

Índice

Prefacio	15
1. Introducción a las series temporales	18
1.1. Ejemplos de series temporales univariantes	18
1.2. Ejemplos de series multivariantes	25
1.3. Contenido del libro	27
1.4. Un poco de historia	30
1.5. Programas de ordenador	34
1.6. Lecturas complementarias	35
Apéndice 1.1: Descripción de la entrada de datos con algunos programas de ordenador	37
2. Análisis descriptivo de una serie temporal	43
2.1. Introducción	43
2.2. El análisis de tendencias deterministas	44
2.2.1. Tipos de modelos	44
2.2.2. Estimación	46
2.2.3. Limitaciones del ajuste de tendencias deterministas	49
2.3. Métodos de alisado	52
2.3.1. El modelo de alisado simple	52
2.3.2. El método de alisado doble de Holt	56
2.4. Métodos de descomposición para series estacionales	58
2.5. Estacionalidad y el ajuste de ciclos	61
2.5.1. Definiciones básicas	61
2.5.2. Representación de la estacionalidad por un ciclo	65
2.6. Exploración de múltiples ciclos: el periodograma	68

2.7. Conclusiones y lecturas complementarias	72
Apéndice 2.1: Regresión múltiple y la estimación del periodograma	74

3. Series temporales y procesos estocásticos	78
3.1. Introducción	78
3.2. El concepto de proceso estocástico	79
3.2.1. Propiedades de las distribuciones marginales	82
3.2.2. Propiedades de las distribuciones condicionadas	85
3.3. Procesos estacionarios	86
3.3.1. Definición	86
3.3.2. Combinaciones de procesos estacionarios (*)	89
3.4. Proceso de ruido blanco	90
3.5. Estimación de los momentos de procesos estacionarios	92
3.5.1. Estimación de la media	92
3.5.2. Estimación de las autocovarianzas y autocorrelaciones	95
3.6. El espectro de un proceso estacionario (*)	98
Apéndice 3.1: Condición de convergencia	103
Apéndice 3.2: Diferencia de Martingalas	103
Apéndice 3.3: Las fórmulas de Bartlett para las autocovarianzas estimadas	104
Apéndice 3.4: El espectro y las autocovarianzas	104
Apéndice 3.5: Generación de procesos con el ordenador	106

4. Procesos autorregresivos	109
4.1. Introducción	109
4.2. El proceso autorregresivo de primer orden (AR(1))	110
4.2.1. Esperanza y varianza	111
4.2.2. Función de autocovarianzas y autocorrelación	113
4.2.2.1. Función de autocorrelación simple (fas)	113
4.2.3. Representación del proceso AR(1) como suma de innovaciones	114
4.3. El proceso AR(2)	115
4.3.1. Función de autocovarianzas	117
4.3.2. Función de autocorrelación simple	118
4.3.3. Representación del AR(2) como suma de innovaciones	119
4.4. El proceso autorregresivo general (AR(p))	123
4.4.1. Función de autocorrelación simple	124
4.4.2. Ecuaciones de Yule-Walker	124
4.4.3. Representación del AR(p) suma de innovaciones	126
4.5. La función de autocorrelación parcial	126
Apéndice 4.1: Notación de operadores	131
Apéndice 4.2: Ecuaciones en diferencias	133
Apéndice 4.3: Cálculo de los coeficientes de autocorrelación parcial	139
Apéndice 4.4: Generación de procesos AR	140

5. Procesos de media móvil y ARMA	142
5.1. Introducción	142
5.2. El proceso de media móvil de orden uno (MA(1))	143
5.2.1. Función de autocorrelación simple y parcial	144
5.3. El proceso MA(q)	146
5.4. El proceso MA(∞). La descomposición de Wold	149

5.4.1.	Los procesos AR y MA y el proceso general	152
5.5.	El proceso ARMA(1, 1)	154
5.6.	Procesos ARMA(p, q)	156
5.7.	Los procesos ARMA y la suma de procesos estacionarios	158
	Apéndice 5.1: Función de correlación inversa	162
6.	Procesos integrados y de memoria larga	166
6.1.	Introducción	166
6.2.	Procesos integrados	167
6.3.	El paseo aleatorio	172
6.4.	El proceso de alisado exponencial simple	176
6.5.	Procesos integrados de orden dos	178
6.6.	Procesos integrados ARIMA	179
6.7.	Procesos integrados y tendencias	181
6.8.	Procesos de memoria larga (*)	184
6.9.	Lecturas complementarias	189
	Apéndice 6.1: La función Gamma y los procesos de memoria larga	191
	Apéndice 6.2: Generación de series no estacionarias	192
7.	Procesos ARIMA estacionales	194
7.1.	Introducción	194
7.2.	El concepto de estacionalidad y sus tipos	195
7.3.	El modelo ARIMA estacional	199
7.4.	Función de autocorrelación simple de un proceso estacional	204
7.5.	Función de autocorrelación parcial	210
7.6.	Generalizaciones y lecturas complementarias	211
	Apéndice 7.1: Un contraste simple de igualdad de la estructura estacional	213
	Apéndice 7.2: Generación de series estacionales	213
8.	Predicción con modelos ARIMA	215
8.1.	Introducción	215
8.2.	La ecuación de predicción de un modelo ARIMA	216
8.2.1.	La esperanza condicionada como predictor óptimo	216
8.2.2.	Cálculo de las predicciones	219
8.3.	Interpretación de las predicciones	224
8.3.1.	Procesos no estacionales	224
8.3.2.	Procesos estacionales	230
8.3.2.1.	El modelo de pasajeros de avión	232
8.4.	Varianza de las predicciones	236
8.5.	Adaptación de las predicciones	239
8.6.	Medidas de predecibilidad	240
8.7.	Lecturas complementarias	242
	Apéndice 8.1: Predicción y esperanza condicionada	244
9.	La identificación de los posibles modelos ARIMA	247
9.1.	Introducción	247
9.2.	Determinación de la transformación para estabilizar la varianza	248
9.3.	Determinación de la transformación para estabilizar la media	253
9.3.1.	Determinar el orden de diferenciación regular	253
9.3.2.	Determinar el orden de diferenciación estacional	255

9.3.3. Contrastes de raíces unitarias	256
9.3.3.1. Contraste de Dickey-Fuller	257
9.3.3.2. El contraste de Dickey-Fuller aumentado	261
9.4. La identificación de la estructura ARMA	265
9.5. Lecturas complementarias	272
Apéndice 9.1: La transformación Box-Cox para estabilizar la varianza	273
Apéndice 9.2: Programas para la identificación	274

10. Estimación y selección de modelos ARIMA	277
10.1. Introducción	277
10.2. La función de verosimilitud de un proceso ARMA	278
10.3. Procesos AR	281
10.3.1. El proceso AR(1)	281
10.3.2. Procesos AR(p)	283
10.4. Estimación de modelos MA y ARMA	285
10.4.1. Estimación MV condicional	285
10.4.1.1. El algoritmo de Hannan y Rissanen	286
10.4.2. Estimación MV exacta	287
10.5. Estimación recursiva con el filtro de Kalman	288
10.5.1. Modelos en el espacio de los estados	288
10.5.2. El filtro de Kalman	292
10.6. Propiedades de los estimadores	295
10.7. Criterios de selección de modelos	297
10.7.1. El criterio AIC de Akaike	299
10.7.2. El criterio BIC	300
10.7.3. Comparación entre criterios	300
10.8. Lecturas complementarias	303
Apéndice 10.1: Algoritmos de optimización no lineal	305
Apéndice 10.2: El criterio AIC	309
Apéndice 10.3: El criterio BIC	310
Apéndice 10.4: Programas para la estimación	312

11. Diagnóstico del modelo y predicción	313
11.1. Introducción	313
11.2. Contrastes de autocorrelación	314
11.2.1. Propiedades de las autocorrelaciones estimadas	314
11.2.2. El contraste de Ljung-Box sobre las autocorrelaciones	315
11.2.3. El contraste del determinante	316
11.2.4. Sobreajuste: contrastes con el criterio BIC	317
11.3. Otros contrastes	318
11.3.1. Contrastes de media cero	318
11.3.2. Contrastes de homocedasticidad	319
11.3.3. Contrastes de normalidad	319
11.4. Contraste de estabilidad del modelo	322
11.5. Interpretación del modelo. Componentes deterministas	323
11.5.1. Tendencias	323
11.5.2. Estacionalidad	325
11.5.3. Caso general	326
11.6. Predicción	328

11.6.1. Predicciones puntuales	328
11.6.2. Intervalos de predicción	331
11.6.3. Intervalos de predicción para muestras grandes	332
11.6.4. Intervalos mediante remuestro	332
11.6.5. Predicción mediante promedio de modelos	334
Apéndice 11.1: Predicción con incertidumbre de los parámetros y del modelo	336
Apéndice 11.2: Programas para la diagnosis	338
12. Análisis de intervención	340
12.1. Introducción	340
12.2. Efectos cualitativos: variables impulso y escalón	342
12.2.1. Variables impulso: función de respuesta a impulsos	342
12.2.2. Variables escalón: ganancia	345
12.2.3. Relación entre impulsos y escalones	348
12.3. Efectos deterministas generales	351
12.4. Construcción de modelos de intervención	356
12.5. Estimación de valores ausentes	358
Apéndice 12.1: Predicción de valores ausentes	362
Apéndice 12.2: Estimación de efectos de intervención	364
13. Valores atípicos	366
13.1. Introducción	366
13.2. Atípicos aditivos	367
13.2.1. Efectos en los residuos	368
13.2.2. Efectos en la estimación de los parámetros	370
13.3. Atípicos innovativos (IO)	371
13.3.1. Efecto de un IO sobre la serie	373
13.3.2. Efectos en la estimación	376
13.4. Cambio de nivel	377
13.4.1. Efectos en los residuos	379
13.4.2. Efecto en la estimación	380
13.5. Cambios transitorios y efecto rampa	380
13.6. Procedimientos de estimación de atípicos	381
13.6.1. Estimación del tamaño del atípico	382
13.6.2. El procedimiento general	384
13.7. Comentarios al procedimiento de detección de atípicos y lecturas complementarias	390
Apéndice 13.1: Estimación de los cambios de nivel	394
Apéndice 13.2: Programas para análisis de atípicos	396
14. Modelos no lineales	399
14.1. Introducción	399
14.2. Modelos no lineales en la media y en la varianza	402
14.3. Los procesos bilineales	404
14.4. Los procesos autorregresivos por umbrales	409
14.5. Otros modelos no lineales	414
14.6. Contrastes de no linealidad	417
14.6.1. Tipos de contrastes	417