

# ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ОСНОВНІ ЕТАПИ ЕКОНОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ.....	10
1.1. Елементи математичного моделювання діяльності підприємств.....	10
1.2. Основні етапи економетричного моделювання діяльності підприємств.....	13
Контрольні запитання.....	19
2. ЕКОНОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ.....	20
2.1. Економетричний аналіз діяльності підприємств на основі парної лінійної регресії.....	20
2.1.1. Постановка завдання.....	20
2.1.2. Знаходження параметрів лінійного рівняння регресії методом найменших квадратів.....	24
2.1.3. Коефіцієнт кореляції.....	35
2.1.4. Інтерпретація та оцінювання рівняння регресії.....	37
2.1.4.1. Розклад результуючої змінної на складові частини.....	37
2.1.4.2. Стандартна похибка оцінювання за рівнянням регресії та її основні властивості.....	39
2.1.4.3. Відношення детермінації. Кореляційне відношення.....	44
2.1.4.4. Емпіричне відношення детермінації і кореляції.....	46
2.1.4.5. Вибіркові похибки параметрів регресії.....	47
2.1.4.6. Вибіркова похибка регресії.....	52
2.1.4.7. Похибка індивідуального оцінювання.....	55
2.1.4.8. Оцінка коефіцієнта кореляції.....	56
2.1.4.9. Перевірка нульових гіпотез.....	59
2.2. Економетричний аналіз діяльності підприємств на основі множинної лінійної регресії.....	62
2.2.1. Постановка завдання.....	62

2.2.2. Знаходження параметрів лінійного множинного рівняння регресії методом найменших квадратів.....	64
2.2.3. Основні статистичні оцінки багатofакторного рівняння регресії.....	79
2.2.3.1. Стандартна похибка оцінки за рівнянням.....	79
2.2.3.2. Коефіцієнти детермінації і кореляції.....	81
2.2.3.3. Вибіркова похибка коефіцієнта множинної регресії.....	82
2.2.3.4. Вибіркова похибка множинної регресії.....	84
2.2.3.5. Похибка індивідуальної оцінки множинної регресії.....	87
2.2.3.6. Вибіркова похибка коефіцієнта множинної кореляції.....	89
2.2.4. Часткова регресія і кореляція.....	91
2.2.5. Покроковий регресійний аналіз.....	95
2.2.6. Хибна кореляція.....	99
Контрольні запитання і задачі.....	102
<b>3. ЕКОНОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ.....</b>	<b>105</b>
3.1. Постановка завдання.....	105
3.2. Аналіз діяльності підприємств на основі нелінійної парної моделі регресії.....	106
3.3. Функція Кобба – Дугласа.....	116
Контрольні запитання і задачі.....	122
<b>4. ВПЛИВ МУЛЬТИКОЛІНЕАРНОСТІ, ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНОСТІ ТА АВТОКОРЕЛЯЦІЇ ЗАЛИШКІВ НА МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ.....</b>	<b>125</b>
4.1. Постановка завдання.....	125
4.2. Мультиколінеарність.....	126
4.2.1. Проблема мультиколінеарності.....	126
4.2.2. Виявлення мультиколінеарності в економетричній моделі. Алгоритм Фаррара – Глобера.....	129

4.2.3. Способи усунення мультиколінеарності. Метод головних компонентів.....	137
4.3. Гетероскедастичність.....	144
4.3.1. Проблема гетероскедастичності.....	144
4.3.2. Перевірка наявності гетероскедастичності в економетричній моделі.....	146
4.3.2.1. Непараметричний тест Гольдфельда – Квандта.....	146
4.3.2.2. Параметричний тест Гольдфельда – Квандта.....	147
4.3.3. Усунення гетероскедастичності. Параметризація моделей з гетероскедастичними залишками.....	151
4.3.3.1. Усунення гетероскедастичності.....	151
4.3.3.2. Параметризація моделей з гетероскедастичними залишками...	153
4.4. Автокореляція.....	156
4.4.1. Проблема автокореляції залишків.....	156
4.4.2. Перевірка наявності автокореляції залишків. Критерій Дарбіна – Уотсона.....	158
4.4.3. Параметризація моделей з автокорельованими залишками.....	161
Контрольні запитання і задачі.....	167
<b>5. ЕКОНОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ.....</b>	<b>170</b>
5.1. Постановка завдання.....	170
5.2. Економетричний аналіз діяльності підприємств на основі часових рядів.....	171
5.2.1. Поняття часового ряду.....	171
5.2.2. Основні показники часових рядів.....	173
5.2.3. Розклад ряду динаміки на складові компоненти.....	182
5.2.4. Перевірка гіпотези про існування основної тенденції динаміки.....	184
5.2.5. Вибір моделі основної тенденції.....	188
5.3. Статистичні методи визначення трендів.....	194
5.3.1. Типи статистичних методів.....	194
5.3.2. Метод ковзної середньої.....	195

5.3.3. Метод найменших квадратів.....	201
5.3.4. Метод скінченних різниць.....	215
5.3.5. Метод експоненціального вирівнювання (метод Брауна).....	218
5.3.6. Прогнозування часових рядів за відсутності тренду.....	227
Контрольні запитання і задачі.....	229
<b>6. ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ.....</b>	<b>232</b>
6.1. Постановка завдання.....	232
6.2. Моделювання діяльності підприємств у пакеті MS Excel.....	235
6.2.1. Побудова моделі парної лінійної регресії в Excel.....	235
6.2.2. Побудова моделі множинної лінійної регресії в Excel.....	251
6.2.3. Дослідження основної тенденції розвитку показників діяльності підприємств за допомогою моделей тренду.....	259
6.3. Моделювання діяльності підприємств у пакеті Statistica.....	266
6.3.1. Побудова моделі парної лінійної регресії в Statistica.....	266
6.3.2. Побудова моделі множинної лінійної регресії в Statistica.....	274
6.3.3. Побудова моделі нелінійної регресії в Statistica.....	279
6.4. Моделювання діяльності підприємств у пакеті EViews.....	282
Контрольні запитання і задачі.....	297
<b>ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ.....</b>	<b>302</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>321</b>
<i>Додаток 1. Англо-український словник основних термінів, які         використовуються в пакеті Statistica.....</i>	<i>321</i>
<i>Додаток 2. Нормальний закон розподілу. Значення функції Лапласа <math>\Phi(t)</math>.....</i>	<i>338</i>
<i>Додаток 3. Критичні значення <math>t</math>-розподілу Стьюдента.....</i>	<i>340</i>
<i>Додаток 4. Критичні значення <math>F</math>-розподілу Фішера.....</i>	<i>342</i>
<i>Додаток 5. Критичні значення кумулятивного критерію для рівня значущості         <math>\alpha = 0,05</math>.....</i>	<i>346</i>

<i>Додаток 6. Критичні значення статистики Дарбіна – Уотсона <math>d_1</math> і <math>d_2</math>.....</i>	<i>347</i>
<i>Додаток 7. Критичні значення <math>\chi^2</math>-розподілу.....</i>	<i>352</i>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>354</b>
<b>Предметний покажчик.....</b>	<b>360</b>

## 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, їхню багатогранність та взаємозумовленість.

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 результуючою 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.

- вирівнювання часового ряду методом ковзної середньої;
- обчислення середніх приростів для вирівненого ряду;
- обчислення похідних характеристик приростів.

Вирівнювання часового ряду ковзної середньої дає можливість «грубо» вирівняти тенденцію зміни ряду – тренд.

**Таблиця 5.5. Характер зміни показників середніх приростів для різних видів функцій**

Показники	Характер зміни показників у часі	Вигляд функції
$\bar{\Delta}_t$	Майже рівні	Пряма (5.33)
$\bar{\Delta}_t$	Змінюються лінійно	Парабола другого порядку (5.34)
$\bar{\Delta}_t^2$	Те саме	Парабола третього порядку (5.35)
$\frac{\bar{\Delta}_t}{\bar{y}_t}$	Майже рівні	Експонента (5.37)
$\frac{\bar{\Delta}_t}{\bar{y}_t}$	Змінюються лінійно	Логарифмічна парабола (5.39)
$\log \bar{\Delta}_t$	Те саме	Модифікована експонента (5.41)
$\log \frac{\bar{\Delta}_t}{\bar{y}_t}$	- «-	Функція Гомперца (5.42) або (5.43)
$\log \frac{\bar{\Delta}_t}{\bar{y}_t^2}$	- «-	Логістична функція (5.44) або (5.45)

Далі визначають середні прирости та їхні похідні характеристики:

$$\bar{\Delta}_t; \bar{\Delta}_t^{(2)}; \frac{\bar{\Delta}_t}{\bar{y}_t}; \log \bar{\Delta}_t; \log \frac{\bar{\Delta}_t}{\bar{y}_t}; \log \frac{\bar{\Delta}_t}{\bar{y}_t^2}. \quad (5.47)$$

Вигляд форми функції для вирівнювання часового ряду визначають за табл. 5.5.

Досить ефективна методика вибору форми тренду запропонована в [70].



На першому етапі часовий ряд вирівнюють методом ковзної середньої. Для вирівненого ряду визначають характеристики, які відповідають параметрам основних ліній:

- ланцюговий абсолютний приріст – для прямої;
- ланцюговий темп зростання – для експоненти;
- прискорення приросту – для параболи другого порядку.

Далі, отриманий ряд значень приростів поділяють на кілька частин (мінімально – на дві, краще – на три або чотири); згідно з  $t$ -критерієм Стьюдента перевіряють істотність відмінностей між середніми приростами окремих частин ряду. Якщо ці відмінності не суттєві при заданому рівні значущості  $\alpha$ , середньорічний абсолютний приріст вважають сталим і тренд на досліджуваному проміжку вирівнюють прямою лінією. Якщо відмінності абсолютних приростів є суттєвими між усіма частинами ряду, проте незначно відрізняються середні темпи зростання, то тренд описують експоненціальною функцією. Якщо відмінності між значеннями прискорень не істотні, то основну тенденцію динаміки описують параболою другого порядку.

Існують також інші способи вибору типу форми основної тенденції динаміки. Охарактеризуємо деякі з них:

- якщо розподіл різниць першого порядку близький до нормального, то динаміку вирівнюють логістичними функціями (5.44) або (5.45);
- якщо середні рівні на напівлогарифмічному графіку близькі до прямої лінії, то перевагу надають простій експоненті (5.37);
- якщо ці рівні утворюють криву, що є близькою до модифікованої експоненти (5.41), то тренд краще описувати функцією Гомперца (5.42) або (5.43);
- якщо перші різниці логарифмів рівнів часових рядів є сталими, то тренд вирівнюють експонентою (5.37);
- якщо вони змінюються зі сталим темпом, то динаміку вирівнюють за допомогою функції Гомперца (5.42) або (5.43);

## Предметний покажчик

### А

Абсолютний приріст

- базисний 174
- ланцюговий 174

Автокореляція залишків 30, 156, 157

Алгоритм Фаррара – Глобера 131, 142

Аналітичне групування 20

### В

Відношення детермінації 44

Вільний член рівняння регресії 25, 72, 244, 255

Виробнича функція Кобба – Дугласа 118

### Г

Гетероскедастичність 29, 144, 145

Гомоскедастичність 29, 145

Гранична похибка 42, 86

### Д

Детермінована модель 11

Динамічна модель 11

### Е

Економетричний пакет Eviews 233, 282

Економетрична модель 13

Емпіричне відношення детермінації 46

### З

Загальні нелінійні моделі регресії 107

Залежна змінна 13

Залишки моделі 13

### К

Квазілінійні моделі регресії 107

Коефіцієнт детермінації 44, 81, 133, 235, 244, 255, 278

Коефіцієнт еластичності 119

Коефіцієнт кореляції 34, 35, 57, 60, 82, 90, 235, 278

Коефіцієнт регресії 25, 49, 61, 83, 244, 255

Кореляційне відношення 44, 45

Кореляційний зв'язок 23, 41

Критерій Дарбіна – Уотсона 158, 159

Кумулятивний критерій виявлення  
тренду 187

## Л

Лінійна модель тренду 259

Лінія емпіричної регресії 21

Лінія теоретичної регресії 23

## М

Метод Брауна 219

Метод головних компонентів 138

Метод Ейткена 153, 161

Метод експоненціального  
вирівнювання 219

Метод ковзної середньої 195

Метод найменших квадратів (МНК)  
26, 30, 68, 201

Метод скінченних різниць 215

Мікроекономічна модель 10

Моделювання 10

Модель 10

Мультиколінеарність 67, 127

## Н

Незалежна змінна 13

Непараметричний тест  
Гольдфельда – Квандта 146

## П

Параболічна модель тренду 259

Параметри рівняння регресії 65, 72

Параметричний тест

Гольдфельда – Квандта 147

Прикладна модель 11

## Р

Результуюча змінна 13, 24, 65

Рівняння регресії 23, 106, 126

## С

Середній рівень ряду динаміки 180

Система нормальних рівнянь 31, 69,  
72

Стандартна похибка оцінки за  
рівнянням регресії 39, 40, 79, 80

Статистична залежність 23

Статична модель 11

Стохастична модель 11

## Т

Табличний процесор Excel 232, 235

Темп зростання

- базисний 177

- ланцюговий 177

Темпом приросту

- базисний 178

- ланцюговий 178

Теорема Гауса – Маркова 30

Теоретична модель 10

Теоретичне рівняння регресії 28, 65

## **У**

Узагальнене рівняння регресії 25, 65

Узагальнений метод найменших  
квадратів 153, 161

## **Ф**

Факторна ознака (змінна) 13, 24, 65

Функціональна залежність 23

## **Ч**

Часовий ряд 172

## **S**

STATISTICA 233, 266