

ВСТУП

Аналітична підготовка майбутніх бакалаврів і магістрів з економіки будь-якого фахового спрямування займає важливе місце в системі економічної освіти. Володіння прийомами і методами економетричного аналізу створює підґрунтя для підготовки економістів нового покоління, зокрема формування нового економічного мислення в майбутніх економістів і менеджерів, набуття ними здатності сприймати економічні процеси, що відбуваються на підприємствах у всій їх багатогранності та взаємозумовленості.

Це особливо важливо в умовах розвитку та поглиблення ринкових засад у нашій економіці, які об'єктивно ускладнюють завдання у сфері прийняття оптимальних управлінських рішень на кожному підприємстві, на кожному об'єкті управління.

У посібнику розглянуто процес економетричного дослідження діяльності підприємства від побудови регресійних рівнянь, які описують взаємозв'язки між економічними показниками цієї діяльності до прогнозування економічних процесів на підприємстві. Значну роль водночас приділено застосуванню прикладних комп'ютерних програм.

Навчальний посібник структурно складається з шести розділів, тестових завдань, додатків і списку літератури.

Перший розділ присвячено елементам математичного моделювання і розгляду основних етапів економетричного моделювання діяльності підприємств.

У другому розділі розглянуто аналіз діяльності підприємств на основі парної та множинної лінійної регресії. Показано метод найменших квадратів для побудови цих моделей та передумови його застосування. Крім цього, розглянуто використання коефіцієнтів кореляції та детермінації для визначення міцності зв'язку між результируючою і факторними змінними. Також наведено способи обчислення вибірових похибок коефіцієнтів регресійних моделей і самих регресій, похибки індивідуальної оцінки множинної регресії та вибіркової похибки коефіцієнта кореляції.

У третьому розділі увагу приділено побудові нелінійних регресійних моделей, зокрема аналізу діяльності підприємств на прикладі виробничої функції Кобба – Дугласа.

У четвертому розділі досліджено вплив мультиколінеарності, гетероскедастичності та автокореляції залишків на моделювання діяльності підприємств. Існування цих явищ у моделях множинної регресії забороняє використовувати для оцінки параметрів регресії метод найменших квадратів. У посібнику розглянуто суть цих явищ, методи їх виявлення в моделі й оцінювання параметрів моделі у випадку наявності мультиколінеарності, гетероскедастичності чи автокореляції залишків.

П'ятий розділ присвячено економетричним моделям динаміки діяльності підприємств, зокрема, економетричному аналізу цієї діяльності на основі часових рядів, і статистичним методам визначення трендів.

Значну цікавість для осіб, які займаються практичним застосуванням економетричних методів для оцінки діяльності підприємства, повинен викликати шостий розділ. У цьому розділі для моделювання діяльності підприємств розглянуто практичне застосування комп'ютерних програм – табличного процесора Excel, пакетів прикладних програм Statistica та EViews. Кожен розділ завершено переліком контрольних запитань і задач для закріплення поданого в ньому матеріалу.

У тестових завданнях наведено тести для самоперевірки студентами пройденого в посібнику матеріалу. Навчальний посібник завершено додатками, що містять статистичні таблиці розподілів, і списком літератури.

Навчальний посібник «Економетричний аналіз діяльності підприємств» ґрунтується на основі однойменного курсу, який читають у Львівській комерційній академії для магістрантів галузі знань «Економіка та підприємництво».

Автори з подякою сприймуть будь-які зауваження і пропозиції щодо подальшого вдосконалення структури та змісту даного посібника, спрямовані на підвищення якості аналітичної підготовки фахівців.

1. ОСНОВНІ ЕТАПИ ЕКОНОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

1.1. Елементи математичного моделювання діяльності підприємств

При дослідженні складних економічних процесів та явищ часто застосовують моделювання. **Модель** – це спеціально створений об'єкт, на якому відтворюють певні характеристики досліджуваного явища, а **моделювання** – це конкретне відтворення цих характеристик, що дає змогу вивчати можливу поведінку явища без проведення експериментів над ним [41].

Для аналізу діяльності підприємств, де не завжди можливо або доцільно робити експерименти, важливого значення набуває математичне моделювання. Будь-яка економічна модель включає математичний опис реально діючої економічної системи, процесів та явищ, які відбуваються в ній. Ці моделі будують для теоретичних цілей економічного аналізу, визначення прогнозних оцінок функціонування економічної системи, оперативного і стратегічного управління процесами, що відбуваються в ній, плануванням її стійкого розвитку тощо. На змістовному рівні економічні моделі об'єднують такі основні процеси, як керування, планування, виробництво і т. ін.

Усі математичні моделі, що використовують під час аналізу діяльності підприємств, можна поділити на класи за низкою ознак. Так, залежно від особливостей об'єкта моделювання та математичного інструментарію, що використовують при його дослідженні, виділено такі моделі [41].

Мікроекономічні моделі описують взаємодію структурних і функціональних складових економіки або поведінку окремої складової в ринковому середовищі. Завдяки різноманіттю типів економічних елементів і форм їх взаємодії на ринку мікроекономічне моделювання становить основну частину економіко-математичної теорії.

Теоретичні моделі дають змогу вивчати загальні властивості економіки та її характерні елементи й отримувати нові результати на підставі формальних припущень.

Прикладні моделі дають змогу оцінити певні економічні показники, надати їм конкретних значень, виходячи з відповідної статистичної інформації.

Статичні моделі описують стан економічного об'єкта в певний момент чи період часу, а *динамічні моделі* допомагають вивчати взаємозв'язки економічних змінних у часі. Змінні, що вивчаються в динаміці, у статичних моделях мають фіксоване значення. Однак, динамічна модель не зводиться до простої суми статичних моделей, а описує взаємодію сил, що розвивають економіку.

Детерміновані моделі передбачають жорсткі функціональні зв'язки між змінними моделі, а *стохастичні* – припускають наявність випадкових впливів на досліджувані показники.

Рівноважні моделі описують такий стан економіки, коли всі сили, що намагаються вивести її з рівноваги, мають нульову сумарну дію. *Оптимізаційні моделі* найчастіше застосовують на мікрорівні: вони дають змогу визначати найкращі рішення в умовах обмежених можливостей.

Предметом економетричного дослідження діяльності підприємств є прикладні *стохастичні економічні моделі*, тобто економічні моделі, в яких параметри набувають конкретних числових значень залежно від використаної статистичної інформації.

Часто в економічних моделях виокремлюють який-небудь один процес (наприклад, виробництво), а всі інші подають у спрощеному вигляді. При побудові математичної моделі, залежно від того, якому економічному процесу приділяють увагу, використовують той чи інший математичний апарат. У моделях планування в основному використовують системи алгебраїчних (лінійних) рівнянь та нерівностей, оскільки основним завданням планування є балансова ув'язка виробництва та споживання, різних складових частин, що математично можна виразити у вигляді системи рівнянь і (або) нерівностей [37].

Моделі оптимального планування математично становлять собою екстремальні задачі з обмеженнями. В основному це задачі лінійного програмування, їх розширення або узагальнення. Наприклад, для визначення інтенсивності виробничих можливостей таким чином, аби були виконані планові завдання, не перевитрачені ресурси, а деяка виділена складова частина була вироблена в максимальній кількості, приходимо до задачі лінійного програмування.

Економічні моделі управління ґрунтуються на різного роду екстремальних задачах, зокрема, задачах оптимального керування згідно з Понтрягіним.

Моделі росту породжують особливого роду екстремальні задачі. Їх будують з метою виявлення максимально можливих темпів росту економічної системи за тих або інших умов, зокрема, при як завгодно великому інтервалі часу. Найбільш відомою моделлю росту є модель розширюваної економіки, що запроваджена та досліджена видатним американським математиком Джоном фон Нейманом. Вона задається двома невід'ємними матрицями витрат і випуску та призначена для знаходження максимального технологічного темпу росту, який система може витримати скільки завгодно довго (мінімальні задачі).

Модель рівноваги, головним об'єктом моделювання якої є взаємодія протидійних економічних сил або факторів, ґрунтується на теорії ігор.

У моделях прогнозу використовують апарат кореляційного та регресійного аналізу (наприклад, в економічних моделях, які описують складні макроекономічні процеси), теорію випадкових процесів, теорію масового обслуговування, теорію статистичних рішень тощо.

Окрім економетрії, дослідженням економічних систем різного рівня складності займаються такі самостійні математичні дисципліни, як економічна кібернетика та математична економіка. **Економічна кібернетика** – напрям у кібернетиці, що використовує її методи і засоби з метою дослідження і організації процесів у економічних системах, а **математична економіка** – напрям у теоретичній економіці, що складений на основі використання

математичних моделей і методів для виявлення різного роду закономірностей і ефектів в економічних системах [37]. Багато з перелічених вище економічних моделей є об'єктами дослідження цих дисциплін.

У цьому навчальному посібнику ми будемо розглядати економетричне моделювання діяльності підприємств, тобто ми будемо аналізувати діяльність підприємств за допомогою економетричних моделей. Нагадаємо означення економетричної моделі.

Економетрична модель – це математична функція (вираз) чи система функцій (виразів), яка найкращим чином описує реально існуючі взаємозв'язки між економічними показниками.

Загальний вигляд економетричної моделі є таким:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_p, \varepsilon), \quad (1.1)$$

де Y – результуюча або залежна змінна, зміна якої описується даним рівнянням; $X_1, X_2, \dots, X_p$ – факторні ознаки або незалежні змінні, які визначають зміну Y ; ε – випадкова величина або залишки моделі, що містить ту частину зміни Y , яка не пояснюється впливом факторних ознак $X_1, X_2, \dots, X_p$ і має випадковий характер. Символ f відображає аналітичний вид зв'язку між досліджуваними змінними.

1.2. Основні етапи економетричного моделювання діяльності підприємств

Відправною точкою в економетричному моделюванні є побудова економетричних моделей, які можна використовувати для порівняння різних варіантів економічної політики підприємства, а також для перевірки різноманітних теоретичних положень [53].

Основні етапи побудови економетричних моделей та їх використання для прогнозування такі:

1. Вибір адекватної моделі, що пояснює поведінку економічної системи, та потрібних змінних. Змінні, значення яких визначаються в моделі, є

результуючими (ендогенними). Змінні, значення яких визначаються за межами моделі, є факторними (екзогенними).

2. Відображення моделі у вигляді рівняння або системи рівнянь, які пов'язують вибрані змінні. Потрібно звернути особливу увагу на випередження та запізнення в рівняннях, а також на змінні, що містять інформацію про перспективу.

3. Знаходження даних про значення змінних із дотриманням, наскільки це можливо, теоретичних концепцій.

4. Оцінка числових значень невідомих параметрів, які входять до рівнянь, з використанням відповідних економетричних методів.

5. Перевірка отриманої моделі за допомогою відповідних статистичних критеріїв.

6. Прогнозування значень екзогенних змінних. На основі рівнянь з оціненими параметрами та прогнозу екзогенних змінних передбачення потрібних показників, а саме значень ендогенних змінних.

Для ілюстрації наведеної схеми розглянемо просту функцію попиту на бензин різних марок на деякій АЗС. Цей приклад не претендує на реалістичне пояснення поведінки споживачів. Вибір зумовлений тим, що даний приклад дає змогу виявити низку важливих моментів.

1. **Вибір адекватної моделі.** Припустимо, що функцію попиту можна задати у вигляді

$$q = f(p, Y), \quad (1.2)$$

де q – обсяг попиту на бензин; p – відносна ціна на нього з урахуванням загального рівня цін; Y – рівень реального доходу споживачів.

Відсутність індексів вказує на відсутність запізнення в рівнянні. До рівняння входить ендогенна змінна q та дві екзогенні змінні p і Y . Таким чином, ми намагаємось пояснити зміни в обсязі попиту за допомогою змін відносних цін p і доходу Y . Отже, для прогнозу q потрібно знати значення p та Y . Рівняння (1.2) є надто загальним, щоб його можна було оцінити. Тому перейдемо до наступного етапу.

2. *Вибір конкретного типу функції f.* Згідно з економічною теорією, можна запропонувати логарифмічно-лінійну функцію попиту зі сталою еластичністю, а саме

$$\log q = \alpha + \beta \log p + \lambda \log Y + \varepsilon, \quad (1.3)$$

де β і λ – еластичність, відповідно, за ціною та доходом.

Припустимі альтернативні форми функціональної залежності – лінійна та семілогарифмічна. Зауважимо, що ми включили до рівняння сталу складову α та збурення ε , що є білим шумом або класичною похибкою, тобто кожен елемент вектора ε має нульове математичне сподівання, сталу дисперсію та некорельований з іншими елементами ε . Причини введення цих величин до рівняння такі:

а) збурення відображає ефект від решти змінних, які мають відносно незначний вплив на q , і тому не включені до рівняння;

б) за допомогою рівняння (1.3) можна пояснити типову або усереднену залежність і неможливо пояснити кожне фактичне значення.

У більш загальному випадку до складних економетричних моделей можуть входити, залежно від обставин, комбінації лінійних і нелінійних функцій. Перевагою лінійних функцій є простота, особливо це стосується стадії оцінювання параметрів і прогнозування. Однак потреба розглядати такі змінні, як рівень цін та відносна швидкість зміни деякого показника (рівень інфляції), означає, що навіть прості моделі включають нелінійності.

Подальшим кроком аналізу рівняння (1.3) є розгляд деяких припущень про значення β і λ . Згідно з економічною теорією, можна сподіватися, що зростання відносної ціни призведе до зменшення q . Отже, величина β повинна бути від'ємною. І навпаки, зростання доходу зумовлює збільшення q . Тому додатні значення λ узгоджуватимуться з теорією. Крім того, слід очікувати, що значення λ буде порівняно невеликим, оскільки на бензин буде витрачено лише малу частку приросту реального доходу.

3. Розгляд проблеми правдивості даних. В ідеалі нам потрібні точні дані про всі необхідні змінні. Але дані, що публікують, відображають компроміс між потребами користувачів (економістів, працівників соціальних служб, комерсантів, промисловців) і розробників (як правило, урядових статистиків). У нашому прикладі обсяг продажу бензину можна вимірювати в одиницях об'єму або в еквівалентних одиницях деякого октанового числа. Але відомо, що зміни у співвідношенні між обсягами продажу бензину, скажімо, марки А92 та марки А98, може позбавити ці показники змісту. За величину q можна також взяти обсяг реальних витрат на споживання бензину. Останній, за економічною природою, є індексним числом, масштаб якого визначається цінами базового року. В цьому випадку зрозуміло, що значення q залежить від вибору базового року. З подібними проблемами ми стикаємось, розглядаючи ціни та доходи. Це означає, що існує відмінність між теоретичними поняттями та реальними даними. Крім того, опубліковані дані дещо неточні через неповне охоплення об'єктів, вплив тіньової економіки, використання вибіркового оцінок, помилки в обробці даних.

4. Оцінка параметрів. На цьому етапі дані зводять до відповідності з теоретичною моделлю й оцінюють значення параметрів (у рівнянні (1.3) це невідомі коефіцієнти α , β , λ). Стандартний підхід – використання одного з різновидів методу найменших квадратів (МНК) – реалізується за допомогою комп'ютерних пакетів. У моделях з одночасними рівняннями звичайний МНК забезпечує отримання зміщених оцінок параметрів завдяки наявності ендогенних змінних у правих частинах рівнянь. Отже, потрібні інші підходи, наприклад, метод інструментальних змінних або метод систем.

У нашому прикладі припускатимемо, що змінні p та Y є екзогенними і що відсутні проблеми ідентифікації (тобто ми впевнені, що не маємо справи з кривою пропозиції). Отже, для оцінювання параметрів можна застосовувати звичайний МНК. Параметри після оцінювання можна перевірити на відповідність з теорією, тобто порівняти їхні знаки та величини з очікуваними. В разі розбіжностей з теорією можна або відкинути результати, підтримуючи

теорію, або відмовитись від даного трактування теорії й прийняти результати. В першому випадку можна зробити висновок, що дані ненадійні або є результатом дії аномальних факторів, тому намагатись їх урахувати; в другому — доцільно вдосконалювати теорію, розглядаючи інший набір рівнянь (1.2) і (1.3).

5. Перевірка отриманої моделі за допомогою відповідних статистичних критеріїв. На попередньому етапі ми отримали конкретні значення невідомих коефіцієнтів α , β , λ . Але ці значення ми отримали для деякої вибірки спостережень. Тому нам потрібно перевірити, чи ці значення узгоджуються з відповідними коефіцієнтами генеральної сукупності, тобто перевірити їхню статистичну значущість. Для цього використовують t -критерій Стюдента.

Також на цьому етапі перевіряють статистичну значущість показників, які визначають міцність зв'язку між ендогенною змінною (q) та екзогенними змінними (p і Y), а саме множинних коефіцієнтів детермінації і кореляції. Статистичну значущість коефіцієнта множинної кореляції перевіряють за допомогою t -критерію Стюдента, а множинного коефіцієнта детермінації – за допомогою F -критерію Фішера. Якщо коефіцієнт детермінації є статистично значущим, то побудована модель (1.3) є адекватною до експериментальних даних.

6. Прогнозування. Після того, як вибрано модель, і встановлено, що вона є адекватною за F -критерієм, її можна використати для прогнозу. В нашому прикладі, аби спрогнозувати значення q на наступний рік, потрібно знайти значення екзогенних змінних p і Y , оскільки прогноз суттєво залежить від цих величин. Таким чином можна пояснити, якими факторами визначається q , а не просто попередня поведінка проектується на майбутнє. Крім того, можлива мета побудови прогнозу – вивчити дію різних податкових ставок на обсяг надходження податків, а отже, p можна вважати контрольованою змінною. Однак, у такому разі потрібно передбачити значення Y на наступний рік (Y залишається екзогенною змінною). Це можна зробити або на основі