

เทคนิคการคาดคะเนโดยวิธีของ Winter

ดร.สมเกียรติ รุจิเกียรติกำจร *

ความนำ

เทคนิคการคาดคะเนที่จะกล่าวถึงในที่นี้ เป็นการคาดคะเนในระยะสั้น (short-term forecasting) ซึ่งจะมีประโยชน์มากที่จะช่วยในการตัดสินใจของงานวางแผนต่าง ๆ เช่น การวางแผนงานด้านวัสดุคงคลัง การวางแผนงานด้านการผลิต การวางแผนงานด้านการเงิน การวางแผนงานด้านแรงงาน และการควบคุมการผลิต เป็นต้น การคาดคะเนโดยวิธีของ Winter เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มี trend และ season เข้ามาเกี่ยวข้อง ในที่นี้จะกล่าวถึงขั้นตอนของวิธี Winter โดยสรุปพร้อมทั้งการอธิบายด้วยตัวอย่างซึ่งหาผลลัพธ์โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

การคาดคะเนโดยวิธีของ Winter

ให้

$$x_t = (a + bt) c_t + \epsilon_t \quad \dots 1$$

เป็นสมการของการคาดคะเนซึ่ง

$$\begin{aligned} x_t &= \text{ความต้องการที่เวลา } t \\ t &= \text{เวลา} \\ a &= \text{permanent component} \\ b &= \text{trend component} \\ c_t &= \text{seasonal factor ที่เวลา } t \\ \epsilon_t &= \text{random error ที่เวลา } t \end{aligned}$$

ขั้นตอนวิธีของ Winter โดยสรุป {1,2} มีดังนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 ประมาณค่า permanent component โดย

$$\hat{a}(T) = \alpha \frac{x_T}{\hat{c}_T(T-L)} + (1 - \alpha) \{ \hat{a}(T-1) + \hat{b}(T-1) \} \quad \dots \dots 2$$

$$\begin{aligned} \text{ซึ่ง } \hat{a}(T) &= \text{ค่าประมาณของ permanent component ซึ่งคำนวณหาที่เวลา } T \\ \alpha &= \text{ค่าคงที่ระหว่าง 0 และ 1} \\ x_T &= \text{ความต้องการที่เวลา } T \end{aligned}$$

*

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

$\hat{c}_T(T-L)$ = ค่าประมาณของ seasonal factor ที่เวลา T ซึ่งคำนวณหาค่าที่
เวลา T-L

$\hat{b}(T-1)$ = ค่าประมาณของ trend component ซึ่งคำนวณหาที่เวลา T-1

ขั้นตอนที่ 2 ประมาณค่า trend component โดย

$$\hat{b}(T) = \beta \{ \hat{a}(T) - \hat{a}(T-1) \} + (1 - \beta) \hat{b}(T-1) \quad \dots 3$$

ซึ่ง β = ค่าคงที่ระหว่าง 0 และ 1

ขั้นตอนที่ 3 ประมาณค่า season factor โดย

$$\hat{c}_T(T) = \gamma \frac{x_T}{\hat{a}(T)} + (1 - \gamma) \hat{c}_T(T-L) \quad \dots 4$$

ซึ่ง γ = ค่าคงที่ระหว่าง 0 และ 1

* ในที่นี้ค่าที่อยู่ใน () หมายถึงระยะเวลาที่ใช้ประมาณ parameter เช่น $\hat{a}(T) = \hat{a}$
โดยที่ T คือระยะเวลาที่คำนวณหา $\hat{a}$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณความต้องการในอนาคตที่เวลา T+τ โดย

$$\hat{x}_{T+\tau}(T) = \{ \hat{a}(T) + \hat{b}(T)\tau \} \hat{c}_{T+\tau}(T+\tau-L) \quad \dots 5$$

ซึ่ง τ = ระยะเวลาในอนาคตที่ต้องการคาดคะเนความต้องการ

ก่อนที่จะเริ่มขั้นตอนดังกล่าวจำเป็นต้องหา parameter เบื้องต้นของ $\hat{a}(0)$,
 $\hat{b}(0)$, และ $\hat{c}_t(0)$ สำหรับ $t = 1, 2, \dots, L$ เสียก่อน ต่อไปนี้จะกล่าวถึงการหา
parameter เบื้องต้นโดยวิธีของ Winter { 1 }

สมมติว่ามีข้อมูลล่าสุดของ m ฤดูกาลอยู่ และให้ $\bar{x}_j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) เป็น
ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในฤดูกาลที่ j จะประมาณค่า trend component เบื้องต้นได้โดย

$$\hat{b}(0) = \frac{\bar{x}_m - \bar{x}_1}{(m-1)L} \quad \dots 6$$

และค่า permanent component เบื้องต้นจะประมาณได้โดย

$$\hat{a}(0) = \bar{x}_1 - \frac{L}{2} \hat{b}(0) \quad \dots 7$$

seasonal factor ของทุกคาบเวลา $t = 1, 2, \dots, mL$ คำนวณได้โดย

$$\hat{c}_t = \frac{x_t}{x_1 - \{ (L+1)/2 - j \} \hat{b}(0)} \quad t = 1, 2, \dots, mL \quad \dots 8$$

ซึ่ง $\bar{x}_i$ = ค่าเฉลี่ยของฤดูกาลตาม t (เช่น ถ้า $1 \leq t \leq L$ จะได้ $i=1$ และถ้า $L+1 \leq t \leq 2L$ จะได้ $i=2$ เป็นต้น)

j = ตำแหน่งของ t ในฤดูกาล (เช่น ถ้า $t = 1$ และ $t = L+1$ จะได้ $j = 1$ และ $t = 2$ และ $t = L+2$ จะได้ $j = 2$ เป็นต้น)

สมการข้างต้นจะให้ค่าประมาณ m ค่าของ seasonal factor สำหรับทุกคาบ (period) จะหาค่าเฉลี่ยของ seasonal factor ของทุกคาบได้โดย

$$\bar{c}_t = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} \hat{c}_{t+kl} \quad t = 1, 2, \dots, L \quad \dots 9$$

ในที่สุดก็จะหาค่าประมาณของ seasonal factor เบื้องต้นได้โดย

$$\hat{c}_t(0) = \frac{\bar{c}_t}{\frac{1}{L} \sum_{t=1}^L \bar{c}_t} \quad t = 1, 2, \dots, L \quad \dots 10$$

ตัวอย่าง

บริษัทผลิตแชมเปญแห่งหนึ่งมีข้อมูลการขายแชมเปญทุกเดือนเป็นเวลา 4 ปี ดังแสดงในตารางที่ 1 จงใช้ข้อมูล 2 ปีแรกในการหา parameter เบื้องต้น และคาดคะเนการขาย 2 ปีหลังในแต่ละเดือน

ตารางที่ 1

ปริมาณการขายแชมเปญ (ขวด)

ปี	เดือน	ยอดขาย	ปี	เดือน	ยอดขาย
2516	ม.ค.	2,851	2517	ม.ค.	2,541
	ก.พ.	2,672		ก.พ.	2,475
	มี.ค.	2,755		มี.ค.	3,031
	เม.ย.	2,721		เม.ย.	3,266
	พ.ค.	2,946		พ.ค.	3,776
	มิ.ย.	3,036		มิ.ย.	3,230
	ก.ค.	2,282		ก.ค.	3,028
	ส.ค.	2,212		ส.ค.	1,759
	ก.ย.	2,922		ก.ย.	3,595
	ต.ค.	4,301		ต.ค.	4,474
	พ.ย.	7,132		พ.ย.	6,838
	ธ.พ.	7,132		ธ.ค.	8,357

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ยอดขาย	ปี	เดือน	ยอดขาย
2518	ม.ค.	3,133	2519	ม.ค.	5,375
	ก.พ.	3,006		ก.พ.	3,088
	มี.ค.	4,047		มี.ค.	3,718
	เม.ย.	3,523		เม.ย.	4,514
	พ.ค.	3,937		พ.ค.	4,520
	มิ.ย.	3,986		มิ.ย.	4,539
	ก.ค.	3,260		ก.ค.	3,663
	ส.ค.	1,573		ส.ค.	1,643
	ก.ย.	3,528		ก.ย.	4,739
	ต.ค.	5,211		ต.ค.	5,428
	พ.ย.	7,614		พ.ย.	8,314
	ธ.ค.	9,254		ธ.ค.	10,651

การหา parameter เบื้องต้น :

ในปีที่ $m = 2$ ปี และ $L = 12$ เดือน

$$\bar{x}_1 = 3446.17$$

$$\bar{x}_2 = 3864.17$$

จากสมการที่ 6 จะได้

$$b(0) = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{(2-1)12} = 33.17$$

จากสมการที่ 7 จะได้

$$a(0) = \bar{x}_1 - \frac{12}{2} b(0) = 3267.17$$

จากสมการที่ 8 , 9 , และ 10 จะคำนวณหาค่า $\hat{c}_t(0)$, $t = 1, 2, \dots, L$

ได้ดังนี้คือ

$$\begin{aligned} \hat{c}_1(0) &= 0.786 \\ \hat{c}_2(0) &= 0.742 \\ \hat{c}_3(0) &= 0.823 \\ \hat{c}_4(0) &= 0.841 \\ \hat{c}_5(0) &= 0.934 \\ \hat{c}_6(0) &= 0.867 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{c}_7(0) &= 0.724 \\ \hat{c}_8(0) &= 0.544 \\ \hat{c}_9(0) &= 0.875 \\ \hat{c}_{10}(0) &= 1.173 \\ \hat{c}_{11}(0) &= 1.664 \\ \hat{c}_{12}(0) &= 2.028 \end{aligned}$$

ตอนนี้เราก็ได้ค่า parameter เบื้องต้นที่เวลา 0 แล้ว ต่อไปก็จะเริ่มขั้นตอนของการคาดคะเนโดยวิธีของ Winter โดยการใช้สมการที่ 2 , 3 , 4 , และ 5 โดยกำหนดให้ $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.1$, และ $\gamma = 0.1$ จากสมการที่ 5 จะได้

$$\begin{aligned}\hat{x}_1(0) &= \hat{a}(0) + \hat{b}(0) \cdot \hat{c}_1(0) \\ &= 2594\end{aligned}$$

จากนี้ก็ใช้สมการที่ 2 , 3 , 4 , และ 5 เพื่อหาค่าของ $\hat{x}_2(1)$

ดังนี้คือ

$$\begin{aligned}\hat{a}(1) &= \alpha \frac{x_1}{\hat{c}_1(0)} + (1 - \alpha) \hat{a}(0) + \hat{b}(0) \\ &= 3365.71\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{b}(1) &= \beta \hat{a}(1) - \hat{a}(0) + (1 - \beta) \hat{b}(0) \\ &= 39.70\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{c}_1(1) &= \gamma \frac{x_1}{\hat{a}(1)} + (1 - \gamma) \hat{c}_1(0) \\ &= 0.7921\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{x}_2(1) &= \hat{a}(1) + \hat{b}(1) \cdot \hat{c}_2(0) \\ &= 2527\end{aligned}$$

ทำการคำนวณในทำนองเดียวกันจนกระทั่งได้ $\hat{x}_{48}(47)$ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ผลของการคาดคะเนในปี 2516-2519

T	(เดือน)	x_T	$\hat{a}(T)$	$\hat{b}(T)$	$\hat{c}_{T+1}(T-1)$	$\hat{x}_{T+1}(T)$	Error
2516	1	2851	3365.71	39.70	.7921	2594	257
	2	2672	3444.22	43.58	.7457	2527	145
	3	2755	3460.02	40.80	.8200	2869	-114
	4	2721	3447.52	35.48	.8361	2945	-224
	5	2946	3417.09	28.88	.9270	3254	-308
	6	3036	3456.87	29.98	.8684	2989	47
	7	2282	3419.84	23.27	.7183	2525	-243
	8	2212	3567.73	35.74	.5516	1973	339

ตารางที่ 2 (ต่อ)

T	(เดือน)	x_T	$\hat{a}(T)$	$\hat{b}(T)$	$\hat{c}_{T+1}(T-11)$	$\hat{x}_{T+1}(T)$	Error
	9	2922	3550.93	30.48	.8695	3152	-230
	10	4301	3598.77	32.21	1.1748	4199	102
2517	11	5764	3597.80	28.90	1.6573	6040	-276
	12	7132	3604.87	26.72	2.0226	7353	-221
	13	2541	3546.85	18.24	.7845	2877	-336
	14	2475	3515.90	13.32	.7415	2658	-183
	15	3031	3562.62	16.66	.8231	2894	137
	16	3266	3644.69	23.20	.8421	2993	273
	17	3776	3748.97	31.31	.9350	3400	376
	18	3230	3768.11	30.09	.8673	3283	-53
	19	3028	3881.61	38.43	.7245	2728	300
	20	1759	3773.82	23.81	.5430	2162	-403
	21	3595	3865.05	30.55	.8755	3302	293
	22	4474	3878.16	28.81	1.1727	4576	-102
	23	6838	3950.76	33.19	1.6647	6475	363
	24	8357	4013.51	36.14	2.0286	8058	299
2518	25	3113	4033.31	34.51	.7833	3177	-64
	26	3006	4065.03	34.25	.7413	3016	-10
	27	4047	4262.78	50.58	.8357	3374	673
	28	3523	4287.41	47.99	.8401	3632	-109
	29	3937	4310.43	45.49	.9329	4054	-117
	30	3986	4403.93	50.29	.8711	3778	208
	31	3260	4463.27	51.20	.7251	3227	33
	32	1573	4190.90	18.84	.5263	2452	-879
	33	3528	4173.70	15.23	.8725	3686	-158
	34	5211	4239.90	20.33	1.1783	4912	299
	35	7614	4322.96	26.61	1.6743	7092	522
	36	9254	4392.00	30.85	2.0364	8823	431
2519	37	5375	4910.74	79.64	.8144	3464	1911
	38	3088	4825.42	63.14	.7312	3699	-611
	39	3718	4800.62	54.35	.8296	4085	-367

ตารางที่ 2 (ต่อ)

T	(เดือน)	x_T	$\hat{a}(T)$	$\hat{b}(T)$	$\hat{c}_{T+1}(T-11)$	$\hat{x}_{T+1}(T)$	Error
40		4514	4958.67	64.72	.8471	4078	436
41		4520	4987.77	61.16	.9302	4686	-166
42		4539	5081.31	64.39	.8733	4398	141
43		3663	5126.89	62.51	.7240	3731	-68
44		1643	4775.90	21.16	.5081	2731	-1088
45		4739	4923.95	33.85	.8815	4185	554
46		5428	4887.57	26.83	1.1715	5842	-414
47		8314	4924.63	27.85	1.6757	8228	86
48		10651	5008.02	33.41	2.0455	10085	566

รูปที่ 1 แสดงผลของการคาดคะเนและความต้องการที่แท้จริง จะพบว่าผลของการคาดคะเนได้ผลที่ใกล้เคียงความจริงมาก จากนั้นเราก็สามารถที่จะคาดคะเนความต้องการในเดือนมกราคม 2520 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 x_{49}(48) &= \{ \hat{a}(48) + \hat{b}(48) \} c_{49}(37) \\
 &= (5008.02 + 34.41) \quad 0.8144 = 4107
 \end{aligned}$$

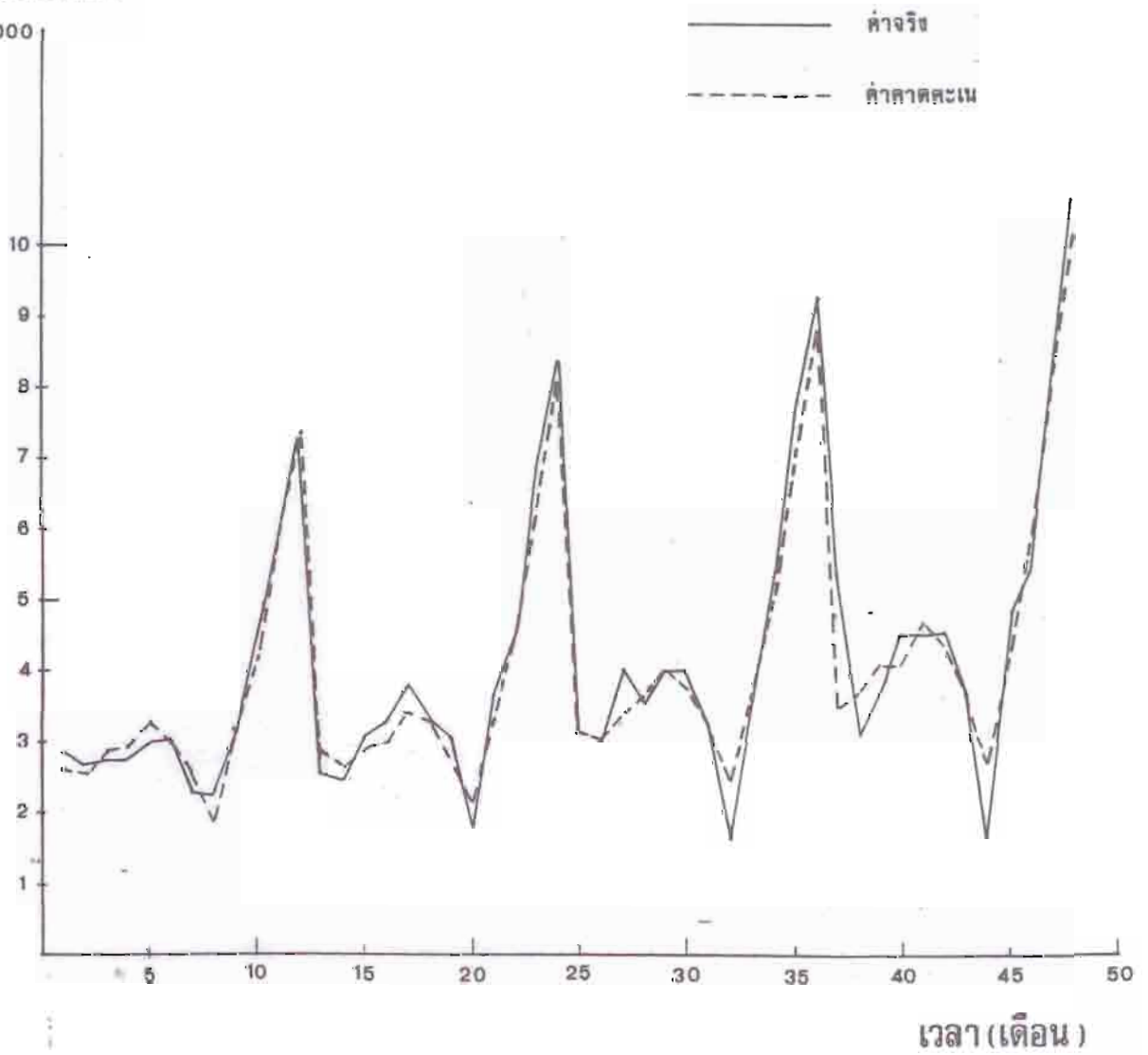
ในภาคผนวกจะแสดงคอมพิวเตอร์โปรแกรมซึ่งใช้ในการหาผลลัพธ์ของตัวอย่างนี้โดยใช้คอมพิวเตอร์ NEAC SERIES 2200 ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สรุป

จากการทดลองการคาดคะเนในหลาย ๆ ปัญหาโดยคอมพิวเตอร์ พบว่าข้อมูลที่มี trend และ season วิธีของ Winter จะมีความยืดหยุ่นกับข้อมูลมากพอสมควรโดยเฉพาะข้อมูลที่มี trend มากขึ้นและ amplitude ของฤดูกาลเพิ่มมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามสำหรับข้อมูลที่มี trend และ season วิธีของ Winter นับได้ว่าเป็นวิธีที่ให้ผลการคาดคะเนได้ดีและไม่ยุ่งยากซับซ้อนเมื่อเทียบกับวิธีอื่น เช่น วิธีของ Box - Jenkins ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างจะยุ่งยากแต่ก็ให้ความยืดหยุ่นกับข้อมูลสูง

ความต้องการ

X1,000



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบผลของการคาดคะเนและความต้องการ

เอกสารอ้างอิง

1. Montgomery, D.C. and Johnson, L.A., Forecasting and Time Series Analysis, McGraw-Hill Book Company, New York, 1976.
2. Makridakis, S. and Wheelwright, S.C., Forecasting Method and Application, John Wiley & Sons, New York, 1978.
3. Box, G.E.P. and Jenkins, G.M., Time Series Analysis : Forecasting and Control, Holden Day, San Francisco, 1976.

ภาคผนวก

รายละเอียดของคอมพิวเตอร์โปรแกรมซึ่งเขียนโดย Montgomery, D.C. {1} ซึ่งได้นำมาแก้ไขให้เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ NEAC SERIES 2200 ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

```

001      DIMENSION X(50),A(50),B(50),S(24),V(10),FF(10,24),R(50),F(50)
002      DIMENSION FFP(50),SAVE(24),SS(50)
003      REAL ONEAAA,ONEBBB,ONEMGG
C
C      WINTERS METHOD=ADDITIVE TREND AND MULTIPLICATIVE SEASONALS
C
C      F(I) IS THE FORECAST MADE IN PERIOD I
C      FFP(I) IS THE FORECAST MADE FOR PERIOD I
C      X(I) IS THE DATA WHICH IS RECEIVED IN PERIOD I
C      R(I) IS X(I)-FFP(I)
C
004      R(1)=0.0
005      READ(2,1)N,N1,K5,K4,L,LT
C
006      1 FORMAT(2I3,2I1,2I3)
007      XLT=LT
010      IF(K5.EQ.0)READ(2,2)ALPHA,BETA,GAMMA
011      2 FORMAT(9F4,0)
012      IF(K5.EQ.1)READ(2,2)AL,AD,AJ,AL,BD,BU,GL,SD,SU
013      READ(2,4)(X(I),I=1,N)
014      4 FORMAT(10F8,0)
015      WRITE(3,5)
016      5 FORMAT(1H1,25X,53H WINTERS METHOD FOR FORECASTING A SEASONAL TIMES
SERIES/)
017      IF(K4.EQ.1)GO TO 12
020      WRITE(3,6)
021      6 FORMAT(1H0,10X,31H INITIAL VALUES OF THE PERMANENT, 39H TREND AND SE
ASONAL COMPONENTS SPECIFIED)
022      READ(2,2)AO
023      READ(2,2)BO
024      DO 7 I=1,L
025      READ(2,2)S(I)
026      7 SAVE(I)=S(I)
027      WRITE(3,8)AO
030      8 FORMAT(1H0,20X,28H INITIAL PERMANENT COMPONENT=F10.4)
031      WRITE(3,9)BO
032      9 FORMAT(1H0,20X,24H INITIAL TREND COMPONENT=F10.4)
033      DO 10 I=1,L
034      10 WRITE(3,11)1,S(I)
035      11 FORMAT(1H0,20X,34H INITIAL SEASONAL FACTOR FOR PERIOD,I3,1X,1H=F10
R.4)

```

```

036      GO TO 22
037      12 WRITE(3,13)
040      13 FORMAT(1H0,10X,31HINITIAL VALUES OF THE PERMANENT, 59HTREND AND SE
      *ASONAL COMPONENTS TO BE ESTIMATED FROM THE DATA)
041      KK=N1/L
042      WRITE(3,14)N1,KK
043      14 FORMAT(1H0,10X,9HTHE FIRST,13,1X,354PERIODS OF DATA WHICH CORRESPO
      *ND TO,13,1X,2045EASONS WILL BE USED)
044      RL=L
045      J1=1
046      J2=L
047      DO 16 I=1,KK
050      V(I)=0.0
051      DO 15 J=J1,J2
052      15 V(I)=V(I)+X(J)
053      V(I)=V(I)/RL
054      J1=J2+1
055      J2=J1+L-1
056      16 CONTINUE
057      RR=N1-L
060      B0=(V(KK)-V(1))/RR
061      A0=V(1)-RL/2.*B0
062      J1=0
063      DO 18 I=1,KK
064      DO 17 J=1,L
065      JT=J+J1*L
066      RJ=J
067      17 FF(I,J)=X(JT)/(V(I)-((RL+1.0)/2.0)-RJ)*B0)
070      J1=J1+1
071      18 CONTINUE
072      SUMS=0.0
073      RKK=KK
074      DO 20 J=1,L
075      SU1=0.0
076      DO 19 I=1,KK
077      19 SUM=SUM+FF(I,J)
100      S(J)=SUM/RKK
101      20 SUMS=SUMS+S(J)
102      WRITE(3,8)A0
103      WRITE(3,9)B0
104      DO 21 J=1,L
105      S(J)=S(J)*(RL/SUMS)
106      SAVE(J)=S(J)
107      21 WRITE(3,11)J,S(J)
110      22 IF(KS.EQ.0) GO TO 32
111      WRITE(3,23)
112      23 FORMAT(1H1,10X,39H45ROOTHING CONSTANT OPTIMIZATION ROUTINE)
113      WRITE(3,24)
114      24 FORMAT(1H0,10X,5HALPHA,10X,4HBETA,10X,5HGAMMA,10X,23HRESIDUAL SUM
      *OF SQUARES/)
      C
      SEARCH FOR OPTIMUM VALUES
115      KA=(AU-AL)/AD+1.0
116      KB=(BU-BL)/BD+1.0
117      KG=(GU-GL)/GD+1.0
120      AA=AL
121      A0EST=0.0
122      B0EST=0.0
123      G0EST=0.0
124      E0EST=1.0E+30

```

```

125      DO 30 I=1,KA
126      ONEMAA=1.0-AA
127      BR=BL
130      DO 29 IJ=1,KH
131      ONEMBR=1.0-BH
132      GG=GL
133      DO 28 IK=1,KG
134      DO 205 IL=1,L
135      205 S(IL)=SAVE(IL)
136      ONEMGG=1.0-GG
137      A(I)=AA*(X(I)/S(I))+ONEMAA*(A0+B0)
138      B(I)=BB*(A(I)-A0)+ONEMBB*B0
139      S(I)=GG*(X(I)/A(I))+ONEMGG*S(I)
140      XHAT=(A(I)+XLT*B(I))*S(I)
141      E=(X(I)-XHAT)**2
142      DO 26 I=2,41
143      II=I/L
144      IS1=II*L
145      IS2=(II+1)*L
146      IS3=I-IS1
147      IF(I.GT.IS1)GO TO 501
148      GO TO 502
149      501 IF(I.LE.IS2) IL=IS3
150      502 IF(I.EQ.IS1) IL=L
151      25 A(I)=AA*(X(I)/S(IL))+ONEMAA*(A(I-1)+B(I-1))
152      B(I)=BB*(A(I)-A(I-1))+ONEMBB*B(I-1)
153      S(IL)=GG*(X(I)/A(I))+ONEMGG*S(IL)
154      ILLT=IL+LT
155      IF(ILLT.GT.L) ILLT=ILLT-L
156      XHAT=(A(I)+XLT*B(I))*S(ILLT)
157      JS=I+LT
158      26 E=(X(JS)-XHAT)**2
159      WRITE(3,27)AA,BB,GG,E
160      27 FORMAT(8X,F10.4,5X,F10.4,5X,F10.4,15X,E15.7)
161      IF(E.GE.EBEST)GO TO 28
162      ALPHA=AA
163      BETA=BB
164      GAMMA=GG
165      EBEST=E
166      28 GG=GG*30
167      29 BB=BB*30
168      30 AA=AA*40
169      WRITE(3,31)
170      31 FORMAT(1H0,10X,35HTHE OPTIMUM SMOOTHING CONSTANTS ARE)
171      32 IF(K5.EQ.0)WRITE(3,33)
172      33 FORMAT(1H0,10X,40HTHE SMOOTHING CONSTANTS ARE SPECIFIED AS)
173      WRITE(3,34)ALPHA,BETA,GAMMA
174      34 FORMAT(1H0,10X,64ALPHA=F10.4,5X,54BETA=F10.4,5X,64GAMMA=F10.4)
175      IF(N1.EQ.0)N1=L
176
177      C
178      C FORECAST WITH OPTIMUM SMOOTHING CONSTANTS
179      C
206      DO 305 IL=1,L
207      305 S(IL)=SAVE(IL)
208      ONEMAA=1.0-ALPHA
209      ONEMBB=1.0-BETA
210      ONEMGG=1.0-GAMMA
211      A(I)=ALPHA*(X(I)/S(I))+ONEMAA*(A0+B0)
212      B(I)=BETA*(A(I)-A0)+ONEMBB*B0
213      S(I)=GAMMA*(X(I)/A(I))+ONEMGG*S(I)
214      F(I)=(A(I)+XLT*B(I))*S(I)
215

```

```

217      SS(I)=S(I)
220      FFP(LT+1)=F(I)
221      R(LT+1)=X(LT+1)-F(I)
222      SUM=R(I)
223      SUMSQ=R(I)**2
224      XMAD=ABS(R(I))
225      DO 36 I=2,N1
226      II=I/L
227      IS1=II*L
230      IS2=(II+1)*L
231      IS3=I-IS1
232      IF(I.GT.IS1)GO TO 503
233      GO TO 504
234      503 IF(I.LE.IS2) IL=IS3
235      504 IF(I.EQ.IS1) IL=L
236      JS=I-LT
237      35 A(I)=ALPHA*(X(I)/S(IL))+ONE*AA*(A(I-1)+B(I-1))
240      B(I)=BETA*(A(I)-A(I-1))+ONE*BB*(B(I-1))
241      S(IL)=GAMMA*(X(I)/A(I))+ONE*GG*S(IL)
242      SS(I)=S(IL)
243      ILLT=IL+LT
244      IF(ILLT.GT.L) ILLT=ILLT-L
245      F(I)=(A(I)+XLT*B(I))*S(ILLT)
246      FFP(JS)=F(I)
247      R(JS)=X(JS)-F(I)
250      SUM=SUM+R(I)
251      SP=ABS(R(I))
252      XMAD=XMAD+SP
253      36 SUMSQ=SUMSQ+R(I)**2
254      DO 306 I=1,LT
255      R(I)=0.
256      306 FFP(I)=0.
257      J=N1+1
260      SUME=0.0
261      SUME2=0.0

```

C
C
C

START THE FORECASTING PHASE

```

262      DO 38 I=J,N
263      II=I/L
264      IS1=II*L
265      IS2=(II+1)*L
266      IS3=I-IS1
267      IF(I.GT.IS1)GO TO 505
270      GO TO 506
271      505 IF(I.LE.IS2) IL=IS3
272      506 IF(I.EQ.IS1) IL=L
273      JS=I-LT
274      37 FFP(I)=(A(JS)+XLT*B(JS))*S(IL)
275      A(I)=ALPHA*(X(I)/S(IL))+ONE*AA*(A(I-1)+B(I-1))
276      B(I)=BETA*(A(I)-A(I-1))+ONE*BB*(B(I-1))
277      S(IL)=GAMMA*(X(I)/A(I))+ONE*GG*S(IL)
300      SS(I)=S(IL)
301      R(I)=X(I)-FFP(I)
302      SUME=SUME+R(I)
303      38 SUME2=SUME2+R(I)**2
304      WRITE(3,39)
305      39 FORMAT(1H1,50X,34HOUTPUT OF THE INITIALIZATION PHASE//)
306      WRITE(3,40)
307      40 FORMAT(1H3,10X,64HPERIOD,5X,11H40OBSERVATION,5X,19HPERMANENT COMPONENT
      *T,2X,5HTREND,7X,15H4SEASONAL FACTOR,5X,12HFITTED MODEL,4X,8HRESIDUAL

```

```

310      *L/)
311      DO 41 I=1,N1
312      41 WRITE(3,42) I,X(I),A(I),B(I),SS(I),FFP(I),R(I)
313      42 FORMAT(12X,I3,6X,F10.4,11X,F10.4,4X,F10.4,7X,F10.4,7X,F10.4,5X,F10.
314      *4)
315      T=N1
316      AVE=SUM/T
317      VAR=(SUMSQ-T*AVE**2)/(T-1.0)
318      STD=SQRT(VAR)
319      XMAD=XMAD/T
320      WRITE(3,43) SUM, AVE, VAR, STD
321      43 FORMAT(1H0,5X,17H5SUM OF RESIDUALS=,F10.4,5X,17HAVERAGE RESIDUAL=,F
322      *10.4,5X,9HVARIANCE=,F10.4,5X,19H5STANDARD DEVIATION=,F10.4)
323      WRITE(3,3) XMAD
324      3 FORMAT(1H0,5X,24HMEAN ABSOLUTE DEVIATION=,F10.4)
325      KTR=0
326      STDM=STD*(=2.0)
327      STD=2.0*STD
328      DO 44 I=1,N1
329      IF(R(I).GT.STD.OR.R(I).LT.-STD) KTR=KTR+1
330      44 CONTINUE
331      WRITE(3,45) KTR
332      45 FORMAT(1H0,5X,54HNUMBER OF RESIDUALS EXCEEDING TWO STANDARD DEVIAT
333      *IONS=,I3)
334      WRITE(3,46)
335      46 FORMAT(1H1,50X,27HOUTPUT OF FORECASTING PHASE//)
336      WRITE(3,47) L,LT
337      47 FORMAT(1H0,40X,23HLENGTH OF THE SEASON IS,I3,1X,7HPERIODS,5X,21HFO
338      *RECAST LEAD TIME IS,I3,1X,7HPERIODS)
339      WRITE(3,48)
340      48 FORMAT(1H0,6HPERIOD,5X,11HOBSERVATION,5X,19HPERMANENT COMPONENT,5X
341      *5HTREND,5X,15HSEASONAL FACTOR,5X,8HFORECAST,5X,5HERROR,10X,16HTRA
342      *CKING SIGNALS)
343      WRITE(3,49)
344      49 FORMAT(104X,10HCOM. ERROR,2X,14H5MOOTHED ERROR)
345      Y=0.0
346      Z=0.0
347      DO 51 I=J,N
348      50 Y=Y+R(I)
349      Z=0.1*R(I)+0.9*Z
350      XMAD=XMAD+0.1*ABS(R(I))-0.9*XMAD
351      TC=Y/XMAD
352      TS=Z/XMAD
353      51 WRITE(3,52) I,X(I),A(I),B(I),SS(I),FFP(I),R(I),TC,TS
354      52 FORMAT(3X,I3,6X,F10.4,11X,F10.4,5X,F10.4,7X,F10.4,5X,F10.4,2X,F10.
355      *4,1X,F10.4,2X,F10.4)
356      XN=N-N1
357      AVG=SUME/XN
358      VAR=(SUME2-XN*AVG**2)/(XN-1.0)
359      STD=SQRT(VAR)
360      WRITE(3,53) SUME, AVG, VAR, STD
361      53 FORMAT(1H0,23H5SUM OF FORECAST ERRORS=,F10.4,5X,23HAVERAGE FORECAST
362      * ERROR=,F10.4,5X,9HVARIANCE=,F10.4,5X,19H5STANDARD DEVIATION=,F10.4
363      *)
364      STOP
365      END

```