บทที่ 4

การวิเคราะห์ทางสโตแคสติก

หลังจากที่ได้ทำการตรวจสอบส่วนที่เปลี่ยนแปลงที่สามารถทำนายได้อย่างแน่นอนในส่วนต่าง ๆ ของอนุกรมและได้ทำการย้ายส่วนแนวโน้มออกจากอนุกรมแล้ว เพื่อศึกษาพฤติกรรมในส่วนที่เป็นสโตแคสติก ซึ่งเป็นส่วนของอนุกรมทางอุทกวิทยาที่ตัวแปรไม่สามารถทำนายหรือคาดการณ์อย่างแน่นอนได้ มักจะวิเคราะห์หลังจากส่วนที่วิเคราะห์ส่วนที่หาได้แน่นอนแล้ว ในการวิเคราะห์ส่วนที่เป็นสโตแคสติก ทำโดยการหาค่าความสัมพันธ์ในตัวเอง(Autocorrelation Function) และค่าความหนาแน่นทางสเป็คทรอลของอนุกรม (Spectral Density) กับแบบจำลองต่าง ๆ จากนั้นก็ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในแบบจำลองตามความเหมาะสม

4.1 การวิเคราะห์ทางสโตแคสติก

ในหัวข้อนี้เป็นการกล่าวถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในตัวเอง และความหนาแน่นทางสเป็คทรอล ใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลตามลำดับเวลา และวงจรที่สำคัญของอนุกรม โดยค่าความสัมพันธ์ในตัวเอง และค่าความหนาแน่นทางสเป็คทรอล สามารถเขียนโปรแกรมมาโคร (Macro) ในโปรแกรมโลตัส 123 (Lotus 123) ช่วยในการคำนวณ [2] ดังแสดงในรูปที่ 4-1 ซึ่งทำงานโดยเรียกมาโคร ALT + C เพื่อเรียกแฟ้มข้อมูลอนุกรมชุดหนึ่งมาทำการวิเคราะห์ จากนั้นเรียก ALT + R เพื่อกำหนดช่วงเวลาที่ทำการวิเคราะห์และช่วงเวลานานที่สุดที่พิจารณา (Maximum lag time) แล้วหาความสัมพันธ์ในตัวเอง โดยโปรแกรมย่อย LAGLOOP คำนวณ ตั้งแต่ช่วงเวลา 0 ปี จนถึงช่วงเวลานานที่สุดที่พิจารณา เมื่อคำนวณเสร็จแล้วจึงหาค่าความหนาแน่นทางสเป็คทรอลโดยเรียกมาโคร ALT + S ก็จะได้ค่าความหนาแน่นทางสเป็คทรอลที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4-2 เป็นตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ในตัวเอง และความหนาแน่นทางสเป็คทรอลของอนุกรมชุดต่าง ๆ

จะเห็นได้ว่า ถ้าอนุกรมมีแนวโน้มสัมพันธ์กันชัดเจน กราฟความสัมพันธ์ในตัวเองจะเป็นเส้นตรง มีค่า $r_k = 1$ และกราฟความหนาแน่นทางสเป็คทรอลจะมีค่าสูงช่วงต้น แล้วจะลดลง

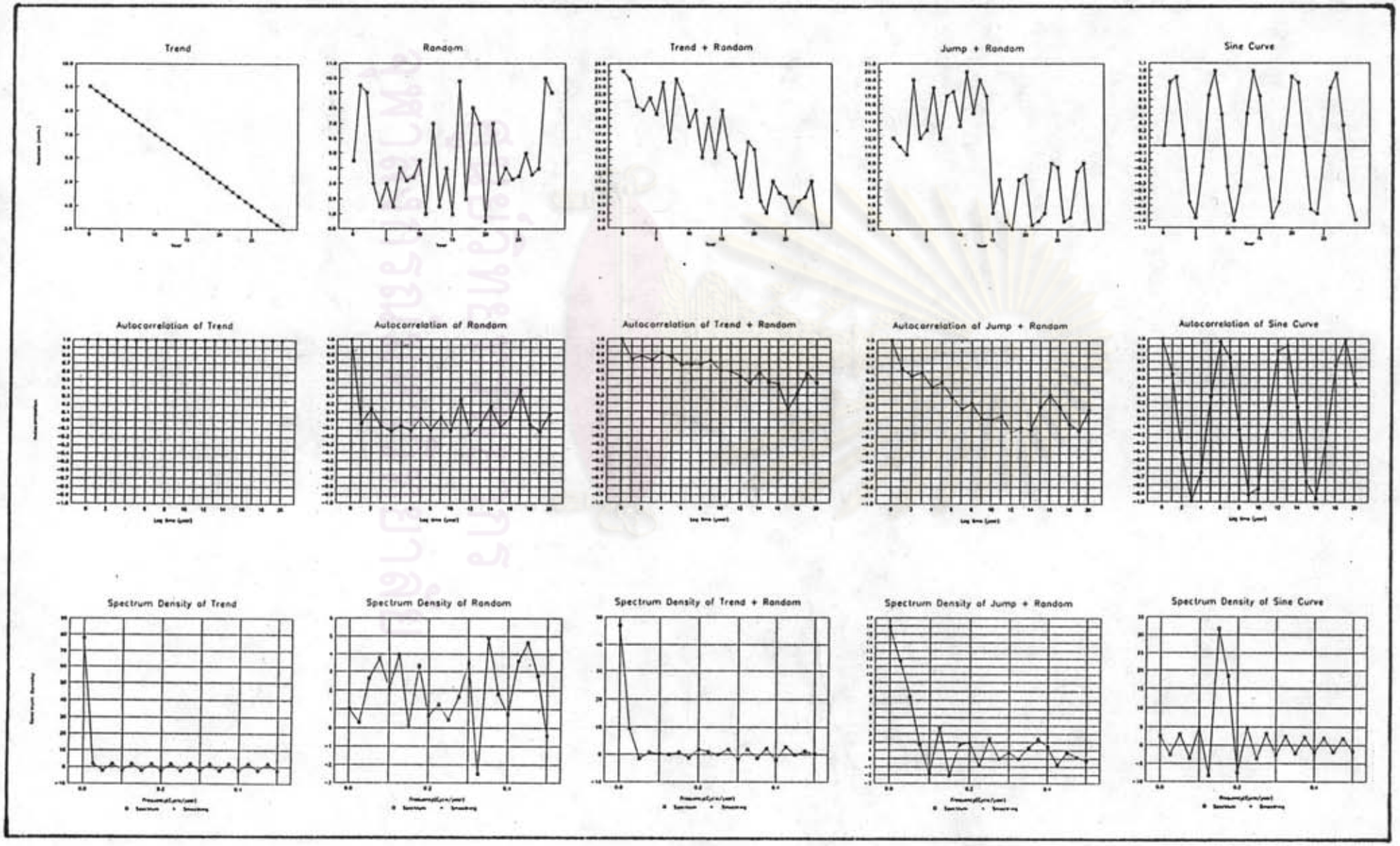
```
     A        B        C          D        E    F      G      H
 1                              NY
 2                              Lag
 3  ----------------            L
 4     YEAR   DATA               NL
 5  ----------------            TT1
 6                              TT2
 7                              AVG1
 8                              AVG2
 9                              VAR1
10                              VAR2
11                              SS1
12                              SS2
13                              SS0
14                              T
15
16                  Autocorrelation
17                  ------------------------------------------------
18                        Lag      Cov    Cor   f        Spec  Spec-av
19                  ------------------------------------------------
20
```

Rang name	Cell position
AVG0	CK37
AVG1	E7
AVG2	E8
AVGVAR	CD32
COR	E20
COV	D20
DATA	B6..B35
L	E3
LAG	E2
LAGLOOP	CC9..CC18
NL	E4
NY	E1
R	K20..AC20
SP	CB42..CB55
SPEC	G20
SS0	E13
SS1	E11
SS2	E12
SUM	CD..CD28
T	E14
TABLEAT	C16
TABLESP	K18..AC90
TT1	E5
TT2	E6
VAR0	CK38
VAR1	E9
VAR2	E10
\A	CD33..CD38
\C	CB1
\P	CB4
\R	CB3..CB4
\S	CB40..CB48

```
\c   {goto}DATA~/fcce{?}~

\r   {goto}DATA~/rndDATA~/rncDATA~.{end}{down}{?}~
\p   {let NY,@count(DATA):value}{recalc NY}~
     {getnumber "Input lag time maximum =",LAG}
     {for L,0,LAG,1,LAGLOOP}
     {quit}

     LAGLOOP  {indicate AT}{windowsoff}{paneloff}
              {let NL,NY-L}{recalc LAGLOOP}
              {let TT1,1}{let TT2,NL}{avgvar TT1,TT2}{let AVG1,AVG0}{let VAR1,VAR0}
              {let TT1,1+L}{let TT2,NY}{avgvar TT1,TT2}{let AVG2,AVG0}{let VAR2,VAR0}
              {let SS1,0}{let SS2,0}{let SS0,0}
              {for T,1,NL,1,SUM}
              {goto}COV~
              +"{down "&@STRING(E4,0)&"}{left}+L~/rv~~"
              {right}+SS0/NL~/rv~~
              {right}+{left}/@sqrt(VAR1*VAR2)~/rv~~
              {indicate}{windowson}{panelon}


              SUM    {recalc SUM}
                     +"{goto}b"&@STRING(E14+5,0)&"~/rndR~/rncR~~"
                     +"{goto}DATA~{down "&@STRING(E14-1,0)&"}/rndR~/rncR~~"
                     {let SS1,R-AVG1}
                     +"{goto}b"&@STRING(E14+E3+5,0)&"~/rndR~/rncR~~"
                     +"{goto}DATA~{down "&@STRING(E14+E3-1,0)&"}/rndR~/rncR~~"
                     {let SS2,R-AVG2}
                     {let SS0,SS0+SS1*SS2}
                     {recalc SS0}~

              AVGVAR {define TT1:value,TT2:value}{recalc \a}
              \a     +"{goto}DATA~{down "&@STRING(E5-1,0)&"}"
                     /rndR~
                     /rncR~
                     +"{down "&@STRING(E6-E5,0)&"}~"
                     {let AVG0,@avg(R)}          AVG0
                     {let VAR0,@var(R)}          VAR0

\s   {indicate SP}{windowsoff}{paneloff}
     {goto}tableSP~{recalc SP}{left}0~{right}+{left}+1~
SP   +"/c~.{right "&@STRING(E2-2,0)&"}~"
     {left}{down}/rndR~/rncR~~{goto}COR~/rt.{end}{down}~R~{goto}R~
     +"{goto}f20~+c20/2/$e$2~/c~{down}.{down "&@STRING(E2-1,0)&"}~"
     +"{goto}J20~@COS(@PI*2*J$18*$F20)*J$19~/c~.{right "&@STRING(E2-1,0)&"}{down "&@STRING(E2,0)&"}~"
     +"{down "&@STRING(E2+5,0)&"}(.5*(1+@COS(@PI*2*J$18*$F20)))~"
     +"/c~.{right "&@STRING(E2-1,0)&"}{down "&@STRING(E2,0)&"}~"
     +"{down "&@STRING(E2+5,0)&"}~+J20*J"&@STRING(E2+25,0)&"~/c~.{right "&@STRING(E2-1,0)&"}{down "&@STRING(E2,0)&"}~"
     {goto}J20~/rndR~/rncR~{right}.{end}{right}~{goto}SPEC~@sum(K20..AC20)*4+2~
     +"/c~.{down "&@STRING(E2,0)&"}~"
     +"{goto}H20~@sum(K"&@STRING(E2+E2+30,0)&"..AC"&@STRING(E2+E2+30,0)&")*4+2~/c~.{down "&@STRING(E2,0)&"}~"
     +"{down "&@STRING(E2+1,0)&"}\~/c~.{left 5}~"
     +"{goto}tableSP~{left}/re{right "&@STRING(E2,0)&"}{down "&@STRING(E2+E2+E2+12,0)&"}{right}~"
     {goto}TABLEAT~
     {indicate}{windowson}{panelon}
```

รูปที่ 4-1 โปรแกรมมาโคร (Macros) โดยใช้ Lotus 123 สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในตัวเอง และความหนาแน่นทางสเป็คทรอลของอนุกรมชุดต่าง ๆ [2]

รูปที่ 4-2 ตัวอย่างกราฟผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในตัวเอง และความหนาแน่น
ทางสเป็คทรอลของอนุกรมชุดต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นเอง [2]



เป็น 0 ที่ความถี่สูงขึ้น ถ้าอนุกรมมีความสัมพันธ์เป็นวงจรกราฟความสัมพันธ์ในตัวเองจะเป็นวงจรเช่นกัน และกราฟความหนาแน่นทางสเป็คทรอลจะมีค่าสูงเป็นพิเศษที่ความถี่ของวงจรนั้น ถ้าอนุกรมที่มีความสัมพันธ์ไม่แน่นอน กราฟความสัมพันธ์ในตัวเองจะมีค่าขึ้นลงรอบ 0 และกราฟความหนาแน่นทางสเป็คทรอลจะมีค่าขึ้นลงรอบ 2 ถ้าอนุกรมที่มีความสัมพันธ์หลายชนิดที่ผสมกัน ลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ในตัวเอง และความหนาแน่นทางสเป็คทรอลก็จะมีลักษณะผสมผสานกันขึ้นกับอนุกรมนั้น จะแสดงความสัมพันธ์ได้ชัดเจนกว่า

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในตัวเอง และการวิเคราะห์ทางสเป็คทรอลของอนุกรมฝนรายปี และรายเดือน เพื่อศึกษาพฤติกรรมฝนว่ามี serial correlation ที่ช่วงเวลาถัดไปเท่าไร โดยอนุกรมฝนรายเดือนได้แบ่งออกเป็น 4 ช่วง ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของช่วงเวลาถัดไป(lag time)คือ ช่วงปี 1985 ช่วงปี 1976 ช่วงปี 1966 และช่วงปี 1957 ในแต่ละช่วงปีเริ่มจากเดือนธันวาคม จนถึงเดือนมกราคมตามลำดับจนครบ 12 เดือน ส่วนอนุกรมฝนรายปีใช้ช่วงปี 1985 ถึง 1956 และทำการเพิ่มจำนวนข้อมูลขึ้นครั้งละปีจนถึงปี 1990 จำนวน 5 ปี ซึ่งกราฟผลการวิเคราะห์อนุกรมชุดต่าง ๆ ของข้อมูลทั้งหมด แสดงไว้ในภาคผนวก ค และสรุปผลการวิเคราะห์ในประเด็นต่าง ๆ อยู่ในหัวข้อต่อไป

4.2 การสรุปผลการวิเคราะห์ทางสโตแคสติก

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลฝนตามลำดับเวลาที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง มีวงจรปรากฏให้เห็น หรือมีความสัมพันธ์ไม่แน่นอน โดยผลการวิเคราะห์แสดงเป็นกราฟชนิดต่าง ๆ อยู่ในภาคผนวก ค ได้แก่ กราฟข้อมูลฝนรายปี และรายเดือนตามลำดับเวลา กราฟความสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function) หรือหาจากวงจร (Cycle) ที่ปรากฏโดยการวิเคราะห์ทางสเป็คทรอล (Spectral Density) ถ้าช่วงเวลาที่สัมพันธ์กันมีค่าตรงกับวงจรที่ปรากฏแสดงว่าข้อมูลที่มีค่าสูงเป็นพิเศษปรากฏขึ้นห่างกันตามวงจรที่หาได้ค่อนข้างบ่อย ถ้ามีช่วงเวลาที่สัมพันธ์กันแต่ไม่ปรากฏวงจรที่ช่วงเวลานี้ แสดงว่าข้อมูลที่มีค่าสูงเป็นพิเศษปรากฏขึ้นห่างกันตามช่วงเวลานี้ แต่ไม่บ่อยนัก ผลการวิเคราะห์ช่วงเวลาที่สัมพันธ์กัน และวงจรที่ปรากฏนี้พอกล่าวโดยอนุกรมฝนแต่ละสถานี ซึ่งสรุปเป็นช่วงเวลา และวงจรที่น่าสนใจดังแสดงในตารางที่ 4-1

ความสัมพันธ์ของเวลา และวงจรของฝนในแต่ละสถานี วิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลฝนที่คัดเลือกไว้ 4 สถานี มีสถานีวัดฝนที่กรมอุตุนิยมวิทยา (41013) สนามบินดอนเมือง (41063) เขตมีนบุรี (41052) และเขตหนองแขม (41202) จะเห็นว่าแต่ละสถานีมีช่วงเวลาที่สัมพันธ์กันไม่ค่อยแน่นอนสำหรับอนุกรมฝนรายปี ดังแสดงในตารางที่ 4-1 ส่วนอนุกรมฝนรายเดือนมีความสัมพันธ์ของเวลา และวงจรค่อนข้างแน่นอน คือ มีช่วงเวลาห่างกัน 1 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 จะเห็นได้ว่าในแต่ละสถานีมีค่าไม่เท่ากันพิจารณาอนุกรมฝนรายปี โดยเลือกค่าที่ Significance (ค่าที่อยู่นอกเส้นขอบเขตที่กำหนด) โดยสถานีวัดฝนกรมอุตุนิยมวิทยา (41013) มีค่า lag ที่ 3 ปี สถานีวัดฝนสนามบินดอนเมืองมีค่า lag ที่ 2 ปี สถานีวัดฝนเขตมีนบุรี (41052) มีค่า lag ที่ 9 ปี และที่สถานีวัดฝนเขตหนองแขม (41202) มีค่า lag ที่ 4 ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ช่วงเวลาถัดไป (lag time) และความหนาแน่นทางสเป็คทรอลของฝนรายปี และฝนรายเดือน โดยเริ่มจาก 30 ข้อมูล ถึง 35 ข้อมูล (1956 - 1985 ถึง 1956 - 1990)

Month	Sta.41013 Bangkok Metropolis		Sta.41063 Don Muang Airport		Sta.41052 A. Min Buri		Sta.41202 A. Nong Khaem	
	lag(k) (year)	spectrum density (cycle/year)	lag(k) (year)	spectrum density (cycle/year)	lag(k) (year)	spectrum density (cycle/year)	lag(k) (year)	spectrum density (cycle/year)
reann30			2,13	15,3,6				
ann30	3,19	4,19,7	2,13	1,15	8,9	11,6	4	6,2
ann31	3	7,4	2,6,13	1,15	8,9	11,6	4	6,2
ann32	3	4,7	2,6,8,13	15,1	8,9	11,6	4	6,2
ann33	3,19	7,20,4	2,6,8,13	15,1	9,8	6,20	4	6,2
ann34	3,19	7,20,4	2,6,8	1,15	9,8	20,6	4	6,2
ann35	3,19	7,20,4	2,6,8	1,15			4	6,2
dec	17,2	7,2	2	1	20,17	19,2	5,2	1
redec								
nov	9,14	18,9	9,13	18,4,6	9,4	18,9,15	20,2,4	2,10
renov								
oct	3,7	14,1	3,2	1	17,6	14,7	5,16	11
reoct			3	14,1	17,6	14,7	16,5	11
sep	8,20	6,5	13,19	16,18,5	4,8	5,15	4,11,15	5,4
resep			1,4,13	16,5,3,1	4,8	5,15		
aug	12,8,2	11,6,4	15,12,7,6	6,13,1	15,4	16,6	1,17	16,14
reaug			15	6,13				
jul	3,15,17	7,20,17	14	17,11	3,6,18	7,20,5	13,17,6	9,10
rejul					3,18	7		
jun	9,10,6,1	4,9,3	12	4,17	12	6,3	12,8	20,14,4
rejun					12	6,3		
may	17,11,4,5	14,7,3	15	3,10,8	1,12,17	17,16	11,15,3	11,3,14
remay								
apr	3,2	19,3	9,5,1	16,3	14,9,5	11,20,3	2,12	2
reapr								
mar	9,5	4,13	2,14,19	20,17,3	1,6,11	4,3,1	4	20,3
remar								
feb	13,17,6	12,7,3	17	12,19,7	13	12,3	12,6	3,10
refeb								
jan	17,8,5	5,14,4	19	2,15	19,10	4	17,13,4	14,5
rejan					19,10	4		

Note: re = removed trend out of series
ann30 = annual rainfall 30 datas (1985-1956)
⋮
ann35 = annual rainfall 35 datas (1990-1956)
dec = monthly rainfall of december 30 datas (1985-1956)
⋮
jan = monthly rainfall of january 30 datas (1985-1956)

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ช่วงเวลาถัดไป (lag time) และความหนาแน่นทางสเป็คทรอลของฝนรายเดือนในปีเดียวกัน โดยเริ่มต้นทุก ๆ เดือนจนครบ 12 เดือน

Year	Sta.41013 Bangkok Metropolis		Sta.41063 Don Muang Airport		Sta.41052 A. Min Buri		Sta.41202 A. Nong Khaem	
	lag(k) (month)	spectrum density (cycle/month)	lag(k) (month)	spectrum density (cycle/month)	lag(k) (month)	spectrum density (cycle/month)	lag(k) (month)	spectrum density (cycle/month)
1985dec	1	1	1	1	1	1	4,5,1	4,3,1
nov	1	1	3,8,1	1	1	1	4,5,1	1,4,3
oct	1	1	1	1	1	1	2,4,8	1,3
sep	1	1	1	1	1	1	4,2,1	4,1
aug	1	2	1	1	1	1	1	2,1
jul	1	2	1	1	1	2,1	1	2,1
jun	1	2	1	1	8,1	2,1	8,7,1	2,1
may	1	2	1,8	2,1	8,1	2,1	8,7,1	2,1
apr	1,7	2	1,7	2	8,1	2,7	7,6,1	2,5
mar	1,8	1	1	2,1	1	1	8,1	1,2
feb	1	1	1	2,3,1	1	1	1,8	1,2
jan	1	1	1	3,2,1	1	1	1	1
1976dec	1	1	1	1	1	1	1	1
nov	1	1	1	1	8,1	1	1	1
oct	2	1	1	1	1	1	1	1
sep	7,2	2,7	1	1	1	1	1	2,1
aug	1	2	1	1	1	2,1	1	1
jul	2	2	1	1	1	2,1	1	1
jun	1	2	1,8	1,2	1	2,1	1,8	2,1
may	1	2	1,8	1,2	1	2,1	1,7,8	2,1
apr	1,6	2	1,8	1	1	1	1,6	2,1
mar	1	1	1	1	1	1	1	1
feb	1,4	1	1	1	1	1	1	1
jan	1	1	1	1	1	1	1	1
1966dec	1	1	8,5,1	1	5,8	6,3	8,1	1
nov	1	1	8,2,1	1	8,5	6,1	8,1	2,1
oct	1,2,7	1,2,7	8,3,1	1,6	6,5	3,6	2,6	2
sep	1,7	2,7	7,3,1	2,7	1	1	2,1	2,1
aug	1,8	1	8,1	1	8,1	1	1	1
jul	1	1	8,1	1	8,1	1	1	1
jun	8,1	2	8,1	2,1	8,1	1	8,1	2,1
may	8,1	2	8,1	2,1	8,1	1	8,1	2,1
apr	7,1	2	1	3	1	2,1	1	1
mar	1	1	1	1	1	1	1	1
feb	1	1	1	1	1	1	1	1
jan	1	4,1	1	4,2,1	1	1	8,1	4,2,1
1957dec	1	1	1	1,2	1	1	1	1
nov	1,6	1	6,1,4	8,5,1	1	1	6,3	5,1
oct	1	1	1	1	1	1	1	1
sep	1	1	1	1	1	1	1	1
aug	1	1	1	1	2,1	1,2	1	1
jul	1	2,1	1	1	1	2,1	1	1
jun	1	2,1	1	2,1	1	2,1	8,1	2,1
may	1,7	2	1,7	2,5	1	2,1	6,1	3,2
apr	1,7	2	1,7	2,5	1	2,1	6,1	2,3
mar	1	1	1	2	1	1	1	1
feb	1	1	1	1	1	1	1	1
jan	1	1	1	1	1	1	5,1	3,1

Note: 1985dec = monthly rainfall of december 1985 to january 1985 (12 months)
⋮
1985jan = monthly rainfall of january 1985 to febuary 1984 (12 months)