, експоненційної, поліноміальної тощо) та її екстраполяцію в майбутнє. Для визначення типу тренду та його параметрів можуть використовуватись методи регресійного аналізу.

Сезонні методи (Seasonal Methods) – застосовуються для часових рядів, що мають регулярні сезонні коливання. Методи включають розрахунок сезонних індексів та їх використання для коригування прогнозів, отриманих іншими методами.

Переваги екстраполяційних методів:

- простота розрахунку та розуміння;
- не потребують глибокого розуміння причинно-наслідкових зв'язків;
- можуть бути ефективними для короткострокового прогнозування при стабільних тенденціях.

Недоліки екстраполяційних методів:

- не враховують вплив зовнішніх факторів та змін у середовищі;
- припущення про збереження минулих тенденцій не завжди є обґрунтованим;
- можуть давати значні помилки при зміні тенденцій або на тривалих часових горизонтах.

2. Регресійний аналіз є статистичним методом для дослідження залежності між однією залежною змінною (показником, який прогнозується) та однією або кількома незалежними змінними (факторами, що впливають на прогнозований показник). Метою регресійного аналізу є побудова математичної моделі (регресійного рівняння), яка описує цю залежність та дозволяє прогнозувати значення залежної змінної на основі відомих значень незалежних змінних.

Проста лінійна регресія використовується для моделювання лінійної залежності між однією залежною та однією незалежною змінною. Рівняння має вигляд (2.1):

$$Y=a+bX+\epsilon, \quad (2.1)$$

де Y – залежна змінна,

X – незалежна змінна,

a – вільний член,

b – коефіцієнт регресії,

ϵ – випадкова похибка.

Множинна лінійна регресія використовується для моделювання лінійної залежності між однією залежною та кількома незалежними змінними. Рівняння має вигляд (2.2):

$$Y=a+b_1X_1+b_2X_2+...+b_kX_k+\epsilon, \quad (2.2)$$

де $X_1, X_2, \dots, X_k$ – незалежні змінні,

$b_1, b_2, \dots, b_k$ – коефіцієнти регресії, що показують вплив кожної незалежної змінної на залежну при фіксованих значеннях інших незалежних змінних.

Нелінійна регресія використовується для моделювання нелінійних залежностей між змінними. Функціональна форма рівняння може бути різною (поліноміальною, експоненційною, логарифмічною тощо).

Для побудови регресійних моделей використовуються статистичні методи, такі як метод найменших квадратів (МНК), який дозволяє оцінити параметри регресійного рівняння на основі вибірових даних. Оцінка якості регресійної моделі здійснюється за допомогою статистичних показників, таких як коефіцієнт детермінації (R^2), стандартна помилка регресії, t-статистика та F-статистика.

Переваги регресійного аналізу:

- враховує вплив причинно-наслідкових зв'язків між змінними;
- дозволяє оцінити силу та напрямок впливу факторів на прогнозований показник;
- може використовуватись для середньо- та довгострокового прогнозування.

Недоліки регресійного аналізу:

- потребує визначення значущих факторів впливу та збору відповідних даних;
- припущення про лінійність (у лінійній регресії) можуть не завжди відповідати реальності;
- модель може бути чутливою до мультиколінеарності (високої кореляції між незалежними змінними).

Якість прогнозу залежить від адекватності обраної моделі та стабільності залежностей у майбутньому.

3. Економетричні моделі є більш складними статистичними моделями, які поєднують економічну теорію, математичну статистику та економетричні методи для аналізу економічних явищ та прогнозування. Вони часто включають системи взаємопов'язаних рівнянь, що описують поведінку різних економічних агентів та ринків.

Однорівнянні моделі можуть бути представлені у вигляді регресійних моделей, але з більш глибоким теоретичним обґрунтуванням вибору змінних та специфікації функціональної форми.

Системи одночасних рівнянь використовуються для моделювання взаємозалежних економічних змінних, де кожна змінна може бути як залежною, так і незалежною в різних рівняннях системи. Прикладами є моделі попиту та пропозиції, макроекономічні моделі, що описують взаємодію між споживанням, інвестиціями, державними витратами та чистим експортом. Для оцінки параметрів таких систем використовуються спеціальні економетричні методи (наприклад, метод інструментальних змінних, метод найменших квадратів двох кроків).

2. Особливості застосування часових рядів та індексних моделей для прогнозування економічної динаміки.

Моделі часових рядів (ARIMA, VAR) спеціалізовані економетричні моделі, призначені для аналізу та прогнозування часових рядів. Модель ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) враховує автокореляцію (залежність значення змінної від її попередніх значень), інтегрованість (нестационарність ряду) та ковзне середнє. Модель VAR (Vector Autoregression) використовується для моделювання взаємозв'язків між кількома часовими рядами.

Панельні моделі використовуються для аналізу даних, що мають часову та просторову розмірність (наприклад, дані по кількох підприємствах за ряд років).

Переваги економетричних моделей:

- мають міцне теоретичне підґрунтя;
- дозволяють моделювати складні взаємозв'язки в економіці;
- надають можливість проводити структурний аналіз та оцінювати вплив різних факторів;
- спеціалізовані моделі для часових рядів та панельних даних.

Недоліки економетричних моделей:

- складність побудови, оцінки та інтерпретації;
- потребують глибоких знань в економічній теорії, математичній статистиці та економетрії;
- високі вимоги до якості та обсягу даних;
- результати можуть бути чутливими до специфікації моделі та вибору економетричних методів.

Вибір конкретного кількісного методу прогнозування залежить від цілей прогнозування, наявності та якості історичних даних, характеру

часового ряду (наявність тенденції, сезонності, випадкових коливань), складності досліджуваних залежностей та доступних ресурсів для побудови та аналізу моделі. Часто для підвищення точності прогнозу використовується комбінація різних методів.

Індексні моделі є важливим інструментом для аналізу та прогнозування економічної динаміки, особливо коли необхідно узагальнити зміни в складних економічних явищах, що складаються з багатьох елементів. Їх застосування має ряд характерних особливостей:

1. Агрегування інформації:

- індексні моделі дозволяють звести велику кількість первинних даних до одного відносного показника (індексу). Це спрощує аналіз та візуалізацію загальних тенденцій економічного розвитку;

- вони дають можливість порівнювати зміни в складних сукупностях протягом часу або між різними територіями чи об'єктами.

2. Вимірювання відносних змін:

- індекси відображають відносні зміни економічних показників у порівнянні з базовим періодом або іншим еталоном. Це дозволяє оцінити темпи зростання, спаду або стагнації економічних процесів;

- вони дають змогу виявити напрямок та інтенсивність змін, що є важливим для прогнозування майбутніх тенденцій.

3. Аналіз структурних зрушень:

- багатофакторні індексні моделі дозволяють оцінити внесок окремих складових у загальну динаміку економічного явища. Це допомагає виявити внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на економічне зростання або спад;

- аналіз динаміки окремих субіндексів може вказувати на структурні зміни в економіці, що є важливим для довгострокового прогнозування.

4. Використання для порівняльного аналізу:

- індекси є економічним інструментом для міжнародних та міжрегіональних порівнянь рівня економічного розвитку, інфляції, продуктивності тощо;

- вони дозволяють оцінити позицію досліджуваної економіки відносно інших та виявити потенційні напрямки розвитку.

5. Застосування в коротко- та середньостроковому прогнозуванні:

- аналіз динаміки індексів економічної кон'юнктури може допомогти у виявленні циклічних коливань та здійсненні короткострокових прогнозів;

- використання композиційних індикаторів, що об'єднують кілька індексів, може підвищити надійність прогнозування.

6. Можливість побудови прогнозних індексів:

- на основі аналізу історичної динаміки індексів та виявлених закономірностей можуть бути побудовані прогностичні індексні моделі;
- ці моделі можуть враховувати випереджаючі індикатори, які мають тенденцію змінюватися раніше, ніж загальна економічна активність.

7. Обмеження застосування:

- якість прогнозування за допомогою індексних моделей значною мірою залежить від правильного вибору базового періоду, вагових коефіцієнтів (при їх наявності) та надійності первинних даних;
- індексні моделі часто не розкривають глибоких причинно-наслідкових зв'язків в економіці.
- прогнозування на основі індексів може бути менш точним при значних структурних змінах в економіці, які не були враховані при побудові індексу.

Застосування індексних моделей є цінним підходом для прогнозування економічної динаміки, особливо при необхідності агрегування даних та аналізу відносних змін. Однак, для отримання більш точних та глибоких прогнозів, індексні моделі часто використовуються в поєднанні з іншими методами прогнозування, такими як регресійний аналіз та економетричні моделі, які дозволяють враховувати причинно-наслідкові зв'язки та вплив різноманітних факторів.

3. Методи адаптивного прогнозування в умовах невизначеності.

В умовах високої невизначеності економічного середовища, коли традиційні методи прогнозування, що базуються на екстраполяції сталих тенденцій або чітких причинно-наслідкових зв'язків, стають менш ефективними, особливого значення набувають методи адаптивного прогнозування. Ці методи характеризуються здатністю автоматично коригувати свої параметри та структуру у відповідь на надходження нової інформації та зміни в досліджуваному процесі. Їхня особливість полягає в гнучкості та здатності пристосовуватися до мінливих умов, що робить їх цінним інструментом для прогнозування в складних та динамічних середовищах.

Основна ідея адаптивного прогнозування полягає у тому, що новіші спостереження отримують більшу вагу при формуванні прогнозу, ніж старіші. Це дозволяє моделі швидше реагувати на останні зміни в тенденціях та враховувати несподівані події або структурні зрушення, які можуть виникнути в умовах невизначеності.

До основних методів адаптивного прогнозування належать:

1. Методи експоненційного згладжування (Exponential Smoothing Methods) – ця група методів є однією з найпоширеніших в адаптивному прогнозуванні. Вони використовують зважену ковзну середню, де ваги зменшуються експоненційно з віддаленням у минуле. Це дозволяє моделі плавно реагувати на зміни рівня, тенденції та сезонності часового ряду:

- просте (одинарне) експоненційне згладжування (Simple Exponential Smoothing – SES) – прогноз на наступний період є зваженим середнім поточного значення та попереднього прогнозу. Ваговий коефіцієнт (альфа, α) визначає швидкість адаптації моделі до нових даних. Чим вище значення α (ближче до 1), тим більша вага надається останньому спостереженню, і модель швидше реагує на зміни.

- експоненційне згладжування з урахуванням тенденції (Holt's Linear Trend Method) – використовується для часових рядів з лінійною тенденцією. Модель оновлює два компоненти: рівень та тенденцію. Вводяться два параметри згладжування: α для рівня та β для тенденції.

- експоненційне згладжування з урахуванням сезонності (Winters' Method) – застосовується для часових рядів, що мають як тенденцію, так і сезонні коливання. Існують адитивна та мультиплікативна моделі сезонності, кожна з яких має свій набір рівнянь оновлення з параметром згладжування для сезонного компонента (γ).

2. Адаптивні фільтри (Adaptive Filters) – ця група методів включає більш складні алгоритми, які динамічно змінюють свої параметри на основі оцінки похибок прогнозування. Одним з відомих прикладів є фільтр Калмана (Kalman Filter), який є потужним інструментом для прогнозування та оцінювання стану динамічних систем в умовах невизначеності та шумів. Фільтр Калмана використовує рекурсивний алгоритм, що оновлює оцінку стану системи на кожному кроці часу на основі нових вимірювань та попередніх оцінок. Він широко застосовується в різних галузях, включаючи економіку та фінанси, особливо в задачах, де присутні значні випадкові коливання та структурні зміни.

3. Нейронні мережі (Neural Networks) – штучні нейронні мережі, особливо рекурентні нейронні мережі (RNN) та їхні варіанти, такі як довготривала короткочасна пам'ять (LSTM) та gated recurrent units (GRU), можуть бути використані для адаптивного прогнозування складних нелінійних залежностей у часових рядах в умовах невизначеності. Вони здатні навчатися на великих обсягах даних та виявляти складні патерни, які можуть бути невидимі для традиційних статистичних методів. У процесі навчання мережа адаптує свої внутрішні ваги та з'єднання, щоб мінімізувати помилку прогнозування на нових даних.

4. Методи, засновані на зміні параметрів моделі – деякі адаптивні методи безпосередньо змінюють параметри прогнозуючої моделі (наприклад,

коефіцієнти регресії) у відповідь на виявлені помилки прогнозування. Наприклад, існують адаптивні алгоритми для оцінки параметрів ARMA-моделей, де порядок моделі або значення коефіцієнтів можуть змінюватися з часом.

Особливості застосування методів адаптивного прогнозування в умовах невизначеності:

- реакція на зміни – основна перевага полягає у здатності моделей швидко реагувати на раптові зміни, шоки або нові тенденції, що є характерним для невизначеного середовища;
- автоматичне налаштування – багато адаптивних методів мають механізми автоматичного налаштування параметрів (наприклад, коефіцієнтів згладжування) на основі історичних даних та оцінки помилок прогнозування;
- гнучкість – адаптивні моделі можуть бути застосовані до різних типів часових рядів та економічних процесів, що робить їх універсальним інструментом в умовах невизначеності;
- складність інтерпретації – у деяких випадках, особливо для складних методів, таких як нейронні мережі, інтерпретація отриманих прогнозів може бути складною;
- потреба у якісних даних – якість прогнозів, отриманих за допомогою адаптивних методів, все ще залежить від якості та репрезентативності історичних даних;
- ризик перенавчання: складні адаптивні моделі, такі як нейронні мережі, можуть бути схильні до перенавчання на історичних даних, що може призвести до низької точності прогнозів на нових, невідомих даних.

Методи адаптивного прогнозування є потужним інструментом для прогнозування в умовах невизначеності, оскільки вони здатні пристосовуватися до мінливих економічних реалій. Вибір конкретного методу залежить від характеристик досліджуваного процесу, наявності даних, рівня невизначеності та вимог до точності прогнозу. У багатьох випадках комбінування різних адаптивних методів або їхнє використання в поєднанні з експертними оцінками може призвести до більш надійних та обґрунтованих прогнозів в умовах невизначеності.

4. Оцінка точності та надійності прогнозів

Оцінка точності та надійності є критично важливим етапом у процесі прогнозування. Вона дозволяє визначити, наскільки можна довіряти отриманим результатам та наскільки добре обрана модель відображає реальність. Існує ряд методів та показників для кількісної та якісної оцінки прогнозів:

1. Кількісна оцінка точності – методи спрямовані на вимірювання величини помилок прогнозу, тобто розбіжностей між прогнозованими та фактичними значеннями. До основних показників належать:

– Абсолютна помилка (e_t) – різниця між фактичним (Y_t) та прогнозованим ($\hat{Y}_t$) значенням у момент часу t визначається за формулою (2.3):

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (2.3)$$

– Середня абсолютна помилка (Mean Absolute Error, MAE) – середнє арифметичне абсолютних значень помилок за весь період прогнозування (n) визначається за формулою (2.4):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (2.4)$$

де MAE відображає середню величину відхилення прогнозу від фактичних значень без урахування напрямку помилки.

– Середня квадратична помилка (Mean Squared Error, MSE) відображає середнє арифметичне квадратів помилок та розраховується за формулою (2.5):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (2.5)$$

де MSE надає більшу вагу великим помилкам, оскільки вони зводяться до квадрату.

– Коренева середня квадратична помилка (Root Mean Squared Error, RMSE) – квадратний корінь з MSE, що представлено формулою (2.6):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (2.6)$$

де RMSE має ту ж одиницю виміру, що й прогнозований показник, що полегшує його інтерпретацію.

– Середня абсолютна відсоткова помилка (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) – середнє арифметичне абсолютних значень відсоткових помилок (формула 2.7):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100\% \quad (2.7)$$

де MAPE є відносним показником і виражається у відсотках, що дозволяє порівнювати точність прогнозів для різних часових рядів або показників. Однак він може бути невизначеним або необґрунтовано великим, якщо фактичні значення близькі до нуля.

– Коефіцієнт Тейла (Theil's U) – порівнює точність прогнозованої моделі з наївним прогнозом (наприклад, прогнозування, що наступне значення буде таким самим, як поточне). Значення U близьке до 0 свідчить про високу точність моделі, значення близьке до 1 – про низьку точність (модель не краща за наївний прогноз), а значення більше 1 – про неприйнятну якість прогнозу.

2. Оцінка надійності прогнозів – відображає ступінь впевненості в тому, що фактичні значення потраплять у певний діапазон навколо прогнозованого значення. Для оцінки надійності часто використовують:

– інтервальне прогнозування – замість точкового прогнозу будується інтервал, в якому з певною ймовірністю очікується знаходження фактичного значення. Ширина інтервалу відображає ступінь невизначеності прогнозу. Чим ширший інтервал, тим нижча надійність точкового прогнозу.

– статистичні критерії – для оцінки надійності параметрів моделі та самого рівняння прогнозування використовуються статистичні критерії, такі як t-статистика, F-статистика та їх відповідні p-значення. Вони дозволяють оцінити статистичну значущість моделі та її параметрів.

– аналіз залишкової складової (Residual Analysis) – аналіз розподілу помилок прогнозу (залишків) може виявити систематичні помилки або закономірності, які свідчать про недостатню надійність моделі. Залишки повинні бути випадковими, мати нульове середнє значення та постійну дисперсію.

– верифікація прогнозу на відкладеній вибірці (Hold-out Validation) – дані поділяються на навчальну та тестову вибірки. Модель будується на навчальній вибірці, а її точність та надійність оцінюються на тестовій вибірці, яка не використовувалася для навчання. Це дозволяє отримати більш об'єктивну оцінку прогностичної здатності моделі на нових даних.

3. Якісні методи оцінки є більш суб'єктивними та ґрунтуються на експертних судженнях та можуть включати:

- оцінку реалістичності припущень (аналіз того, наскільки обґрунтованими є припущення, покладені в основу моделі прогнозування, особливо в умовах невизначеності);
- оцінку стабільності моделі (перевірка того, наскільки чутливі результати прогнозу до невеликих змін у вхідних даних або параметрах моделі);
- експертну оцінку (залучення фахівців для оцінки обґрунтованості та правдоподібності отриманих прогнозів на основі їхнього досвіду та знань предметної області);
- оцінку своєчасності та корисності прогнозу (визначення того, наскільки вчасно надано прогноз та наскільки він корисний для прийняття рішень).

Оцінка точності та надійності прогнозів є комплексним процесом, що включає використання як кількісних, так і якісних методів. Ретельна оцінка дозволяє не лише визначити якість отриманих прогнозів, але й обрати найбільш адекватну модель для конкретної задачі прогнозування, а також підвищити довіру до результатів прогнозування серед осіб, які приймають рішення. Необхідно розуміти, що жоден метод прогнозування не є ідеальним, і оцінка точності та надійності допомагає усвідомити межі їх застосування.

Тема 3. Економіко-статистичне моделювання економічних процесів

1. Сутність економіко-статистичного моделювання як способу аналізу масових соціально-економічних явищ.
2. Застосування статистичних методів для побудови моделей: кореляційний, кластерний, факторний та дискримінантний аналіз.
3. Інтерпретація результатів статистичного моделювання з урахуванням реальних соціально-економічних процесів.

1. Сутність економіко-статистичного моделювання як способу аналізу масових соціально-економічних явищ.

Економіко-статистичне моделювання є потужним інструментом для дослідження закономірностей функціонування та розвитку масових соціально-економічних явищ і процесів. Його сутність полягає у формалізованому відображенні реальних економічних об'єктів та їхніх взаємозв'язків за допомогою статистичних методів та математичних інструментів:

1. Відображення реальності через абстракцію:

- економіко-статистична модель не є дзеркальним відображенням дійсності, а її спрощеною, абстрактною копією. Вона концентрується на найбільш суттєвих характеристиках та взаємозв'язках досліджуваного явища, відкидаючи другорядні деталі;

- ступінь абстракції залежить від мети моделювання та складності об'єкта аналізу. Головне – зберегти ті властивості та зв'язки, які є визначальними для розуміння сутності явища.

2. Використання статистичних даних:

- економіко-статистичне моделювання базується на аналізі масових статистичних даних, що відображають кількісні характеристики соціально-економічних явищ;

- зібрані дані є емпіричною основою для побудови, оцінки та верифікації моделей. Якість та репрезентативність статистичної інформації є критично важливими для адекватності моделі.

3. Застосування математичного апарату:

- зв'язки між економічними показниками формалізуються за допомогою математичних рівнянь, нерівностей, функцій та інших математичних конструкцій;

- математичний апарат забезпечує точність, логічну несуперечливість та можливість кількісного аналізу змодельованих залежностей.

4. Виявлення кількісних закономірностей:

- основна мета економіко-статистичного моделювання полягає у виявленні та кількісному вимірюванні закономірностей, тенденцій та взаємозв'язків між різними соціально-економічними показниками;

- дозволяє зрозуміти механізми функціонування досліджуваних явищ, оцінити силу впливу одних факторів на інші та прогнозувати їхній майбутній розвиток.

5. Інструмент аналізу та прогнозування:

- побудовані економіко-статистичні моделі використовуються для проведення різноманітного аналізу: факторного, структурного, порівняльного тощо;

- є основою для розробки прогнозів майбутніх значень економічних показників, що є важливим для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

6. Пізнавальна та практична цінність:

- економіко-статистичне моделювання має значну пізнавальну цінність, оскільки сприяє глибшому розумінню сутності складних соціально-економічних явищ та виявленню їхніх внутрішніх механізмів;

– є важливим практичним інструментом для державного управління, бізнесу та наукових досліджень, забезпечуючи інформаційну базу для прийняття рішень, розробки стратегій та оцінки наслідків різних дій.

7. Імовірнісний характер – багато соціально-економічних явищ мають імовірнісний характер, тому економіко-статистичні моделі часто враховують випадкові впливи та будуються на ймовірнісних засадах.

Таким чином, економіко-статистичне моделювання є методологічним підходом до аналізу масових соціально-економічних явищ, що поєднує економічну теорію, статистичні методи та математичний апарат для формалізованого відображення реальності, виявлення кількісних закономірностей та використання отриманих знань для аналізу та прогнозування. Його сутність полягає у перетворенні складних емпіричних даних на інформативні моделі, які слугують основою для прийняття обґрунтованих рішень.

2. Застосування статистичних методів для побудови моделей: кореляційний, кластерний, факторний та дискримінантний аналіз.

Статистичні методи є потужним інструментарієм для побудови моделей, що описують та пояснюють закономірності в масових соціально-економічних явищах. Кореляційний, кластерний, факторний та дискримінантний аналіз є одними з важливих статистичних методів, які знаходять широке застосування у моделюванні.

1. Кореляційний аналіз – використовується для вимірювання сили та напрямку лінійного зв'язку між двома або більше кількісними змінними. Він не встановлює причинно-наслідкових зв'язків, а лише показує, наскільки тісно зміна однієї змінної пов'язана зі зміною іншої.

Кореляційний аналіз є підготовчим етапом для побудови більш складних моделей, таких як регресійні. Визначення наявності та сили кореляції між потенційними незалежними змінними та залежною змінною допомагає у виборі факторів для включення до моделі. Висока кореляція між незалежними змінними (мультиколінеарність) може ускладнити інтерпретацію регресійної моделі. У соціально-економічних дослідженнях кореляційний аналіз може використовуватись для виявлення зв'язку між:

- доходами населення та рівнем споживання;
- інфляцією та безробіттям;
- інвестиціями та економічним зростанням;
- рекламними витратами та обсягом продажів.

2. Кластерний аналіз є методом багатовимірною статистичного аналізу, що використовується для групування схожих об'єктів (спостережень) у відносно однорідні групи (кластери) на основі їхніх характеристик. Об'єкти

всередині кластера мають бути більш схожими між собою, ніж об'єкти з різних кластерів.

Кластерний аналіз використовується для ідентифікації типових груп у великих наборах даних. Отримані кластери можуть слугувати основою для побудови сегментаційних моделей, які описують характеристики різних груп споживачів, регіонів, підприємств тощо. У соціально-економічних дослідженнях кластерний аналіз може використовуватись для:

- сегментації ринку на основі демографічних, економічних та поведінкових характеристик споживачів;
- типологізації регіонів за рівнем економічного розвитку, соціальними показниками тощо;
- класифікації підприємств за їхніми фінансовими показниками, розміром, галузевою належністю;
- виявлення груп країн зі схожою економічною політикою або рівнем розвитку.

3. Факторний аналіз є методом зменшення розмірності даних, який використовується для ідентифікації невеликої кількості латентних (прихованих) факторів, що пояснюють кореляції між великою кількістю спостережуваних змінних. Він дозволяє виявити глибинні, неочевидні причини спільної мінливості групи змінних.

Факторний аналіз допомагає спростити складні моделі, зменшивши кількість змінних без значної втрати інформації. Виявлені фактори можуть бути використані як нові, більш змістовні змінні в подальшому моделюванні (наприклад, у регресійному аналізі). У соціально-економічних дослідженнях факторний аналіз може використовуватись для:

- виявлення основних факторів, що впливають на рівень життя населення (наприклад, економічний добробут, соціальна захищеність, екологічна ситуація);
- ідентифікації зовнішніх та внутрішніх чинників інвестиційної привабливості регіонів;
- аналізу мотивації праці та виявлення основних компонентів задоволеності роботою;
- зменшення кількості показників при оцінці кредитоспроможності клієнтів.

4. Дискримінантний аналіз є методом класифікації, що використовується для побудови моделі, яка дозволяє відносити нові об'єкти до однієї з попередньо визначених груп (класів) на основі значень набору кількісних змінних-предикторів. Метою є знаходження лінійної комбінації предикторів (дискримінантної функції), яка найкраще розділяє групи.

Дискримінантний аналіз створює класифікаційні моделі, які можуть використовуватись для прогнозування належності нового об'єкта до певної

категорії. Якість моделі оцінюється за відсотком правильно класифікованих об'єктів. У соціально-економічних дослідженнях дискримінантний аналіз може використовуватись для:

- прогнозування банкрутства підприємств на основі їхніх фінансових показників;
- визначення кредитоспроможності позичальників;
- сегментації клієнтів на лояльних та нелояльних;
- класифікації регіонів за рівнем інвестиційного ризику;
- прогнозування вибору споживачів між різними марками товарів.

Кожен з вищезазначених статистичних методів має свої особливості та застосовується для вирішення різних завдань при побудові моделей соціально-економічних явищ. Кореляційний аналіз досліджує зв'язки між змінними, кластерний аналіз групує схожі об'єкти, факторний аналіз виявляє приховані фактори, а дискримінантний аналіз використовується для класифікації об'єктів за попередньо визначеними групами. Часто для комплексного аналізу та побудови більш глибоких і змістовних моделей ці методи використовуються комбіновано. Вибір конкретного методу залежить від цілей дослідження, типу даних та характеру досліджуваного явища.

3. Інтерпретація результатів статистичного моделювання з урахуванням реальних соціально-економічних процесів

Інтерпретація результатів статистичного моделювання є важливим етапом, що перетворює сухі цифри та математичні залежності на змістовні висновки про функціонування реальних соціально-економічних процесів. Цей процес вимагає не лише розуміння статистичних показників, але й глибокого знання предметної області, економічної теорії та соціального контексту.

Основні аспекти інтерпретації результатів статистичного моделювання з урахуванням реальних соціально-економічних процесів включають:

1. Змістовне пояснення статистичних показників:

- коефіцієнти регресії – у регресійних моделях коефіцієнти показують величину зміни залежної змінної при зміні незалежної змінної на одиницю (за умови фіксованості інших факторів). Інтерпретація повинна включати не лише знак та величину коефіцієнта, але й його економічний зміст. Наприклад, позитивний коефіцієнт між рівнем освіти та заробітною платою свідчить про те, що вищий рівень освіти в середньому призводить до вищої заробітної плати;
- коефіцієнт детермінації (R^2) – відображає частку дисперсії залежної змінної, пояснену моделлю. Інтерпретація полягає у визначенні

того, наскільки добре модель описує мінливість досліджуваного явища. Високий R^2 не завжди означає хорошу модель, оскільки може бути результатом включення випадкових або нерелевантних змінних;

- статистична значущість – оцінка р-значень для коефіцієнтів та моделі в цілому дозволяє визначити, чи є виявлені залежності статистично значущими, тобто чи не є вони випадковими. Однак статистична значущість не завжди означає економічну або соціальну значущість;

- результати кластерного аналізу – інтерпретація включає опис характеристик виділених кластерів, визначення їхньої економічної або соціальної сутності та пояснення причин формування саме таких груп;

- факторні навантаження – у факторному аналізі факторні навантаження показують силу зв'язку між спостережуваними змінними та виявленими латентними факторами. Інтерпретація полягає у визначенні змістовного наповнення цих факторів на основі змінних, які мають на них найбільший вплив;

- дискримінантні функції – інтерпретація включає визначення змінних, які найбільше впливають на розділення груп, та формулювання характеристик, що відрізняють ці групи.

2. Врахування економічної теорії та логіки:

- результати статистичного моделювання повинні узгоджуватися з існуючими економічними теоріями та логічними міркуваннями. Якщо модель показує залежність, що суперечить загальноприйнятим економічним принципам, це може свідчити про помилку в специфікації моделі або необхідність перегляду теоретичних положень;

- інтерпретація повинна пояснювати економічний механізм виявлених статистичних залежностей: Чому саме зміна однієї змінної призводить до зміни іншої? Які причинно-наслідкові зв'язки лежать в основі цих залежностей?

3. Аналіз соціального контексту – соціально-економічні процеси відбуваються в певному соціальному контексті, який може суттєво впливати на їхній характер та результати моделювання. Інтерпретація повинна враховувати соціальні норми, інститути, політичні фактори та культурні особливості, які можуть опосередковувати виявлені статистичні залежності. Наприклад, вплив рівня освіти на доходи може відрізнятися в країнах з різними системами освіти та ринками праці.

4. Оцінка практичної значущості результатів, відповідно навіть статистично значущі результати можуть мати незначну практичну цінність, якщо величина впливу є малою. Інтерпретація повинна оцінювати масштаб виявлених ефектів та їхню важливість для прийняття рішень у реальному світі. Наприклад, невелика статистично значуща залежність між певним

фактором та продуктивністю праці може не мати суттєвого значення для розробки управлінських рішень.

5. Виявлення обмежень моделі – будь-яка статистична модель є спрощенням реальності та має певні обмеження. Інтерпретація повинна визнавати ці обмеження, включаючи:

- припущення, покладені в основу моделі (наприклад, лінійність залежностей);
- якість та повноту використаних даних;
- можливість пропуску важливих змінних;
- проблеми ендогенності (коли залежна та незалежні змінні впливають одна на одну).

Розуміння обмежень моделі допомагає уникнути надмірної інтерпретації результатів та усвідомити межі їхньої застосовності.

6. Візуалізація результатів – представлення результатів моделювання у вигляді графіків, діаграм та таблиць може значно полегшити їхнє розуміння та інтерпретацію для широкого кола аудиторії, включаючи осіб, які не є фахівцями в статистиці. Візуалізація допомагає наочно продемонструвати виявлені залежності та тенденції.

7. Порівняння з попередніми дослідженнями – інтерпретація результатів повинна включати порівняння з висновками інших досліджень у даній галузі. Це дозволяє підтвердити або спростувати існуючі знання, виявити нові аспекти досліджуваного явища та оцінити внесок даної моделі в загальний обсяг знань.

Інтерпретація повинна включати:

- пояснення величини коефіцієнтів – на скільки в середньому зростає заробітна плата при збільшенні рівня освіти на один рік (за фіксованого досвіду) та при збільшенні досвіду роботи на один рік (за фіксованого рівня освіти);
- обґрунтування цих залежностей з точки зору економічної теорії (теорія людського капіталу);
- врахування соціального контексту (система освіти, ринок праці в конкретній країні/регіоні);
- оцінку практичної значущості виявлених ефектів (наскільки суттєвим є вплив освіти та досвіду на рівень заробітної плати);
- обговорення обмежень моделі (можливість пропуску інших важливих факторів, таких як кваліфікація, галузь, тощо).

Таким чином, інтерпретація результатів статистичного моделювання є складним та багатогранним процесом, що вимагає поєднання статистичних знань, економічної інтуїції та розуміння соціального контексту для отримання змістовних та корисних висновків про реальні соціально-економічні процеси.

ПИТАННЯ ДО МОДУЛЮ 1

1. Які основні типи кількісних залежностей існують в економічних процесах? Наведіть приклади.
2. Розкрийте сутність моделювання як наукового підходу до вивчення соціально-економічних явищ. У чому полягає його відмінність від інших методів дослідження?
3. Охарактеризуйте модель як інструмент аналізу складних соціально-економічних систем. Які її основні властивості та функції?
4. За якими основними ознаками класифікуються соціально-економічні моделі? Охарактеризуйте кожен з цих видів класифікації.
5. Поясніть принцип абстрагування при побудові соціально-економічних моделей. Які переваги та недоліки його застосування?
6. У чому полягає принцип формалізації в процесі моделювання соціально-економічних явищ? Які форми формалізації використовуються?
7. Розкрийте сутність етапу верифікації соціально-економічної моделі. Які методи використовуються для її здійснення?
8. Яке значення має інтерпретація результатів моделювання соціально-економічних процесів? На що слід звертати увагу при інтерпретації?
9. Назвіть основні кількісні методи прогнозування соціально-економічних процесів. Дайте коротку характеристику кожного з них.
10. У чому полягає сутність екстраполяційних методів прогнозування? Наведіть приклади та визначте їхні обмеження.
11. Як застосовується регресійний аналіз для прогнозування економічної динаміки? Які основні типи регресійних моделей використовуються?
12. Що являють собою економетричні моделі в контексті прогнозування? Чим вони відрізняються від простих регресійних моделей?
13. Які особливості застосування часових рядів для прогнозування економічної динаміки? Назвіть основні моделі часових рядів.
14. Як використовуються індексні моделі для прогнозування економічної динаміки? Які існують види індексів, що застосовуються в прогнозуванні?
15. Охарактеризуйте методи адаптивного прогнозування. В яких умовах їх застосування є найбільш доцільним? Наведіть приклади.
16. Які основні показники використовуються для оцінки точності прогнозів? Поясніть їхній зміст.
17. Як оцінюється надійність прогнозів? Які методи та підходи застосовуються для цієї мети?

18. Розкрийте сутність економіко-статистичного моделювання як способу аналізу масових соціально-економічних явищ. Які його основні характеристики?

19. Опишіть застосування кореляційного, кластерного, факторного та дискримінантного аналізу для побудови економіко-статистичних моделей. Які завдання вирішує кожен з цих методів?

20. Які основні принципи інтерпретації результатів статистичного моделювання слід враховувати при аналізі реальних соціально-економічних процесів? Наведіть приклади.

МОДУЛЬ 2. ПРИКЛАДНІ МОДЕЛІ В ПІДПРИЄМНИЦЬКІЙ ТА УПРАВЛІНСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Тема 4. Оптимізаційні моделі прийняття рішень в підприємницькій діяльності

1. Визначення та класифікація оптимізаційних моделей у контексті підприємницької діяльності.
2. Лінійне та нелінійне програмування, моделі цілочислової та динамічної оптимізації.
3. Моделі вибору стратегії підприємницького розвитку за обмежених ресурсів.
4. Практичне застосування оптимізаційних моделей для обґрунтування управлінських рішень.

1. Визначення та класифікація оптимізаційних моделей у контексті підприємницької діяльності.

Оптимізаційні моделі в підприємницькій діяльності являють собою математичні інструменти, призначені для пошуку найкращого (оптимального) рішення серед множини можливих варіантів для досягнення поставленої мети підприємства. Ця мета може полягати у максимізації прибутку, мінімізації витрат, оптимальному розподілі ресурсів, покращенні логістики, ефективному управлінні запасами та інших ключових аспектах функціонування бізнесу. Основна ідея полягає у формалізації економічної задачі у вигляді математичної моделі, що включає цільову функцію (критерій оптимізації) та систему обмежень, які відображають наявні ресурси, технологічні можливості, ринкові умови та інші фактори, що впливають на прийняття рішень.

Оптимізаційні моделі в підприємницькій діяльності можуть бути класифіковані за різними ознаками, що відображають їхню структуру, математичний апарат та сферу застосування:

1. За типом цільової функції та обмежень:
 - Лінійні моделі (цільова функція та всі обмеження є лінійними рівняннями або нерівностями);
 - Нелінійні моделі (хоча б одна з цільової функції або обмежень є нелінійною);
 - Цілочислові моделі (змінні в моделі можуть приймати лише цілі значення);
 - Дискретні моделі (змінні можуть приймати значення з певної дискретної множини);

- Дробово-лінійні моделі (цільова функція є відношенням двох лінійних функцій).
- 2. За характером часу:
 - Статичні моделі – відображають економічні процеси в певний момент часу або для фіксованого періоду;
 - Динамічні моделі – враховують часову динаміку процесів та прийняття рішень у послідовні моменти часу.
- 3. За врахуванням випадковості:
 - Детерміновані моделі – всі параметри моделі вважаються відомими та незмінними;
 - Стохастичні (імовірнісні) моделі – враховують випадковий характер деяких параметрів.
- 4. За кількістю критеріїв оптимізації:
 - Однокритеріальні моделі – мають одну цільову функцію, яку необхідно оптимізувати;
 - Багатокритеріальні моделі – мають кілька цільових функцій, які можуть бути суперечливими, і необхідно знайти компромісне рішення.

Оптимізаційні моделі знаходять широке застосування в різних функціональних сферах підприємницької діяльності, допомагаючи приймати обґрунтовані рішення для підвищення ефективності та конкурентоздатності, що схематично представлено на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Застосування оптимізаційних моделей в підприємницькій діяльності

Використання оптимізаційних моделей дозволяє підприємствам кількісно обґрунтовувати управлінські рішення, враховувати численні фактори та обмеження, а також знаходити найкращі шляхи досягнення поставлених цілей.

2. Лінійне та нелінійне програмування, моделі цілочислової та динамічної оптимізації.

Лінійне програмування (ЛП) є розділом математичної оптимізації, де цільова функція, яку необхідно максимізувати або мінімізувати, та всі обмеження (у вигляді рівнянь або нерівностей) є лінійними. Сутність ЛП полягає у знаходженні оптимального розподілу обмежених ресурсів для досягнення найкращого результату (наприклад, максимального прибутку або мінімальних витрат). Моделі лінійного програмування широко застосовуються в підприємницькій діяльності для вирішення задач планування виробництва, оптимізації транспортних потоків, управління запасами, складання розкладів тощо. Характерною особливістю є простота математичного апарату та наявність ефективних алгоритмів розв'язання, таких як симплекс-метод.

Нелінійне програмування (НЛП) є узагальненням лінійного програмування, де цільова функція або хоча б одне з обмежень є нелінійними. Це значно розширює спектр задач, які можна моделювати, оскільки багато реальних економічних залежностей є нелінійними (наприклад, залежність попиту від ціни, витрат від обсягу виробництва). Однак, розв'язання задач нелінійного програмування є значно складнішим і не існує універсального ефективного алгоритму. Для їх розв'язання використовуються різноманітні методи, включаючи градієнтні методи, методи штрафних функцій, методи пошуку за напрямками тощо, ефективність яких залежить від конкретного виду цільової функції та обмежень.

Моделі цілочислової оптимізації є підкласом задач математичного програмування, в яких на змінні накладається додаткова вимога – вони повинні приймати лише цілочислові значення. Ця вимога є критично важливою для моделювання багатьох практичних задач, де рішення повинні бути дискретними і неподільними (наприклад, кількість одиниць обладнання, кількість працівників, вибір інвестиційних проектів). Задачі цілочислового програмування, особливо ті, що базуються на лінійних цільових функціях та обмеженнях (цілочислове лінійне програмування), є значно складнішими для розв'язання, ніж їхні нецілочислові аналоги, і часто вимагають застосування

спеціалізованих методів, таких як метод гілок та меж, метод відтинання Гоморі тощо.

Метод гілок та меж (Branch and Bound) є загальним алгоритмічним методом для знаходження оптимальних розв'язків різних задач дискретної та комбінаторної оптимізації, зокрема задач цілочислового лінійного програмування. Його сутність полягає в систематичному переборі простору допустимих розв'язків шляхом його розбиття (розгалуження) на менші підмножини (гілки) та знаходження для кожної з них верхньої (для задач максимізації) або нижньої (для задач мінімізації) межі цільової функції.

Алгоритм починається з розгляду всього допустимого простору розв'язків. На кожному кроці обирається одна з підмножин, що ще не була повністю досліджена, і відбувається її розбиття на дві або більше нових підмножин шляхом накладання додаткових обмежень (наприклад, фіксації значення однієї з цілочислових змінних). Для кожної нової підмножини обчислюється оцінка (межа) оптимального значення цільової функції. Якщо ця оцінка гірша за вже знайдений найкращий цілочисловий розв'язок (рекорд), то вся відповідна гілка відкидається (обрізається), оскільки вона не може містити кращого розв'язку. Процес триває до тих пір, поки всі гілки не будуть обрізані або не буде знайдено оптимальний цілочисловий розв'язок.

Метод гілок та меж гарантує знаходження глобального оптимуму для задач дискретної оптимізації, але його ефективність значною мірою залежить від способу обчислення меж та стратегії вибору підмножини для розгалуження. У найгіршому випадку він може звестися до повного перебору всіх можливих розв'язків.

Метод відтинання Гоморі (Gomory's cutting plane method) є алгоритмом для розв'язання задач цілочислового лінійного програмування. На відміну від методу гілок та меж, який розбиває простір розв'язків, метод відтинання додає до початкової задачі нові лінійні обмеження (відтинання), які поступово відсікають нецілочислові частини допустимої області, не виключаючи при цьому жодного цілочислового розв'язку.

Алгоритм починається з розв'язання послабленої задачі лінійного програмування, в якій ігноруються вимоги цілочисловості. Якщо отриманий оптимальний розв'язок є цілочисловим, то задача розв'язана. Якщо ж ні, то на основі дробових значень базисних змінних будується нове лінійне обмеження (відтинання Гоморі), яке додається до поточної задачі. Після додавання відтинання знову розв'язується отримана задача лінійного програмування. Цей процес повторюється до тих пір, поки не буде знайдено оптимальний цілочисловий розв'язок.

Сутність відтинання Гоморі полягає у побудові такого додаткового обмеження, яке б «відрізало» нецілочисловий оптимальний розв'язок, але при цьому залишало всі цілочислові розв'язки допустимими. Існує кілька

варіантів побудови відтинань Гоморі, залежно від того, яку саме дробову частину базисної змінної використовують для їхнього формування.

Метод відтинання Гоморі є теоретично обґрунтованим і гарантує знаходження цілочислового розв'язку за скінченну кількість кроків (за певних умов). Однак на практиці він може бути неефективним через повільну збіжність та накопичення помилок обчислень. Тому часто метод відтинання використовується в комбінації з методом гілок та меж (метод гілок та меж з відтинаннями) для підвищення ефективності розв'язання задач цілочислового програмування.

Моделі динамічної оптимізації використовуються для прийняття рішень у ситуаціях, що розвиваються в часі. Вони враховують послідовність рішень, де кожне рішення впливає не лише на поточний результат, але й на майбутні можливості та обмеження. Сутність динамічної оптимізації полягає у знаходженні оптимальної стратегії управління протягом певного періоду часу. Для розв'язання таких задач застосовуються спеціальні математичні методи, такі як принцип оптимальності Беллмана (динамічне програмування), методи варіаційного числення та оптимального керування. Динамічні моделі є важливими для довгострокового планування, управління інвестиціями, розробки стратегій розвитку підприємства та аналізу економічних процесів у часовій динаміці.

3. Моделі вибору стратегії підприємницького розвитку за обмежених ресурсів.

В умовах обмежених ресурсів, що є визначальною рисою багатьох підприємств на різних етапах їхнього життєвого циклу, вибір стратегії розвитку стає важливим фактором виживання та подальшого зростання. Ефективні моделі вибору стратегії в таких умовах допомагають підприємцям раціонально розподіляти та використовувати наявні ресурси для досягнення стратегічних цілей, мінімізуючи ризики та максимізуючи потенціал.

1. Стратегія ощадливого стартапу (Lean Startup) – ця модель, розроблена Еріком Рісом, є системним підходом до створення та управління стартапами, що характеризується ітеративним розвитком продукту на основі швидкого зворотного зв'язку від споживачів. Основними елементами є побудова мінімально життєздатного продукту (MVP) з базовим набором функцій, його швидке виведення на ринок для тестування, збір відгуків клієнтів та подальша ітерація на основі отриманих даних. Це дозволяє підприємству уникнути значних витрат на розробку непотрібних функцій, швидко перевіряти гіпотези та адаптуватися до ринкових вимог, мінімізуючи таким чином втрати часу та ресурсів.

2. Стратегія фокусування (Focus Strategy) – запропонована Майклом Портером, ця стратегія передбачає концентрацію зусиль та обмежених ресурсів на вузькому сегменті ринку або певній ніші. Підприємство прагне досягти конкурентної переваги, або за рахунок нижчих витрат (фокусування на витратах), або за рахунок унікальності продукту чи послуги (фокусування на диференціації), але в межах обраного вузького сегменту. Глибоке розуміння потреб специфічної групи клієнтів та висока спеціалізація дозволяють ефективно використовувати обмежені ресурси та задовольняти потреби цільової аудиторії краще за конкурентів, які орієнтуються на ширший ринок.

3. Стратегії партнерства та співробітництва – в умовах нестачі власних ресурсів, стратегічні альянси, спільні підприємства, франчайзинг, аутсорсинг та інші форми співробітництва можуть стати ефективним способом отримання доступу до необхідних компетенцій, технологій, ринків збуту або фінансових ресурсів без значних власних інвестицій. Партнерство дозволяє розподілити ризики та витрати, а також скористатися синергією об'єднаних зусиль для досягнення спільних цілей.

4. Стратегія інтенсивного зростання (Intensive Growth Strategies) – згідно з матрицею Ансоффа I., існують три основні стратегії інтенсивного зростання:

- глибоке проникнення на ринок – збільшення продажів існуючих продуктів на існуючих ринках шляхом активнішого маркетингу, стимулювання споживання, залучення нових клієнтів у межах поточного ринку;

- розвиток ринку – вихід з існуючими продуктами на нові ринкові сегменти або географічні ринки;

- розвиток продукту – запропонування нових або модифікованих продуктів на існуючих ринках. В умовах обмежених ресурсів, вибір конкретної стратегії інтенсивного зростання має ґрунтуватися на ретельному аналізі потенціалу кожного напрямку та можливості його реалізації з наявними ресурсами.

Вибір оптимальної стратегії розвитку за обмежених ресурсів є складним завданням, що вимагає від підприємця глибокого розуміння власного бізнесу, ринкових можливостей, наявних ресурсів та готовності до інновацій та адаптації. Часто ефективним є комбінування елементів різних стратегій для досягнення стійкого розвитку.

4. Практичне застосування оптимізаційних моделей для обґрунтування управлінських рішень.

Оптимізаційні моделі є потужним інструментом для кількісного обґрунтування управлінських рішень у різних сферах діяльності підприємства. Завдяки формалізації проблем у вигляді математичних задач, ці моделі дозволяють знаходити найкращі варіанти дій, що відповідають заданим критеріям ефективності та наявним обмеженням. Практичне застосування оптимізаційних моделей допомагає керівництву приймати більш обґрунтовані, ефективні та економічно вигідні рішення, мінімізуючи ризики та максимізуючи вигоди.

Основні сфери практичного застосування оптимізаційних моделей:

1. Виробниче планування та управління:
 - Оптимізація виробничої програми – визначення оптимального обсягу виробництва кожного виду продукції з урахуванням попиту, виробничих потужностей, наявності сировини та інших ресурсів для максимізації прибутку або мінімізації витрат.
 - Розподіл обладнання та завантаження потужностей – визначення оптимального розподілу виробничих завдань між різними одиницями обладнання для мінімізації часу виконання замовлень, простоїв або виробничих витрат.
 - Управління запасами – визначення оптимального рівня запасів сировини, матеріалів та готової продукції для мінімізації витрат на зберігання, замовлення та уникнення дефіциту.
 - Планування поставок – оптимізація маршрутів доставки, вибору постачальників та графіків поставок для мінімізації транспортних витрат та забезпечення своєчасного надходження необхідних ресурсів.
2. Фінансове управління:
 - Оптимізація інвестиційного портфеля – розподіл інвестицій між різними активами для максимізації прибутковості при заданому рівні ризику або мінімізації ризику при заданій прибутковості.
 - Бюджетування – розподіл фінансових ресурсів між різними підрозділами та проектами для досягнення стратегічних цілей підприємства з урахуванням фінансових обмежень.
 - Управління оборотним капіталом – оптимізація рівня дебіторської та кредиторської заборгованостей, а також грошових коштів для забезпечення ліквідності та мінімізації фінансових витрат.
3. Маркетинг та збут:
 - Оптимізація рекламних кампаній – розподіл рекламного бюджету між різними каналами комунікації для максимізації охоплення цільової аудиторії та ефективності реклами.
 - Ціноутворення – визначення оптимальної ціни на продукцію або послуги для максимізації прибутку з урахуванням попиту, витрат та цін конкурентів.

- Вибір каналів розподілу – оптимізація вибору та використання різних каналів збуту для максимізації охоплення ринку та мінімізації витрат на дистрибуцію.

4. Логістика та управління ланцюгами поставок:

- Оптимізація транспортних маршрутів – побудова найефективніших маршрутів доставки для мінімізації транспортних витрат та часу доставки.

- Розміщення складів – визначення оптимального розташування складських приміщень для мінімізації витрат на транспортування та зберігання.

- Управління ланцюгами поставок – координація та оптимізація потоків товарів, інформації та фінансів між усіма учасниками ланцюга поставок для підвищення ефективності та зниження витрат.

5. Управління персоналом:

- Оптимізація графіків роботи – складання оптимальних графіків роботи для працівників з урахуванням навантаження, законодавчих вимог та мінімізації витрат на оплату праці.

- Розподіл завдань та ресурсів – оптимальний розподіл завдань між працівниками з урахуванням їхньої кваліфікації та наявних ресурсів для максимізації продуктивності.

Процес практичного застосування оптимізаційних моделей:

1. Визначення проблеми та цілей – чітке формулювання управлінської проблеми, яку необхідно вирішити, та визначення конкретних цілей, яких потрібно досягти (наприклад, максимізувати прибуток на 15%, мінімізувати транспортні витрати на 10%).

2. Побудова математичної моделі – формалізація проблеми у вигляді математичної моделі, що включає цільову функцію (критерій оптимізації) та систему обмежень (ресурсів, технологічних вимог, ринкових умов тощо).

3. Збір та аналіз даних – збір необхідних кількісних даних для параметрів моделі (витрати, ціни, попит, потужності тощо). Перевірка достовірності та актуальності даних.

4. Вибір методу розв'язання – вибір відповідного алгоритму або програмного забезпечення для розв'язання побудованої оптимізаційної моделі (наприклад, симплекс-метод для лінійного програмування, спеціалізовані солвери для нелінійного та цілочислового програмування).

5. Розв'язання моделі та отримання оптимального рішення – застосування обраного методу для знаходження оптимальних значень змінних, які забезпечують екстремум цільової функції при дотриманні всіх обмежень.

6. Аналіз результатів та інтерпретація – перевірка адекватності отриманого рішення реальній ситуації, проведення чутливості аналізу (оцінка впливу змін параметрів моделі на оптимальне рішення), формулювання конкретних управлінських рекомендацій.

7. Впровадження оптимального рішення – реалізація розроблених рекомендацій на практиці та контроль за їхнім виконанням.

8. Моніторинг та коригування – постійний моніторинг результатів впровадження та внесення необхідних коректив до моделі або прийнятих рішень у разі зміни зовнішніх або внутрішніх умов.

Переваги практичного застосування оптимізаційних моделей:

- кількісне обґрунтування рішень – забезпечують науково обґрунтований підхід до прийняття управлінських рішень на основі аналізу даних та математичних розрахунків;

- підвищення ефективності – дозволяють знаходити найкращі способи використання наявних ресурсів для досягнення максимальних результатів;

- зниження витрат – допомагають мінімізувати витрати у різних сферах діяльності підприємства;

- покращення планування – забезпечують інструменти для розробки більш ефективних та реалістичних планів;

- підвищення конкурентоздатності – дозволяють підприємствам приймати більш вигідні рішення порівняно з конкурентами, які не використовують такі методи;

- аналіз «що, якщо» – дають можливість досліджувати наслідки різних управлінських сценаріїв без реальних експериментів.

Таким чином, оптимізаційні моделі є цінним інструментом для керівництва підприємства, що прагне до підвищення ефективності своєї діяльності, прийняття обґрунтованих рішень та досягнення стійких конкурентних переваг. Їхнє практичне застосування вимагає кваліфікованих фахівців, які володіють знаннями в галузі математичного моделювання, економіки та конкретної сфери управління.

Тема 5. Експертні методи при моделюванні соціально-економічних процесів

1. Сутність експертного оцінювання.
2. Методи збору та обробки експертної інформації: метод Делфі, аналітичні ієрархії, SWOT-аналіз.
3. Інтеграція експертних оцінок у побудову моделей соціально-економічного розвитку.
4. Оцінка надійності експертного судження.

1. Сутність експертного оцінювання.

Суть експертного оцінювання полягає у використанні знань та інтуїції кваліфікованих фахівців у певній галузі для ідентифікації ключових критеріїв та майбутніх тенденцій, що характеризують об'єкт дослідження. Це особливо цінно в ситуаціях, коли бракує достатньої та достовірної статистичної інформації. Отримані від експертів судження підлягають подальшій обробці з метою виявлення найбільш значущих факторів та закономірностей, притаманних об'єкту аналізу. Експертні методи поділяються на два основні типи: прямі експертні оцінки, що ґрунтуються на незалежній думці експертів без взаємного впливу, та експертні оцінки зі зворотним зв'язком, які передбачають коригування думок експертної групи на основі раніше отриманих відгуків.

Прямі експертні оцінки формуються шляхом збору та обробки незалежних, узагальнених суджень від групи експертів або окремого фахівця. Основним принципом є відсутність будь-якого впливу на думку кожного експерта з боку його колег або загальної думки експертної групи. Це дозволяє отримати первинні, неупереджені оцінки, що відображають індивідуальне бачення ситуації кожним експертом.

Експертні оцінки зі зворотним зв'язком, навпаки, передбачають певний механізм впливу на оцінки експертної групи або окремого експерта на основі раніше отриманої від цієї ж групи інформації. Цей підхід реалізує принцип зворотного зв'язку, дозволяючи експертам переглядати та коригувати свої судження, враховуючи думки інших учасників експертного процесу.

Експертні методи знаходять своє застосування в прогнозуванні соціально-економічних процесів у ряді специфічних ситуацій. До них належать випадки відсутності достатньої та надійної статистичної інформації про об'єкт дослідження, умови високої невизначеності зовнішнього середовища, особливо для галузей, що зазнають значного впливу науково-технічних проривів, ситуації дефіциту часу для проведення глибокого

аналізу, а також екстремальні обставини, що вимагають швидких та обґрунтованих рішень.

Особливо широке застосування експертні оцінки отримали при прогнозуванні ключових напрямків розвитку науково-технічного прогресу, а також у суспільній та політичній сферах діяльності, де кількісні дані часто є обмеженими або не відображають усієї складності процесів.

До методів індивідуального експертного оцінювання належать «інтерв'ю», що передбачає безпосередню комунікацію експерта з фахівцем за схемою «питання – відповідь», аналітичний метод, який полягає в логічному аналізі прогнозованої ситуації та складанні аналітичних записок, та метод написання сценарію, що базується на визначенні ймовірної послідовності подій у часі за різних можливих умов.

Метод інтерв'ю реалізується через розповсюдження опитувальних листів, телефонні розмови або особисті зустрічі, під час яких прогнозіст ставить експерту питання щодо об'єкта дослідження відповідно до заздалегідь розробленої програми.

Головним недоліком методу інтерв'ю є залежність отриманих даних від суб'єктивності та відповідальності респондентів, які можуть надавати недостатньо обдумані відповіді, особливо за умов анонімності. Також часто виникають складнощі з ідентифікацією респондентів, чітким формулюванням питань та забезпеченням достатньої кількості відповідей. Метод ґрунтується на припущенні, що респонденти вже сформулювали свої плани на майбутнє, і не відбудеться жодних подій, які могли б їх змінити.

Аналітичні експертні оцінки передбачають тривалу та ретельну самостійну роботу експерта над аналізом існуючих тенденцій, оцінкою поточного стану та визначенням можливих шляхів розвитку прогнозованого об'єкта. Цей метод надає експерту можливість використовувати всю необхідну інформацію про об'єкт прогнозу, а свої висновки він оформлює у вигляді доповідної записки.

Побудова сценаріїв являє собою метод, що визначає сценарій як опис альтернативних варіантів майбутнього або передбачуваної послідовності подій за певних допустимих умов. Сценарій представляє собою хронологію майбутніх змін, включаючи деталі зовнішнього середовища, стратегій конкурентів, нових відкриттів та дій уряду, і формулюється як реалістична можливість з використанням переконливої мови та розвиненої уяви. Метод аналізу сценаріїв передбачає розгляд декількох різних сценаріїв, що відображають ймовірні напрямки розвитку ситуації, з метою врахування невизначеності та розробки стратегій, придатних для різних обставин.

Головними перевагами розглянутих індивідуальних методів є можливість максимального використання індивідуальних здібностей експертів та мінімальний психологічний тиск на окремого виконавця. Однак

ці методи є менш придатними для прогнозування загальних стратегій через обмеженість знань одного фахівця щодо розвитку суміжних галузей науки.

Методи колективних експертних оцінок включають метод «комісій», «колективна генерація ідей» («мозкова атака»), метод «Дельфі» та матричний метод. Ця група методів базується на припущенні про вищу точність результату при колективному мисленні та можливості виникнення нових продуктивних ідей при обробці незалежних оцінок експертів.

У сучасному світі значного поширення набули експертні методи, що базуються на роботі спеціальних комісій, де групи експертів обговорюють конкретну проблему за «круглим столом» з метою узгодження думок та вироблення спільного судження. Недоліком цього методу є тенденція групи експертів у своїх узагальненнях керуватися логікою компромісу.

Метод колективної генерації ідей («мозкова атака») застосовується для вирішення завдань прогнозування, що включають визначення можливих варіантів розвитку об'єкта прогнозування та їхню оцінку. Застосування «мозкових атак» на етапі визначення можливих варіантів розвитку дозволяє швидко отримати значну кількість ідей та залучити всіх експертів до активного творчого процесу.

Методи «мозкових атак» можуть бути класифіковані за наявністю або відсутністю зворотного зв'язку між керівником та учасниками в процесі розв'язання проблемної ситуації. Наявність зворотного зв'язку дозволяє учасникам концентруватися на варіантах, корисних за певними критеріями, але може обмежити бачення всього спектру підходів. Відсутність зворотного зв'язку стимулює висловлювання, але ускладнює етап оцінювання ідей.

Одним із варіантів методу «мозкової атаки» є деструктивна відносна оцінка (ДВО), яка забезпечує якісну та швидку оцінку варіантів без обмеження їхньої кількості. Суть методу полягає в активізації творчого потенціалу фахівців через генерацію ідей та їхнє подальше спростування або критику з формулюванням єдиної думки.

Дельфійський метод уможливорює організацію статистичної обробки думок експертів та досягнення ними більш узгодженої думки. Цей метод, розроблений корпорацією РЕНД, базується на принципі, що в гуманітарних науках суб'єктивні судження експертів мають замінити точні закони причинності природознавчих наук.

Підґрунтям дельфійського методу є багатоетапне узгодження думок групи експертів. Спочатку з'ясовуються індивідуальні думки щодо ймовірності настання певної події. Результати опитування збираються та обговорюються, а авторам крайніх прогнозів пропонується переглянути свої думки. Процес повторюється до досягнення узгодженого прогнозу. В альтернативній версії експерти працюють анонімно, обмінюючись думками письмово до досягнення консенсусу.

Дельфійський метод характеризується трьома основними особливостями, що відрізняють його від звичайних методів групової взаємодії експертів: анонімністю експертів, використанням результатів попереднього туру опитування для фокусування на проблемі та статистичною характеристикою групової відповіді, що відображає думку більшості експертів.

Метод «Дельфі» має певні недоліки, включаючи вплив особистих рис експертів на кінцевий результат, значні витрати на його застосування та відсутність єдиної думки щодо складу експертної групи та обсягу інформації для обміну на першому етапі.

Сутність методу колективної експертної оцінки для розробки прогнозів полягає у досягненні погодженості думок експертів щодо перспективних напрямків розвитку об'єкта прогнозування та оцінці аспектів, які не можуть бути визначені іншими методами.

Зміст методу колективної експертної оцінки включає створення робочих груп для організації опитування, обробки матеріалів та аналізу результатів, призначення експертів для надання відповідей на питання щодо перспектив розвитку галузі, уточнення основних напрямків розвитку об'єкта та складання відповідної матриці, розробку питань для експертів, забезпечення однозначності розуміння питань та незалежності суджень експертів, а також обробку матеріалів для характеристики узагальненої думки та ступеня погодженості індивідуальних оцінок.

Остаточна оцінка визначається як середнє судження, середнє арифметичне значення оцінок усіх експертів або середнє нормалізоване зважене значення оцінки.

2. Методи збору та обробки експертної інформації: метод Делфі, аналітичні ієрархії, SWOT-аналіз

Експертна інформація є цінним ресурсом для прийняття рішень та прогнозування в умовах невизначеності або відсутності достатніх кількісних даних. Існує ряд методів для збору та обробки цієї інформації, кожен з яких має свої особливості та сфери застосування, а саме: метод Делфі, метод аналітичних ієрархій та SWOT-аналіз.

1. Метод Делфі є ітеративним процесом анонімного опитування групи експертів з метою досягнення консенсусу щодо складної проблеми або прогнозу. Його сутність полягає в проведенні декількох раундів опитування, де після кожного раунду експертам надається узагальнена інформація про відповіді інших учасників (зазвичай у вигляді медіани та кuartилів), зберігаючи при цьому їхню анонімність. Це дозволяє експертам переглянути свої початкові оцінки, враховуючи думки колег, без прямого

міжособистісного впливу та групового тиску. Процес триває до досягнення стабілізації відповідей або заздалегідь визначеної кількості раундів. Метод Делфі особливо корисний для прогнозування майбутніх тенденцій, оцінки ризиків та прийняття стратегічних рішень у складних та невизначених ситуаціях.

2. Метод аналітичних ієрархій (Analytic Hierarchy Process, АНР) є структурованим підходом до прийняття рішень, що дозволяє розкласти складну проблему на ієрархію взаємопов'язаних критеріїв, субкритеріїв та альтернатив. Експерти здійснюють парні порівняння елементів на кожному рівні ієрархії, оцінюючи їхню відносну важливість або перевагу за спеціальною шкалою. Отримані судження агрегуються за допомогою математичних процедур для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв та пріоритетів альтернатив. МАІ забезпечує кількісну оцінку якісних факторів, сприяє узгодженню думок експертів та допомагає у виборі найкращої альтернативи на основі врахування різних критеріїв. Цей метод широко застосовується у стратегічному плануванні, управлінні проектами, виборі постачальників та інших сферах, де необхідно враховувати множинні критерії та експертні оцінки.

3. SWOT-аналіз є якісним методом стратегічного планування, що використовується для оцінки сильних (Strengths) та слабких (Weaknesses) сторін організації (або проєкту, ідеї), а також її зовнішніх можливостей (Opportunities) та загроз (Threats). Зазвичай результати SWOT-аналізу представляються у вигляді матриці, що відображає комбінації цих чотирьох елементів. Хоча SWOT-аналіз не є суто методом збору та обробки кількісної експертної інформації, він часто включає експертну оцінку цих чотирьох категорій. Керівники, аналітики або групи експертів проводять мозкові штурми та обговорення для виявлення ключових внутрішніх та зовнішніх факторів, що впливають на організацію. SWOT-аналіз допомагає сформулювати стратегічні напрямки розвитку, використовуючи сильні сторони для реалізації можливостей, мінімізуючи слабкі сторони та уникаючи загроз. Він є важливим інструментом для стратегічного аналізу та розробки загальної стратегії розвитку.

3. Інтеграція експертних оцінок у побудову моделей соціально-економічного розвитку.

Інтеграція експертних оцінок у побудову моделей соціально-економічного розвитку є важливим підходом, особливо в умовах складності, невизначеності та недостатності кількісних даних, що часто супроводжують аналіз та прогнозування таких масштабних систем. Експертні знання та інтуїція можуть суттєво доповнити традиційні статистичні та економетричні методи, дозволяючи врахувати якісні фактори, неформальні зв'язки та потенційні сценарії розвитку, які складно формалізувати кількісно.

Існує кілька способів інтеграції експертних оцінок у моделі соціально-економічного розвитку:

1. Визначення структури моделі та вибір факторів: експерти можуть допомогти ідентифікувати змінні, взаємозв'язки між ними та загальну структуру моделі на початкових етапах її розробки. Їхнє розуміння предметної області дозволяє виявити важливі фактори, які можуть бути неочевидними при чисто кількісному аналізі, а також визначити напрямки впливу між різними елементами системи.

2. Оцінка параметрів моделі – у випадках, коли статистичні дані для оцінки параметрів моделі є обмеженими або відсутніми, експертні оцінки можуть використовуватися для визначення ймовірних значень коефіцієнтів, еластичностей або інших параметрів. Методи, такі як пряме оцінювання, парні порівняння (використовуючи МАІ) або консенсусні методи (наприклад, Делфі), можуть застосовуватися для отримання таких оцінок.

3. Сценарне моделювання – експерти відіграють важливу роль у розробці реалістичних та ймовірних сценаріїв майбутнього соціально-економічного розвитку. Вони можуть враховувати політичні, технологічні, соціальні та екологічні фактори, які важко передбачити кількісно. Ці сценарії потім можуть бути використані як вхідні дані для моделювання, дозволяючи оцінити потенційні наслідки різних варіантів розвитку та розробити відповідні стратегії.

4. Верифікація та валідація моделей – експерти можуть залучатися для оцінки адекватності та правдоподібності результатів моделювання. Їхні знання та досвід дозволяють виявити потенційні невідповідності між модельними прогнозами та очікуваними тенденціями реального світу, а також надати рекомендації щодо удосконалення моделі.

5. Врахування якісних факторів – соціально-економічний розвиток залежить не лише від кількісних показників, але й від якісних аспектів, таких як інституційне середовище, культурні особливості, рівень довіри, політична стабільність тощо. Експертні оцінки можуть допомогти інтегрувати ці якісні

фактори в модель, наприклад, через введення спеціальних індикаторів або шляхом коригування модельних параметрів на основі експертних суджень.

Методи інтеграції експертних оцінок:

- пряме введення експертних оцінок – експертні судження безпосередньо використовуються як значення параметрів моделі або як вхідні дані для моделювання сценаріїв;
- зважування експертних оцінок – різним експертам або групам експертів присвоюються певні вагові коефіцієнти, що відображають їхню компетентність або ступінь узгодженості їхніх думок. Отримані оцінки потім зважуються відповідно до цих коефіцієнтів;
- використання експертних оцінок для калібрування моделей – експертні прогнози використовуються для коригування параметрів або структури вже існуючих кількісних моделей, щоб підвищити їхню адекватність та прогностичну силу;
- комбінування експертних та кількісних прогнозів – отримані за допомогою кількісних методів прогнози комбінуються з експертними оцінками з використанням різних методів агрегування (наприклад, середнє арифметичне, зважене середнє).

Переваги інтеграції експертних оцінок:

- дозволяє врахувати знання та досвід провідних фахівців;
- може компенсувати недостатність або низьку якість статистичних даних;
- сприяє врахуванню якісних та неформалізованих факторів;
- покращує адекватність та реалістичність моделей, особливо в умовах невизначеності;
- збільшує довіру до результатів моделювання серед осіб, які приймають рішення.

Обмеження інтеграції експертних оцінок:

- суб'єктивність експертних суджень;
- можливість упередженості експертів;
- складність об'єктивної оцінки компетентності експертів;
- трудомісткість та часові витрати на організацію експертних опитувань;
- потенційні розбіжності в думках експертів.

Незважаючи на певні обмеження, інтеграція експертних оцінок є цінним інструментом у побудові моделей соціально-економічного розвитку, особливо при аналізі складних та слабо структурованих проблем, де якісні знання та інтуїція експертів можуть суттєво підвищити якість та обґрунтованість модельних прогнозів та рекомендацій. Успішна інтеграція вимагає ретельного вибору експертів, застосування адекватних методів збору

та обробки інформації, а також прозорості та обґрунтованості процесу включення експертних суджень у модель.

4. Оцінка надійності експертного судження.

Оцінка надійності експертного судження є важливим етапом у процесі використання експертних методів для моделювання та прийняття рішень. Оскільки експертні оцінки ґрунтуються на суб'єктивних знаннях, досвіді та інтуїції фахівців, важливо мати інструменти для визначення ступеня їхньої обґрунтованості, узгодженості та здатності відображати реальний стан справ або майбутні тенденції. Надійність експертного судження впливає на якість моделей, прогнозів та управлінських рішень, що базуються на цих оцінках.

Існує кілька підходів та критеріїв для оцінки надійності експертного судження:

1. Компетентність експертів:

- Рівень знань та досвіду – оцінюється глибина знань експерта у відповідній галузі, його практичний досвід та досягнення.
- Репутація та авторитет – враховується визнання експерта в професійній спільноті, його публікації, участь у значущих проєктах тощо.
- Незалежність та об'єктивність – важливо, щоб експерт був незалежним від зацікавлених сторін та міг надавати неупереджені судження.
- Мотивація – зацікавленість експерта у якісному виконанні завдання також є важливим фактором надійності.
- Самооцінка компетентності – самооцінка експертом власної компетентності може дати додаткову інформацію.

2. Узгодженість думок експертів:

- Коефіцієнти конкордації – для групи експертів розраховуються статистичні міри узгодженості їхніх оцінок (наприклад, коефіцієнт конкордації Кендалла, коефіцієнт внутрішньокласової кореляції). Високий рівень узгодженості свідчить про більшу надійність групового судження.
- Аналіз розбіжностей – виявлення та аналіз причин розбіжностей у думках експертів може допомогти виявити помилки, різне розуміння проблеми або різні точки зору, що потребують додаткового обговорення.

3. Обґрунтованість аргументації:

- Якість наведених аргументів – оцінюється логічність, повнота та доказовість аргументів, які експерти наводять на підтримку своїх суджень.
- Використання релевантної інформації – враховується, чи використовує експерт актуальну та достовірну інформацію при формуванні своєї думки.
- Прозорість процесу – розуміння того, як експерт дійшов до свого висновку, підвищує довіру до його судження.

4. Відповідність реальності (валідність):

- Порівняння з фактичними даними – у ретроспективі оцінюється, наскільки точними були попередні експертні прогнози порівняно з реальними подіями.

- Зовнішня валідація – залучення незалежних експертів для оцінки обґрунтованості та реалістичності отриманих суджень.

5. Методологія проведення експертного оцінювання:

- Чіткість постановки завдання – однозначне розуміння експертами поставлених питань та цілей оцінювання.

- Якість інструментарію – використання зрозумілих та валідних шкал оцінювання, анкет тощо.

- Процедура проведення – дотримання стандартних процедур, особливо при використанні таких методів, як Делфі.

- Зворотний зв'язок – ефективність механізму зворотного зв'язку для коригування думок експертів.

Методи підвищення надійності експертних суджень:

- ретельний відбір експертів – залучення компетентних, незалежних та мотивованих фахівців;

- чітке формулювання завдань та питань;

- забезпечення анонімності (у відповідних методах);

- організація контрольованого зворотного зв'язку;

- використання комбінації різних експертних методів;

- застосування статистичних методів для аналізу узгодженості думок;

- проведення навчання та інструктажу для експертів;

- документування процесу експертного оцінювання та обґрунтувань експертів.

Оцінка надійності експертного судження є важливим етапом для забезпечення якості інформації, що використовується в моделях соціально-економічного розвитку. Комплексний підхід, що враховує компетентність експертів, узгодженість їхніх думок, обґрунтованість аргументації та відповідність реальності, дозволяє підвищити довіру до результатів експертного оцінювання та їхню практичну цінність.

ПИТАННЯ ДО МОДУЛЮ 2

1. Яке визначення оптимізаційної моделі є найбільш точним у контексті підприємницької діяльності?
2. Назвіть основні критерії класифікації оптимізаційних моделей, що застосовуються в бізнесі.
3. У чому полягає сутність лінійного програмування та які типові задачі підприємництва можуть бути розв'язані за його допомогою?
4. Чим нелінійне програмування відрізняється від лінійного? Наведіть приклади економічних задач, що потребують застосування нелінійних моделей.
5. Що являють собою моделі цілочислової оптимізації та в яких ситуаціях їх використання є необхідним у підприємницькій діяльності?
6. Розкрийте сутність моделей динамічної оптимізації. Які задачі довгострокового планування та управління можуть бути вирішені за їх допомогою?
7. Які ключові моделі вибору стратегії підприємницького розвитку існують в умовах обмежених ресурсів? Охарактеризуйте одну з них детальніше.
8. Як стратегія ощадливого стартапу (Lean Startup) допомагає підприємствам розвиватися за обмежених ресурсів?
9. Наведіть конкретні приклади практичного застосування оптимізаційних моделей у виробничому плануванні.
10. Як оптимізаційні моделі можуть бути використані для обґрунтування фінансових рішень у підприємстві?
11. У чому полягає сутність експертного оцінювання як методу дослідження та прогнозування?
12. Охарактеризуйте метод Делфі як інструмент збору та обробки експертної інформації. Які його переваги та недоліки?
13. Як працює метод аналітичних ієрархій (MAI) та в яких випадках його застосування є найбільш доцільним?
14. Яке місце SWOT-аналіз займає серед методів збору та обробки експертної інформації? У чому його основна цінність?
15. Наведіть приклади інтеграції експертних оцінок у побудову моделей соціально-економічного розвитку.
16. Які існують способи оцінки надійності експертного судження? Назвіть основні критерії.
17. Чим відрізняються прямі експертні оцінки від експертних оцінок зі зворотним зв'язком?
18. У яких ситуаціях застосування експертних методів у прогнозуванні є найбільш виправданим?

19. Опишіть один з методів індивідуального експертного оцінювання та його особливості.

20. Які переваги та недоліки характерні для методів колективних експертних оцінок? Наведіть приклад одного з таких методів.

Рекомендована література

1. Mathematical-Statistical Models and Qualitative Theories for Economic and Social Sciences / S. Hoskova-Mayerova, F. Maturo, J. Kasprzyk (eds.). Cham: Springer, 2017. 437 p.
2. Mills T. C. Applied Time Series Analysis: A Practical Guide to Modeling and Forecasting. Cambridge: Elsevier, 2019. 354 p.
3. Антонюк А. О. Моделювання систем: навч. посіб. Ірпінь: Університет ДФС України, 2019. 412 с.
4. Бандоріна Л.М., Лозовська Л.І., Савчук Л.М. Моделювання економіки : навч. посібник. Дніпро : УДУНТ, 2022. 154 с.
5. Горкавий В. К. Статистика : Підручник. Третє вид., переробл. і доповн. Київ: Алерта, 2020. 644 с.
6. Городянська Л. В., Сизов А. І. Статистика для економістів : навчальний посібник. – Київ : Київський національний університет імені Т. Шевченка, 2019. 350 с.
7. Економіко-математичне моделювання: навч. посібник / За ред. В.В. Вітлінського. К.: КНЕУ, 2008. 536 с.
8. Економіко-математичне моделювання: навч. посібник / За ред. О. Т. Іващука. Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
9. Економічна статистика : навч. посіб. / В. М. Соколов, Т. Г. Чала, О. С. Корепанов та ін. ; за ред. В. М. Соколова. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2017. 388 с.
10. Казарезов А.Я., Ципліцька О.О. Економіко-математичне моделювання: навч. посібник для самостійного вивчення / Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009. 248 с.
11. Карабин О. О., Стасюк М. Ф., Кусій М. І. Статистичний аналіз. – Львів : Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2015. 132 с.
12. Карташов М. В. Імовірність, процеси, статистика. – Київ : ВПЦ Київський університет, 2007. 504 с.
13. Математичні методи і моделі в управлінні економічними процесами / Л. М. Малярець, В. В. Койбічук, Є. Ю. Місюра; за заг. ред. Малярець Л. М. Х.: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. 420 с.
14. Мельникова М.В. Матричні методи макроекономічного планування: підхід до підвищення ефективності використання. Збірник наукових праць ДонДУУ. Серія «Економіка». 2017. №1. С. 56-67.
15. Моделювання економіки: підручник / В.С. Григорків. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2019. – 360 с.

16. Островський П.І., Гострик О.М., Добрунік Т.П., Радова О.В. Моделювання економічних процесів: Навчальний посібник. – Одеса. ОНЕУ, 2012. 132 с.

17. Порсюрова І. П. Кореляційний аналіз взаємозв'язку показників акціонерних товариств. Розвиток бухгалтерського обліку та оподаткування в Україні: теорія, практика та професійна етика [Електронний ресурс] : збірка тез Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, м. Ірпінь, 5-6 листопада 2020 року. – Ірпінь: Університет Державної Фіскальної Служби України, 2020. С. 275-277.

18. Порсюрова І.П. Статистика : конспект лекцій для здобувачів спеціальності 073 Менеджмент (освітня програма «Торговельний менеджмент») першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, денної та заочної форм здобуття освіти [Електронний ресурс] / укладач І. П. Порсюрова. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – (PDF 77 с.).

19. Ревенко Д.С. Структурний підхід до моделювання стійкості соціально-економічних систем. *Проблеми системного підходу в економіці*. Вип. 6(68), 2018. С.225-230.

20. Щербініна С.А., Климко О.Г., Марочко Т.Р. Застосування економіко-математичного моделювання для аналізу діяльності підприємства. *Ефективна економіка*. 2019. № 6. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?n=6&y=2019>.

Електронне навчальне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

Порсюрова Ірина Петрівна

МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Конспект лекцій
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «доктор філософії»
денної, вечірньої та заочної форм здобуття освіти за спеціальністю
076 «Підприємництво та торгівля»

В авторській редакції

Підписано до розміщення 20.02.2026. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 3,07. Обсяг 0,587 Мб. Зам. № 62/26.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна