

תוכן ענינים

6	הקדמה	1
9	1.1 הצגה גרפית של הסדרה	
10	1.2 טרנספורמציות על הנתונים	
10	1.3 מציאת רכיב המגמה	
12	2 מודלים סטוכסטיים לסדרות עתיות	
13	2.1 פונקציית השונות המשותפת (auto-covariance) ופונקציית המתאם המשותף (auto-correlation)	
13	2.2 סטציונריות חלשה	
14	2.3 דוגמאות לתהליכים סטוכסטיים	
14	2.3.1 תהליך אקראי טהור (purely random process)	
14	2.3.2 הילוך מקרי (random walk)	
15	2.3.3 תהליך מיצוע-נע (moving average process)	
16	2.3.4 תהליך גאוס (gaussian process)	
16	2.4 אמידת ρ_k ו- γ_k	
17	2.5 טעות התקן של r_k (standard error)	
18	2.6 הקורלוגרם (correlogram)	
18	2.6.1 סדרה אקראית	
18	2.6.2 מתאם קצר-טווח (short-term correlation)	
18	2.6.3 סדרה עתית מתחלפת (alternating series)	
19	2.6.4 סדרה עתית לא-סטציונרית	
19	2.6.5 השפעה של גורמים עונתיים	
19	2.6.6 Outliers	
19	2.7 מטריצת השונות המשותפת	
22	3 הכנות מתמטיות	
22	3.1 הפיכות של פולינומים	
24	3.2 פתרון משוואות הפרשים הומוגניות	
25	3.2.1 שתי זהויות קומבינטוריות	
27	3.2.2 פולינום עם שורש מרובה	
30	4 פילטר לינארי כללי	
30	4.1 דוגמא: מודל לינארי MA(1)	
31	4.2 המודל הלינארי הכללי	
32	4.3 תהליך מיצוע-נע מסדר q	
32	4.4 התאמת מודל מיצוע-נע	
34	4.5 תהליכים אוטו-רגרסיביים (auto-regressive processes)	
37	4.5.1 הפיכות של תהליכי מיצוע-נע, וסטציונריות של תהליכים אוטו-רגרסיביים	
37	4.6 דוגמאות	

37	.....	דוגמא: תהליך AR(1)	4.6.1	
38	.....	דוגמא: תהליך AR(2)	4.6.2	
41	.....	פונקציית המתאם המשותף החלקית (partial autocorrelation function)	4.7	
42	.....	התאמת מודל אוטו-רגרסיבי	4.8	
44	.....	מודל ARMA		5
45	.....	חישוב המקדמים של Ψ ושל Π	5.1	
45	.....	דוגמא: תהליך ARMA(1, 1)	5.2	
46	.....	גדלים סטטיסטיים של תהליכי ARMA	5.3	
46	.....	התחלת והשונות	5.3.1	
47	.....	פונקציית המתאם המשותף	5.3.2	
48	.....	פונקציית המתאם המשותף החלקית	5.3.3	
48	.....	המשך דוגמא: תהליך ARMA(1, 1)	5.4	
50	.....	מודלים לא-סטציונריים		6
52	.....	הצגות שונות של תהליך ARIMA	6.1	
53	.....	הצגה ראשונה	6.1.1	
53	.....	הצגה שניה	6.1.2	
53	.....	הצגה שלישית	6.1.3	
54	.....	דוגמא: תהליך ARIMA(1, 1, 1)	6.1.4	
55	.....	דוגמא: תהליך ARIMA(0, 1, 1)	6.1.5	
56	.....	חיזוי (forecasting)		7
58	.....	שלוש הצגות לתחזית	7.1	
59	.....	דוגמא לשימוש במשוואת ההפרשים (41)	7.2	
60	.....	חיזוי עבור תהליך ARIMA(1, 1, 0)	7.2.1	
60	.....	חיזוי עבור תהליך ARIMA(0, 2, 2)	7.2.2	
61	.....	דיון	7.2.3	
61	.....	חישוב ועדכון תחזיות		7.3
62	.....	חישוב הקבועים (ψ_j)	7.3.1	
62	.....	שימוש בקבועים (ψ_j) לעדכון התחזיות	7.3.2	
63	.....	חישוב רווחי חיזוי	7.3.3	
63	.....	חישוב תחזיות בעזרת ההצגה ההופכית	7.3.4	
64	.....	דוגמאות לחישוב התחזיות ולעדכון		7.4
64	.....	תהליך ARIMA(0, 1, 1)	7.4.1	
65	.....	תהליך ARIMA(0, 2, 2)	7.4.2	
66	.....	תהליך ARIMA(p, d, 0)	7.4.3	
67	.....	ההצגה ההפוכה של תהליך ARMA	7.5	
68	.....	בניית מודל		8

68	.....	הנראות של תהליכי ARMA ו-ARIMA	8.1
69	.....	זיהוי בעזרת פונקציית המתאם המשותף ופונקציית המתאם המשותף החלקית	8.2
69	.....	זיהוי d	8.2.1
70	.....	זיהוי p ו- q	8.2.2
70	.....	זיהוי p, q ואמידת המקדמים באמצעות הנראות המקסימלית	8.3
71	.....	הקשר בין פונקציית המתאם המשותף והאומדים שלה	8.4
71	.....	בדיקת המודל	8.5
73	.....	ניצול השאריות לתיקון המודל	8.6
74	.....	ניתוח בתחום התדר	9
74	.....	מעט זהויות טריגונומטריות	9.1
76	.....	ניתוח פורייה - זמן רציף	9.2
76	.....	המשפט הבסיסי	9.2.1
77	.....	פונקציה המוגדרת בקטע חסום	9.2.2
78	.....	המקרה הכללי	9.2.3
79	.....	הקשר בין העוצמה לפונקציית המתאם המשותף	9.2.4
79	.....	הצגת פורייה עבור סדרה עתיד	9.3
81	.....	הפריודוגרם	9.4
83	.....	פריודוגרם של תהליכים פשוטים	9.5
83	.....	תהליך קבוע	9.5.1
83	.....	הפריודוגרם של תהליך רעש אקראי	9.5.2
84	.....	הפריודוגרם של גל סינוס	9.5.3
85	.....	סכום של סדרות	9.5.4
86	.....	מסקנות	9.5.5
87	.....	מגבלות הטכניקה	9.6
87	.....	הרמוניות	9.6.1
87	.....	מחזורים בתדרים השונים מ- $(\omega_k)_{k=0}^{N/2}$	9.6.2
87	.....	מחזורים קצרים: זיוף תדרים (aliasing)	9.6.3
88	.....	מחזורים ארוכים: אי-יכולת זיהוי	9.6.4
88	.....	קו מגמה (trend)	9.6.5
88	.....	עונתיות (seasonality)	9.6.6
88	.....	הפריודוגרם ופונקציית המתאם המשותף	9.7
90	.....	אומדים לספקטרום	9.8
91	.....	חלון Tukey	9.8.1
91	.....	חלון Parzen	9.8.2
91	.....	החלקת הפריודוגרם	9.8.3
92	.....	רווחי סמך עבור הספקטרום	9.9

92	..... הספקטרום של תהליכים שכיחים	9.10
92	..... (autocovariance generating function) הפונקציה יוצרת המתאם המשותף	9.10.1
93	..... ARMA הספקטרום של תהליך	9.10.2
94	..... הספקטרום של תהליך רעש אקראי	9.10.3
94	..... AR(1) הספקטרום של תהליך	9.10.4
95	..... MA(1) הספקטרום של תהליך	9.10.5
95	..... הספקטרום של סכום של שני תהליכים	9.10.6
96	..... הספקטרום של תהליכים עם גורם עונתי	9.10.7
96	..... הערה אודות תהליך עונתי	9.11
97	..... דיון	9.11.1
97	..... תכונות סטציונריות של סכום של סינוסים	9.12
98	..... פירוק של תהליכים סטציונריים	9.13
99	..... תרגילים	10
99	..... תרגיל ראשון - מחקר כללי של סדרה עתית	10.1
100	..... תרגיל שני - מודלים סטציונריים	10.2
101	..... תרגיל שלישי - מודלים סטציונריים	10.3
102	..... ARMA תרגיל רביעי - תהליכי	10.4
103	..... תרגיל חמישי - חיזוי	10.5
104	..... תרגיל ששי - ניתוח פורייה	10.6