МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Н.М.Гарматій, І.О.Мартиняк, Г.В.Ціх

КЛАСИЧНІ ТА СУЧАСНІ МОДЕЛІ ЕКОНОМІКИ

*НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК*

ТЕРНОПІЛЬ, 2023

**УДК 330.4**

Гарматій Н.М., Мартиняк І.О., Ціх Г.В. Класичні та сучасні моделі економіки: навч. посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 300с.

*Укладачі:*

Наталія ГАРМАТІЙ, кандидат економічних наук, доцент

Ірина МАРТИНЯК, кандидат економічних наук

Галина ЦІХ, кандидат економічних наук, доцент

*Рецензенти:*

Леся БУЯК, доктор економічних наук, професор

(Західноукраїнський національний університет)

Сергій СПІВАК, доктор економічних наук, доцент

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

Рекомендовано до друку

Вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Протокол № 6 від 20 червня 2023

У посібнику розкрито теоретико-методичні аспекти моделювання економіки. Проаналізовано широкий спектр класичних та сучасних моделей, які дозволяють описати економічні процеси різних рівнів. Запропоновано матеріали для набуття студентами практичних навиків моделювання та аналізу економічних процесів, в т.ч. із використанням прикладних програм.

Для студентів вищих навчальних закладів.

ЗМІСТ

[Передмова 4](#_Toc147316086)

[Тема 1. Основні дефініції математичного моделювання 6](#_Toc147316087)

[Тема 2. Моделі споживчої поведінки 22](#_Toc147316088)

[Тема 3. Моделі макроекономічної рівноваги та балансові моделі 35](#_Toc147316089)

[Тема 4. Динамічні моделі економіки 58](#_Toc147316090)

[Тема 5. Основи теорії ігор 80](#_Toc147316091)

[Тема 6. Моделювання дохідності портфельних інвестицій 89](#_Toc147316092)

[Тема 7. Моделювання ефективності інвестиційних проектів 113](#_Toc147316093)

[Тема 8. Сучасні методи та моделі прогнозування економічних процесів 178](#_Toc147316094)

[Тема 9. Моделі міжнародної торгівлі 187](#_Toc147316095)

[Тема 10. Моделювання економіки в умовах глобалізації 200](#_Toc147316096)

[Тема 11. Теорія нечітких множин у моделюванні економічних процесів 236](#_Toc147316097)

[Перелік використаної та рекомендованої літератури 290](#_Toc147316098)

Передмова

Одним з найважливіших і найбільш актуальних питань сучасної економічної науки є чіткий і правильний опис складних економічних явищ, взаємозв’язків та взаємовпливів між учасниками економічних процесів з метою розробки найбільш вірогідних сценаріїв їх розвитку або прогнозування майбутнього стану економіки. Таким чином перед економістами постає завдання правильного відображення усього комплексу факторів, які впливають на економічну поведінку суб’єктів ринку.

З цією метою використовуються економічні моделі, тобто, моделі, які сфокусовані на описі економічних явищ та процесів. В окремих джерелах як синонім терміну «модель» часто зустрічається термін «теорія». І хоча вони є близькими за змістом, але, водночас, не можуть вважатися взаємозамінними. Як правило, термін «теорія» відображає більш абстрактне явище, тоді як «модель» має прикладним або емпіричний характер.

Як і в інших сферах науки, модель – це спрощене відображення реальності. На відміну від архітектури, техніки або анатомії, де ми можемо створити фізичні моделі (модель будівлі, рухомого механізму, скелету людини), економічні моделі можна представити лише описово.

Моделювання – дієвий інструментарій, що дозволяє пояснювати і прогнозувати досліджуваний спостережуваний об’єкт. Саме тому питанню моделювання управлінських процесів відводиться така вагома роль.

Проблемами моделювання управлінських процесів присвячені роботи зарубіжних учених – А. Демодорана, М. Х. Мескон, Дж. Неймана, Л. Планкетт, Г. Хейла, О. Моргентейна, П. Скотта, М. Еддоуса, Р. Стенсфілда, К. Г. Корлі, С. Воллі і Дж. Р. Баума.

З вітчизняних фахівців, які займалися вивченням моделювання в управлінні, можна відзначити роботи К. А. Багріновського, Є. В. Бережного, В. І. Бережного, В. Г. Болтянською, А. С. Большакова, В. П. Бусигіна, В.М. Вовка, В.В. Вітлінського, Я. Г. Жданової, Р.М. Рогатинського, І.М. Паславської, Г. П. Фоміна та ін.

Класичні та сучасні моделі економіки – це не що інше як спроби вчених відобразити за допомогою словесного опису, графічних символів чи математичних залежностей дію «невидимої руки ринку», описаної класиком економіки Адамом Смітом у праці «Багатство народів». Взаємозалежності між певними явищами сучасної економіки є очевидними, а фактори характеризуються сильним впливом (для прикладу, такі зв’язки описуються класичними сьогодні моделями цінової еластичності попиту, виробничої функції). Інші явища складно піддаються узагальненню та систематизації, характеризуються високим ступенем невизначеності, включають значний набір факторів; окремі моделі характеризуються комплексністю, охоплюючи не лише економічні фактори, але й соціально-психологічні, екологічні (наприклад, моделі споживчої поведінки, моделі зеленої економіки та сталого розвитку). Побудова моделі дозволяє відобразити процеси реальної економіки через спрощення та узагальнення окремих явищ, що впливає на суб’єктивність відображення реальних процесів. За рахунок відмінностей в методології статистичних спостережень різнитимуться дані емпіричних моделей для різних регіонів світу, навіть якщо вони базуються на однакових теоретичних моделях. Вплив випадкових факторів також змінює якість моделі, її адекватність реальним подіям та можливість дати точний прогноз у довгостроковій перспективі.

Важливим завданням вчених в ході моделювання економічних процесів є підбір достатньої кількості математичних рівнянь для опису раціональної поведінки або максимізації рівня корисності. Моделюючи економічні процеси, ми стикаємося із рядом обмежень, які впливають на якість, зокрема, припущення та спрощення реальності. Побудова моделей має бути спрямована на врахування різних аспектів діяльності всіх учасників економічних процесів. Наприклад, математичне моделювання управлінських процесів у фінансово-економічній системі передбачає вибір найбільш раціонального математичного методу для розв’язування задачі. Модель повинна враховувати стільки елементів і зв’язків, щоб досить точно відобразити фінансову реальність, а результати рішень були корисні керівникові, що приймає рішення зі стратегічного та тактичного планування, і вирішуватися доступними фінансистові математичними методами, програмними і комп’ютерними засобами у прийнятний термін.

Тому сьогодні настільки важливою є підготовка фахівців у сфері економіки із знаннями та практичними навиками використання сучасних економіко-математичних моделей та методів, міжнародного досвіду організації та ведення сучасного бізнесу, здатних розуміти та пояснювати події, які відбуваються у національному та світовому економічному просторі, передбачати їх можливі наслідки для різних сфер суспільного життя, розробляти пропозиції, в т.ч. для обґрунтування політичних рішень, дозволить трансформувати економіку.

В даному посібнику зібрано матеріали щодо основних моделей економічних процесів як на мікро-, так і на макрорівні. Після опрацювання теоретичного матеріалу тем, доцільно використовувати блоки тестових завдань та теоретичних питань для додаткового опрацювання вивченого теоретичного матеріалу. Наведені практичні завдання є типовими для матеріалу відповідних тем, тому дозволять краще зрозуміти теоретичний матеріал, а наведений хід виконання завдання дасть можливість опанувати дані навики самостійно.

Тема 1. Основні дефініції математичного моделювання

1. Поняття математичного моделювання
2. Основні класифікації моделей
3. Етапи процесу моделювання
4. Перевірка статистичної надійності моделі

**Вивчення даної теми націлене на:**

Визначення сутності моделювання, його основних характеристик;

Формування понятійного апарату моделювання;

Розуміння основних відмінностей моделей різних видів;

Розуміння логіки основних етапів розробки моделей

Формування навиків перевірки адекватності розроблених моделей

**Поняття математичного моделювання**

Поняття моделювання, тобто спрощеного відображення сучасного світу завжди цікавило людство. Якщо згадати давній Єгипет, то моделювання подачі інформації відображалося через ієрогліфи та символи. Сучасне покоління, яке практично більшу половину часу проводить у смартфонах, пересилаючи «смайлики» різного виду та гатунку і не здогадується, що займається кодуванням вхідної інформації, яке колись історично використували найдревніші народи планети: римляни, єгиптяни, китайці та інші.

Дефініція моделювання

|  |
| --- |
| ***Моделювання*** означає спрощене відображення досліджуваних процесів в економіці, бізнесі або суспільно-економічних об’єктах, представлене у спеціально визначених форматах, максимально наближених до реальної ситуації чи події. |

Проміжна та визначальна інформація проведеного моделювання може бути представлена у формі:

* таблиць;
* графіків;
* математичних формул ;
* коду для програм з використанням інформаційних систем;
* словесного чи графічного опису та ін.

При цьому параметрами об’єкта називають фактори, які характеризують властивості об’єкта або його складників. У процесі дослідження об’єкта ряд параметрів може змінюватися, тому їх називають змінними, які в, свою чергу, поділяються на змінні стану та змінні керування. Як правило, змінні стану об’єкта є функцією змінних керування та дій зовнішнього середовища.

Характеристиками (вихідними) називаються безпосередні кінцеві результати функціонування об’єкта (зрозуміло, що вхідні характеристики є змінними станів). Відповідно, характеристики зовнішнього середовища описують його властивості, які впливають на процес та результат функціонування об’єкта, та представлено на рис.1.

Рис. 1.1 Систематизація факторів в економіко-математичних моделях

Значення ряду факторів, що визначають початковий стан об’єкта або зовнішнього середовища, називаються початковими умовами.

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

|  |  |
| --- | --- |
|  | Фактично кожна людина, яка навчається, займається моделюванням. Наприклад тоді, коли ви плануєте свою подальшу діяльність у виробничих структурах, започаткування бізнесу, навіть планування подорожей, ви займаєтеся моделюванням. Тобто чітко трансофрмуєте свої цілі та плани, черед алгоритм конкретних дій в певному часовому проміжку. В економіці все відбувається за цим же принципом |

Кожна економічна ситуація: виробництво продукції, започаткування власного бізнесу, заміна старих технологій на нові, впровадження існуючих технологій, створення нового стартапу, або реконструкція вже існуючого - це є економічне моделювання. Але вже у більш складних ситуаціях застосовують чітких математичний аппарат, який базується на класичних моделях, які вже опрацьовані на практиці, та адаптовані до сучасних вимог та технологій. Разом із тим, можна сказати, що **модель** – це інструмент кількісного аналізу певних явищ, крім того, вони розвивають інтелект і дають багато корисного для прийняття рішень. Водночас математичні методи – це не тільки засоби математичної інтерпретації економічних законів і процесів, а й могутній математичний інструментарій їх виявлення, теоретичного формулювання й прийняття оптимальних рішень На рисунку 1.2 представимо застосування можливих існуючих методів при моделюванні економічних процесів.

Рис. 1.2. Схематичне представлення математичних методів

В означенні моделі можна визначити декілька важливих моментів:

* модель може бути матеріальним об’єктом або абстрактним представленням, і, як наслідок, конкретне втілення моделі не буде суттєвим для мети моделювання;
* основна властивість моделі – здатність представити об’єкт

при дослідженні його властивостей;

* моделлю може бути тільки така структура, яка дозволить отримати на її основі більш повну інформацію, в порівнянні з безпосереднім дослідженням об’єкта.

Розрізняють фізичне та математичне моделювання, та зараз вже у сучасній економіці використовують нейронне моделювання, або моделювання, засноване на основі штучного інтелекту та нейронних мереж.

**Математичне моделювання** – універсальний та ефективний інструмент пізнання внутрішніх закономірностей, властивих явищам і процесам. Воно дає можливість вивчити кількісні взаємозв’язки, взаємозалежності моделюючої системи та вдосконалити її подальший розвиток і функціонування з допомогою математичної моделі.

Математичну модель розуміємо як формалізований, тобто представлений математичними співвідношеннями, набір правил, що описують фактори суттєвого впливу на функціонування об’єкта дослідження. *Хоча модель може бути представлена і у вигляді таблиці, графіка, або у іншому формальному представленні*.

|  |
| --- |
| Математична модель є системою математичних формул, нерівностей або рівнянь, які достатньо адекватно описують явища та процеси, що властиві для оригіналу |

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

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

Моделювання служить передумовою та інструментом аналізу економіки і процесів, які функціонують у ній, а також як засіб обґрунтування прийняття рішень, прогнозування, бізнес-планування та керування економічними об’єктами. Модель економічного об’єктапереважно підтримується реальними статистичними та емпіричними даними, а результати розрахунків, виконані в межах побудованої моделі, дають можливість будувати прогнози на майбутнє та давати об’єктивні оцінки корисності об’єктів дослідження

Будь-яка наука використовує загальнонаукові та специфічні методи дослідження.

Загальнонаукові:

1) метод наукової абстракції;

2) метод аналізу та синтезу;

3) метод єдності історичного та логічного;

4) позитивний і нормативний методи.