



Introducción a la econometría

UN ENFOQUE MODERNO

QUINTA EDICIÓN

Jeffrey M. Wooldridge

Michigan State University

Traducción

Ma. del Carmen Enriqueta Hano Roa

Érika M. Jasso Hernan D´Borneville

Jorge Hernández Lanto

Traductores profesionales

Revisión técnica

Dr. Jesús A. Valdés Díaz de Villegas

Departamento de Estudios Empresariales

Universidad Iberoamericana

Ciudad de México

 CENGAGE
Learning®

Australia • Brasil • Corea • España • Estados Unidos • Japón • México • Reino Unido • Singapur

Prefacio xv

Acerca del autor xxv

CAPÍTULO 1 La naturaleza de la econometría y los datos económicos 1

- 1.1 ¿Qué es la econometría? 1
- 1.2 Pasos en un análisis económico empírico 2
- 1.3 Estructura de los datos económicos 5
 - Datos de corte transversal* 5
 - Datos de series de tiempo* 8
 - Combinación de cortes transversales* 9
 - Datos de panel o longitudinales* 10
 - Comentario sobre las estructuras de datos* 11
- 1.4 Causalidad y la noción de *ceteris paribus* en el análisis econométrico 12
- Resumen 16
- Términos clave 17
- Problemas 17
- Ejercicios en computadora 17

PARTE 1

Análisis de regresión con datos de corte transversal 21

CAPÍTULO 2 El modelo de regresión simple 22

- 2.1 Definición del modelo de regresión simple 22
- 2.2 Obtención de las estimaciones de mínimos cuadrados ordinarios 27
 - Nota sobre la terminología* 34
- 2.3 Propiedades de MCO en cualquier muestra de datos 35
 - Valores ajustados y residuales* 35

Propiedades algebraicas de los estadísticos de MCO 36

Bondad de ajuste 38

- 2.4 Unidades de medición y forma funcional 39
 - Efectos de los cambios de unidades de medición sobre los estadísticos obtenidos de MCO* 40
 - Incorporación de no linealidades en la regresión simple* 41
 - Significado de regresión "lineal"* 44
- 2.5 Valores esperados y varianzas de los estimadores de MCO 45
 - Insensamiento de los estimadores MCO* 45
 - Varianza de los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios* 50
 - Estimación de la varianza del error* 54
- 2.6 Regresión a través del origen y regresión sobre una constante 57

Resumen 58

Términos clave 59

Problemas 60

Ejercicios en computadora 63

Apéndice 2A 66

CAPÍTULO 3 Análisis de regresión múltiple: estimación 68

- 3.1 Motivación para la regresión múltiple 69
 - El modelo con dos variables independientes* 69
 - Modelo con k variables independientes* 71
- 3.2 Mecánica e interpretación de los mínimos cuadrados ordinarios 72
 - Obtención de las estimaciones de MCO* 72
 - Interpretación de la ecuación de regresión de MCO* 74
 - El significado de "mantener todos los demás factores constantes" en la regresión múltiple* 76

	<i>Cambiar de manera simultánea más de una variable independiente</i>	77
	<i>Valores ajustados y residuales de MCO</i>	77
	<i>Una interpretación de descuento de efectos parciales de la regresión múltiple</i>	78
	<i>Comparación entre las estimaciones de la regresión simple y de la regresión múltiple</i>	78
	<i>Bondad de ajuste</i>	80
	<i>Regresión a través del origen</i>	81
3.3	Valor esperado de los estimadores de MCO	83
	<i>Inclusión de variables irrelevantes en un modelo de regresión</i>	88
	<i>Sesgo de la variable omitida: caso sencillo</i>	88
	<i>Sesgo de la variable omitida: casos más generales</i>	91
3.4	Varianza de los estimadores de MCO	93
	<i>Los componentes de las varianzas de los estimadores de MCO: multicolinealidad</i>	94
	<i>Varianzas en modelos mal especificados</i>	98
	<i>Estimación de σ^2: errores estándar de los estimadores de MCO</i>	99
3.5	Eficiencia de MCO: el teorema de Gauss-Markov	101
3.6	Algunos comentarios acerca del lenguaje del análisis de regresión múltiple	103
	Resumen	104
	Términos clave	105
	Problemas	106
	Ejercicios en computadora	110
	Apéndice 3A	113

CAPÍTULO 4 Análisis de regresión múltiple: inferencia 118

4.1	Distribución de muestreo de los estimadores de MCO	118
4.2	Prueba de hipótesis sobre un solo parámetro poblacional: la prueba t	121
	<i>Pruebas contra alternativas de una cola</i>	123
	<i>Alternativas de dos colas</i>	128
	<i>Otras pruebas de hipótesis acerca de β_1</i>	130
	<i>Cálculo del valor-p en las pruebas t</i>	133
	<i>Repaso del lenguaje empleado en las pruebas de hipótesis clásicas</i>	135
	<i>Significancia económica o práctica frente a significancia estadística</i>	135
4.3	Intervalos de confianza	138
4.4	Pruebas de hipótesis de una sola combinación lineal de los parámetros	140

4.5	Pruebas para restricciones lineales múltiples: la prueba F	143
	<i>Prueba para las restricciones de exclusión</i>	143
	Relación entre los estadísticos F y t	149
	<i>Forma R-cuadrada del estadístico F</i>	150
	<i>Cálculo de los valores-p para pruebas F</i>	151
	<i>El estadístico F para la significancia general de una regresión</i>	152
	<i>Prueba para las restricciones generales lineales</i>	153
4.6	Informe de los resultados de la regresión	154
	Resumen	157
	Términos clave	159
	Problemas	159
	Ejercicios en computadora	164

CAPÍTULO 5 Análisis de regresión múltiple: MCO asintóticos 168

5.1	Consistencia	169
	<i>Obtención de la inconsistencia en MCO</i>	172
5.2	Normalidad asintótica e inferencia con muestras grandes	173
	<i>Otras pruebas con muestras grandes: el estadístico del multiplicador de Lagrange</i>	178
5.3	Eficiencia asintótica de MCO	181
	Resumen	182
	Términos clave	183
	Problemas	183
	Ejercicios en computadora	183
	Apéndice 5A	185

CAPÍTULO 6 Análisis de regresión múltiple: temas adicionales 186

6.1	Efectos del escalamiento de datos sobre los estadísticos de MCO	186
	<i>Coefficientes beta</i>	189
6.2	Más acerca de la forma funcional	191
	<i>Más acerca del empleo de las formas funcionales logarítmicas</i>	191
	<i>Modelos con funciones cuadráticas</i>	194
	<i>Modelos con términos de interacción</i>	198
6.3	Más sobre bondad de ajuste y selección de los regresores	200
	<i>R-cuadrada ajustada</i>	202

	<i>Uso de la R-cuadrada ajustada para elegir entre modelos no anidados</i>	203
	<i>Control de demasiados factores en un análisis de regresión</i>	205
	<i>Adición de regresores para reducir la varianza del error</i>	206
6.4	Predicción y análisis de residuales	207
	<i>Intervalos de confianza para predicciones</i>	207
	<i>Análisis de residuales</i>	211
	<i>Predicción de y cuando $\log(y)$ es la variable dependiente</i>	212
	Resumen	216
	Términos clave	217
	Problemas	218
	Ejercicios en computadora	220
	Apéndice 6A	225

CAPÍTULO 7 Análisis de regresión múltiple con información cualitativa: variables binarias (o *dummy*) 227

7.1	Descripción de la información cualitativa	227
7.2	Una sola variable binaria independiente	228
	<i>Interpretación de los coeficientes de variables explicativas binarias cuando la variable dependiente es $\log(y)$</i>	233
7.3	Uso de variables binarias en categorías múltiples	235
	<i>Incorporación de información ordinal mediante el uso de variables binarias</i>	237
7.4	Interacciones en las que intervienen variables binarias	240
	<i>Interacciones entre variables binarias</i>	240
	<i>Considerar pendientes diferentes</i>	241
	<i>Prueba para diferencias en las funciones de regresión a través de los grupos</i>	245
7.5	Una variable dependiente binaria: el modelo de probabilidad lineal	248
7.6	Más acerca del análisis de políticas y evaluación de programas	253
7.7	Interpretación de los resultados de una regresión con variables dependientes discretas	256
	Resumen	257
	Términos clave	258
	Problemas	258
	Ejercicios en computadora	262

CAPÍTULO 8 Heterocedasticidad 268

8.1	Consecuencias de la heterocedasticidad para MCO	268
8.2	Inferencia robusta a la heterocedasticidad en la estimación por MCO	269
	<i>Cálculo de pruebas ML robustas a la heterocedasticidad</i>	274
8.3	Pruebas para heterocedasticidad	275
	<i>Prueba de White para heterocedasticidad</i>	279
8.4	Estimación por mínimos cuadrados ponderados	280
	<i>Heterocedasticidad conocida, salvo una constante multiplicativa</i>	281
	<i>La función de heterocedasticidad debe ser estimada: MCG factibles</i>	286
	<i>¿Qué pasa si la función de heterocedasticidad supuesta es incorrecta?</i>	290
	<i>Predicción e intervalos de predicción con heterocedasticidad</i>	292
8.5	Reconsideración del modelo de probabilidad lineal	294
	Resumen	296
	Términos clave	297
	Problemas	297
	Ejercicios en computadora	299

CAPÍTULO 9 Más sobre especificación y temas de datos 303

9.1	Especificación incorrecta de la forma funcional	304
	<i>RESET como una prueba general para especificación incorrecta de formas funcionales</i>	306
	<i>Pruebas contra alternativas no anidadas</i>	307
9.2	Uso de las variables proxy para las variables explicativas no observadas	308
	<i>Utilización de variables dependientes rezagadas como variables proxy</i>	313
	<i>Un enfoque diferente de la regresión múltiple</i>	314
9.3	Modelos con pendientes aleatorias	315
9.4	Propiedades de MCO bajo error de medición	317
	<i>Error de medición en la variable dependiente</i>	318
	<i>Error de medición en las variables explicativas</i>	320
9.5	Datos faltantes, muestras no aleatorias y observaciones aberrantes	324

<i>Datos faltantes</i>	324
<i>Muestras no aleatorias</i>	324
<i>Observaciones influyentes y observaciones aberrantes</i>	326
9.6 Estimación por mínimas desviaciones absolutas	331
Resumen	334
Términos clave	335
Problemas	335
Ejercicios en computadora	338

PARTE 2

Análisis de regresión con datos de series de tiempo 343

CAPÍTULO 10 Análisis básico de regresión con datos de series de tiempo 344

10.1 Naturaleza de los datos de series de tiempo	344
10.2 Ejemplos de modelos de regresión con series de tiempo	345
<i>Modelos estáticos</i>	346
<i>Modelos de rezagos distribuidos finitos</i>	346
<i>Una convención sobre el índice de tiempo</i>	349
10.3 Propiedades en muestras finitas de MCO bajo los supuestos clásicos	349
<i>Insegamiento de MCO</i>	349
<i>Las varianzas de los estimadores de MCO y el teorema de Gauss-Markov</i>	352
<i>Inferencia bajo los supuestos del modelo lineal clásico</i>	355
10.4 Forma funcional, variables binarias y números índice	356
10.5 Tendencias y estacionalidad	363
<i>Caracterización de la tendencia en las series de tiempo</i>	363
<i>Uso de variables con tendencia en el análisis de regresión</i>	366
<i>Interpretación de las regresiones con tendencia en el tiempo mediante la eliminación de la tendencia</i>	368
<i>Cálculo de la R-cuadrada cuando la variable dependiente tiene tendencia</i>	370
<i>Estacionalidad</i>	371
Resumen	373
Términos clave	374

Problemas	375
Ejercicios en computadora	377

CAPÍTULO 11 Aspectos adicionales de MCO con datos de series de tiempo 380

11.1 Series de tiempo estacionarias y débilmente dependientes	381
<i>Series de tiempo estacionarias y no estacionarias</i>	381
<i>Series de tiempo débilmente dependientes</i>	382
11.2 Propiedades asintóticas de MCO	384
11.3 Uso de series de tiempo altamente persistentes en el análisis de regresión	391
<i>Series de tiempo altamente persistentes</i>	391
<i>Transformaciones de series de tiempo altamente persistentes</i>	395
<i>Decidir si una serie de tiempo es o no $I(1)$</i>	396
11.4 Modelos dinámicamente completos y ausencia de correlación serial	399
11.5 El supuesto de homocedasticidad en los modelos de series de tiempo	402
Resumen	402
Términos clave	404
Problemas	404
Ejercicios en computadora	407

CAPÍTULO 12 Correlación serial y heterocedasticidad en regresiones de series de tiempo 412

12.1 Propiedades de MCO con errores correlacionados serialmente	412
<i>Insegamiento y consistencia</i>	412
<i>Eficiencia e inferencia</i>	413
<i>Bondad de ajuste</i>	414
<i>Correlación serial en presencia de variables dependientes rezagadas</i>	415
12.2 Métodos de prueba de la correlación serial	416
<i>Prueba t de correlación serial $AR(1)$ con regresores estrictamente exógenos</i>	416
<i>Prueba de Durbin-Watson bajo los supuestos clásicos</i>	418
<i>Prueba de correlación serial $AR(1)$ sin regresores estrictamente exógenos</i>	420
<i>Prueba de correlación serial de orden superior</i>	421

- 12.3** Corrección de correlación serial con regresores estrictamente exógenos 423
Obtención del mejor estimador lineal insesgado en el modelo AR(1) 423
Estimación por MCG factibles con errores AR(1) 425
Comparación de MCO y MCGF 427
Corrección de la correlación serial de orden superior 428
- 12.4** Diferenciación y correlación serial 429
- 12.5** Inferencia robusta a la correlación serial después de MCO 431
- 12.6** Heterocedasticidad en regresiones de series de tiempo 434
Estadísticos robustos a la heterocedasticidad 435
Pruebas de heterocedasticidad 435
Heterocedasticidad condicional autorregresiva 436
Heterocedasticidad y correlación serial en modelos de regresión 438
- Resumen 439
 Términos clave 440
 Problemas 440
 Ejercicios en computadora 441

PARTE 3

Temas avanzados 447

CAPÍTULO 13 Combinación de cortes transversales en el tiempo: métodos simples para datos de panel 448

- 13.1** Combinación independiente de cortes transversales en el tiempo 449
Prueba de Chow para el cambio estructural en el tiempo 453
- 13.2** Análisis de políticas con combinación de cortes transversales 454
- 13.3** Análisis de datos de panel para un periodo de dos años 459
Organización de los datos de panel 465
- 13.4** Análisis de políticas con datos de panel de dos periodos 465
- 13.5** Diferenciación con más de dos periodos 468
Posibles dificultades con la primera diferenciación en los datos de panel 473
- Resumen 474
 Términos clave 474

- Problemas 474
 Ejercicios en computadora 476
 Apéndice 13A 481

CAPÍTULO 14 Métodos avanzados para datos de panel 484

- 14.1** Estimación de efectos fijos 484
Regresión de variables binarias 488
¿Efectos fijos o primera diferencia? 489
Efectos fijos con paneles no balanceados 491
- 14.2** Modelos de efectos aleatorios 492
¿Efectos aleatorios o efectos fijos? 495
- 14.3** Método de efectos aleatorios correlacionados 497
- 14.4** Aplicación de métodos de datos de panel a otras estructuras de datos 499
- Resumen 501
 Términos clave 502
 Problemas 502
 Ejercicios en computadora 503
 Apéndice 14A 509

CAPÍTULO 15 Estimación con variables instrumentales y mínimos cuadrados en dos etapas 512

- 15.1** Justificación: variables omitidas en un modelo de regresión simple 513
Inferencia estadística con el estimador de VI 517
Propiedades de VI con una variable instrumental deficiente 521
Cálculo de la R-cuadrada después de la estimación de VI 523
- 15.2** Estimación de VI del modelo de regresión múltiple 524
- 15.3** Mínimos cuadrados en dos etapas 528
Una sola variable explicativa endógena 528
Multicolinealidad y MC2E 530
Múltiples variables explicativas endógenas 531
Pruebas de hipótesis múltiples después de la estimación de MC2E 532
- 15.4** Soluciones de VI a los problemas de errores en las variables 532
- 15.5** Pruebas de endogeneidad y pruebas de restricciones de sobreidentificación 534

Problemas	669
Ejercicios en computadora	671

CAPÍTULO 19 Realización de un proyecto empírico 676

19.1 Plantear una pregunta	676
19.2 Revisión bibliográfica	678
19.3 Recolección de datos	679
<i>Decidir el conjunto apropiado de datos</i>	679
<i>Ingresar y almacenar los datos</i>	680
<i>Inspección, depuración y resumen de los datos</i>	682
19.4 Análisis econométrico	683
19.5 La redacción de un trabajo empírico	686
<i>Introducción</i>	686
<i>Marco conceptual (o teórico)</i>	687
<i>Métodos econométricos y métodos de estimación</i>	687
<i>Los datos</i>	690
<i>Resultados</i>	690
<i>Conclusiones</i>	691
<i>Sugerencias de estilo</i>	692
Resumen	694
Términos clave	694
Muestra de proyectos empíricos	694
Lista de publicaciones	700
Fuentes de datos	701

APÉNDICE A Herramientas matemáticas básicas 703

A.1 El operador de suma y la estadística descriptiva	703
A.2 Propiedades de las funciones lineales	705
A.3 Proporciones y porcentajes	707
A.4 Algunas funciones especiales y sus propiedades	710
<i>Funciones cuadráticas</i>	710
<i>Logaritmo natural</i>	712
<i>La función exponencial</i>	716
A.5 Cálculo diferencial	717
Resumen	719
Términos clave	719
Problemas	719

APÉNDICE B Fundamentos de probabilidad 722

B.1 Variables aleatorias y sus distribuciones de probabilidad	722
<i>Variables aleatorias discretas</i>	723
<i>Variables aleatorias continuas</i>	725
B.2 Distribuciones conjuntas, distribuciones condicionales e independencia	727
<i>Distribuciones conjuntas e independencia</i>	727
<i>Distribuciones condicionales</i>	729
B.3 Características de las distribuciones de probabilidad	730
<i>Una medida de tendencia central: el valor esperado</i>	730
<i>Propiedades de los valores esperados</i>	731
<i>Otra medida de tendencia central: la mediana</i>	733
<i>Medidas de variabilidad: varianza y desviación estándar</i>	734
<i>Varianza</i>	734
<i>Desviación estándar</i>	736
<i>Estandarización de una variable aleatoria</i>	736
<i>Sesgo y curtosis</i>	737
B.4 Características de las distribuciones conjuntas y de las condicionales	737
<i>Medidas de asociación: covarianza y correlación</i>	737
<i>Covarianza</i>	737
<i>Coficiente de correlación</i>	739
<i>Varianza de sumas de variables aleatorias</i>	740
<i>Esperanza condicional</i>	741
<i>Propiedades de la esperanza condicional</i>	742
<i>Varianza condicional</i>	744
B.5 La distribución normal y otras distribuciones semejantes	745
<i>La distribución normal</i>	745
<i>La distribución normal estándar</i>	746
<i>Propiedades adicionales de la distribución normal</i>	748
<i>La distribución ji-cuadrada</i>	749
<i>La distribución t</i>	749
<i>La distribución F</i>	750

Resumen	752
Términos clave	752
Problemas	752

APÉNDICE C Fundamentos de estadística matemática 755

C.1	Poblaciones, parámetros y muestreo aleatorio	755
	<i>Muestreo</i>	756
C.2	Propiedades de muestras finitas de los estimadores	756
	<i>Estimadores y estimaciones</i>	757
	<i>Insegadez</i>	758
	<i>La varianza de muestreo de los estimadores</i>	760
	<i>Eficiencia</i>	762
C.3	Propiedades asintóticas o de muestra grande de los estimadores	763
	<i>Consistencia</i>	763
	<i>Normalidad asintótica</i>	766
C.4	Métodos generales para estimar parámetros	768
	<i>El método de momentos</i>	768
	<i>Máxima verosimilitud</i>	769
	<i>Mínimos cuadrados</i>	770
C.5	Estimación de intervalos e intervalos de confianza	770
	<i>La naturaleza de la estimación de intervalos</i>	770
	<i>Intervalos de confianza para la media de una población normalmente distribuida</i>	772
	<i>Una sencilla regla general para un intervalo de confianza a 95%</i>	775
	<i>Intervalos de confianza asintóticos para poblaciones no normales</i>	776
C.6	Prueba de hipótesis	777
	<i>Fundamentos de la prueba de hipótesis</i>	778
	<i>Pruebas de hipótesis para la media de una población normal</i>	780
	<i>Pruebas asintóticas para poblaciones no normales</i>	783
	<i>Cálculo y uso de los valores-p</i>	784
	<i>La relación entre intervalos de confianza y pruebas de hipótesis</i>	787

Significancia práctica frente a significancia estadística 788

C.7	Comentarios sobre la notación	789
	Resumen	790
	Términos clave	790
	Problemas	791

APÉNDICE D Resumen de álgebra matricial 796

D.1	Definiciones básicas	796
D.2	Operaciones matriciales	797
	<i>Suma matricial</i>	797
	<i>Multiplicación escalar</i>	798
	<i>Multiplicación matricial</i>	798
	<i>Transposición</i>	799
	<i>Multiplicación parcial particionada</i>	800
	<i>Traza</i>	800
	<i>Inversa</i>	801
D.3	Independencia lineal y rango de una matriz	801
D.4	Formas cuadráticas y matrices definidas positivas	802
D.5	Matrices idempotentes	802
D.6	Diferenciación de formas lineales y cuadráticas	803
D.7	Momentos y distribuciones de vectores aleatorios	803
	<i>Valor esperado</i>	803
	<i>Matriz varianza-covarianza</i>	803
	<i>Distribución normal multivariada</i>	804
	<i>Distribución ji-cuadrada</i>	804
	<i>Distribución t</i>	805
	<i>Distribución F</i>	805
	Resumen	805
	Términos clave	805
	Problemas	806

APÉNDICE E El modelo de regresión lineal en forma matricial 807

E.1	El modelo de estimación de los mínimos cuadrados ordinarios	807
E.2	Propiedades muestrales finitas de MCO	809
E.3	Inferencia estadística	813
E.4	Algunos análisis asintóticos	815
	<i>Estadístico de Wald para probar hipótesis múltiples</i>	818

Resumen 819

Términos clave 819

Problemas 819

**APÉNDICE F Respuestas a las preguntas
del capítulo 821**

APÉNDICE G Tablas estadísticas 831

Referencias 838

Glosario 844

Índice 860