รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2543 . การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพมหานคร : ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ.

จันทร์เพ็ญ ศรีธวัชพงศ์.2540. การประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเมื่อความคลาดเคลื่อนเกิดอัตสหสัมพันธ์และมีค่าผิดปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิตรวี วีระประดิษฐ์. 2538 .การประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นพหุ เมื่อข้อมูลมีค่าผิดปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยวุฒิ ชัยพันธุ์. 2539 . การวิจัยขั้นดำเนินงาน : ทฤษฎีและปฏิบัติ พร้อมด้วยโปรแกรมภาษาเบสิก. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพล ดุรงค์วัฒนา. 2536 . การวิเคราะห์เชิงสถิติ : การวิเคราะห์ความถดถอย. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาต่างประเทศ

Askin, R. G., and Montgomery, D. C. 1980 . Augmented robust estimaters. Technometrics 22 : 333 - 341.

Gillett, B. E. 1976 . Introduction to operations research : A computer - oriented algorithmic approach. New York : McGraw - Hill.

Hamilton, L. C. 1990 . Modern data analysis : A first course in applied ststistics. California : Wadsworth : 116 - 147.

Hillier, F. S., and Lieberman, G. J. 1995 . Introduction to Operations Research. : Singapore : McGraw - Hill.

Hoerl, A. E., and Kennard, R. W. 1970 . Ridge Regression : Applications to nonorthogonal problems. Technometrics 12 : 69 - 82.

Hoerl, A. E., and Kennard, R. W., and Bladwin, K. F. 1975 . Ridge Regression : Some simulations. Commun. Stat. 4 : 105 - 123.

Huber, P. J. 1964 . Robust estimation of a location parameter. Ann. Math. Stat. 35 : 73 - 101.

Koenker, R. W., and Bassett, G. W. 1978 . Regression quantiles. Econometrica 46 : 33 - 50.

Pfaffenberger, R. C., and Dielman, T. E. 1990 . Robust regression : analysis and applications. New York : Marcel Dekker : 243 - 270.

Pfaffenberger, R. C., and Dielman, T. E. 1985 . A comparison of robust ridge estimators. Proceedings of the American Statistical Association Business and Economic Statistics Section. Las Vegas, Nev., : 631 - 635.

Pfaffenberger, R. C., and Dielman, T. E. 1984 . A modofied ridge regression estimator using the least absolute value criterion in the multiple linear regression model. Proceedings of the American Institute for Decision Sciences. Toronto, : 791 - 793.

ภาคผนวก

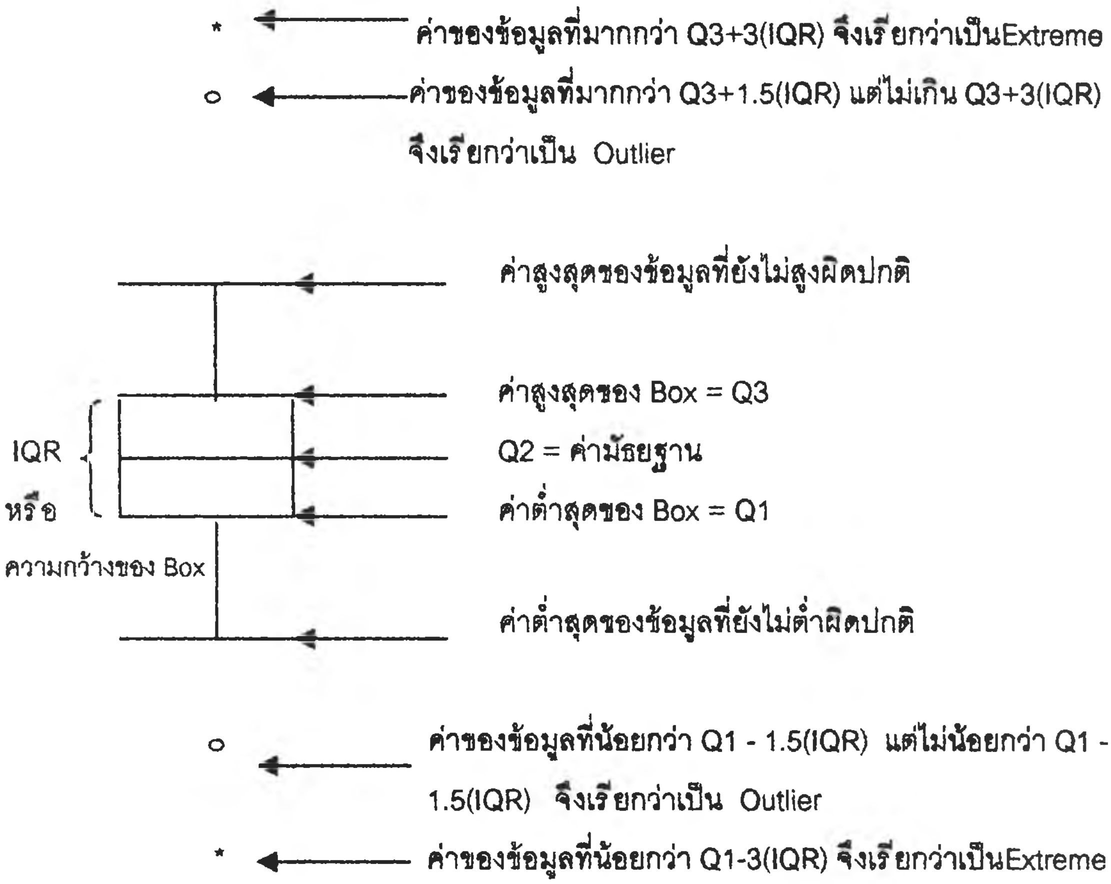
ภาคผนวก ก.

Box Plot

Box Plot เป็นเทคนิคที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูล และแสดงรายละเอียดของค่าสถิติเพื่อตรวจสอบสำหรับการแจกแจง นั่นคือ จะแสดงค่ามัธยฐาน เปอร์เซ็นไทล์ที่ 25 , 75 และให้ค่าข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ นั่นคือ ค่าที่สูงมากหรือต่ำมาก(Outliers)จากค่ากลาง ดังนั้น การสร้าง Box Plot จะใช้ค่าสถิติด้วยกัน 5 ค่า คือ

1. ค่าต่ำสุดของข้อมูลที่ยังไม่ต่ำผิดปกติ
2. ควอไทล์ที่ 1 (Q1)
3. ค่ามัธยฐาน หรือควอไทล์ที่ 2 (Q2)
4. ควอไทล์ที่ 3 (Q3)
5. ค่าสูงสุดของข้อมูลที่ยังไม่สูงผิดปกติ

ดังแสดงในรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะของ Box Plot

ค่าต่ำสุดของ Box = เปอร์เซ็นไทล์ที่ 25 หรือควอไทล์ที่ 1 (Q1) ของข้อมูล

ค่าสูงสุดของ Box = เปอร์เซ็นไทล์ที่ 75 หรือควอไทล์ที่ 3 (Q3) ของข้อมูล

ค่ากลางของ Box = ค่ามัธยฐาน หรือเปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 หรือควอไทล์ที่ 2 (Q2) ของข้อมูล

ความกว้างของ Box = Q3 – Q1 = IQR (Interquatile Range) หรือกล่าวว่า 50% ของข้อมูลอยู่ใน Box

* ค่าสูงสุดของข้อมูลที่ยังไม่สูงผิดปกติ คือ ค่าสูงสุดของข้อมูลชุดนั้น ๆ ที่มีค่าไม่เกิน Q3 + 1.5IQR

* ค่าต่ำสุดของข้อมูลที่ยังไม่ต่ำผิดปกติ คือ ค่าต่ำสุดของข้อมูลชุดนั้น ๆ ที่มีค่าไม่ต่ำกว่า Q1 - 1.5IQR

นอกจากนี้ Box Plot ยังแสดงค่าผิดปกติ 2 ลักษณะ คือ

1. ข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของ Box นั่นคือ ข้อมูลที่มีค่ามากกว่า Q3 + 3(IQR) หรือข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่า Q1 – 3(IQR) และจะเรียกค่าเหล่านี้ว่า Extremes (หรือค่าผิดปกติในระดับรุนแรง แสดงด้วยเครื่องหมาย ดอกจัน (*)

2. ข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของ Box นั่นคือ ข้อมูลที่มีค่ามากกว่า Q3 + 1.5(IQR) แต่ไม่เกิน Q3 + 3(IQR) หรือข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่า Q1 – 1.5(IQR) แต่ไม่น้อยกว่า Q1 – 3(IQR) และจะเรียกค่าเหล่านี้ว่า Outliers (หรือค่าผิดปกติในระดับปานกลาง แสดงด้วยเครื่องหมาย วงกลม (๐)

ภาคผนวก ข.

การสร้างตัวเลขสุ่ม(Random Number)

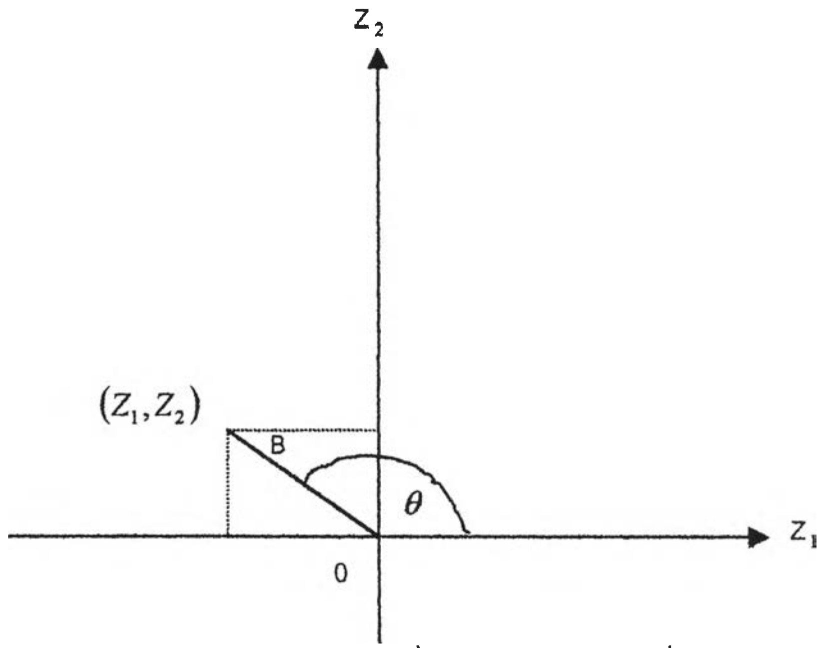
การสร้างลักษณะการแจกแจงแบบต่าง ๆ นั้น จะต้องอาศัยตัวเลขสุ่มเป็นพื้นฐานในการสร้าง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จะใช้วิธีสร้างตัวเลขสุ่มตามวิธีของ White และ Segmodt (1975) ขั้นตอนในการสร้างจะแสดงรายละเอียดด้วยโปรแกรมย่อยต่อไปนี้

```
SUBROUTINE RANDOM(IX,IY,FLY)
REAL FLY
INTEGER IX,IY
IY=IX*16807
IF(IY.LE.0) IY=1+(IY+2147483647)
FLY=IY
FLY=FLY*0.465661E-9
IX=IY
RETURN
END
```

โดยค่า IX ในขั้นแรกจะเป็นค่าเริ่มต้น(หรือเป็นค่า SEED) ซึ่งจะต้องเป็นจำนวนเต็มบวกที่มีค่ามากกว่าศูนย์(Positive Integer Number)

การสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ(Normal Distribution)

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ ใช้วิธีการผลิตของ Box และ Muller(1958) โดยผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน หรือ N(0 , 1) พร้อมกัน 2 ค่า และแต่ละค่าจะเป็นอิสระซึ่งกันและกัน โดยใช้ตัวผลิต(Generator) Z_1 และ Z_2 พิจารณาดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 6.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ

จากรูปที่ 6.2 จะได้ว่า

$$Z_1 = B\cos(\theta) \quad (1)$$
$$Z_2 = B\sin(\theta) \quad (2)$$

เนื่องจาก $B = Z_1^2 + Z_2^2$ มีการแจกแจงไคสแควร์(Chi - square Distribution) ด้วยระดับความเป็นอิสระ(Degree of Freedom) เท่ากับ 2 และเทียบเท่ากับการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล(Exponential Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2 และโดยวิธีการแปลงผกผัน (Inverse Transformation) เราสามารถสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียลได้ดังนี้

$$B = (-2\ln R)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

เมื่อ R เป็นเลขสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง (0 ,1)

จากการสมมาตรของการแจกแจงปกติ จะได้ว่า มุม θ มีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง $(0,2\pi)$ เรเดียน และมีรัศมี B กับมุม θ ที่เป็นอิสระต่อกัน จากสมการ (1) , (2) และ

(3) เราสามารถสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานจากตัวเลขสุ่ม 2 ชุด R_1 และ R_2 กล่าวคือ

$$Z_1 = \left(-2\ln R_1\right)^{\frac{1}{2}}\cos\left(2\pi R_2\right)$$

$$Z_2 = \left(-2\ln R_1\right)^{\frac{1}{2}}\sin\left(2\pi R_2\right)$$

ซึ่ง R_1 และ R_2 เป็นตัวเลขสุ่มที่สร้างจากโปรแกรมย่อย RANDOM(IX,IY,FLY) และเมื่อได้ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน Z_1 และ Z_2 แล้ว จะทำการแปลงตัวเลขสุ่มดังกล่าวโดยอาศัยฟังก์ชันต่อไปนี้

$$NORMAL_1 = \mu + \sigma Z_1$$

$$NORMAL_2 = \mu + \sigma Z_2$$

ซึ่งจะได้ว่า $NORMAL_1$ และ $NORMAL_2$ มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 $\left(NORMAL_i \sim N\left(\mu,\sigma^2\right);\, i=1,2\right)$ โดยรายละเอียดของการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติดังกล่าวแสดงได้ดังฟังก์ชันต่อไปนี้

```
REAL FUNCTION NORMAL(MEAN,SD,IX)
REAL PI,R1,R2,Z1,Z2,MEAN,SD
INTEGER KK,IX
PI=3.1415926
IF (KK.EQ.1) GOTO 10
CALL RANDOM(IX,IY,FLY)
R1=FLY
CALL RANDOM(IX,IY,FLY)
R2=FLY
Z1=SQRT(-2*ALOG(R1))*COS(2*PI*R2)
Z2=SQRT(-2*ALOG(R1))*SIN(2*PI*R2)
NORMAL=MEAN+(Z1*SD)
KK=1
RETURN
```

```
10      NORMAL=MEAN+(Z2*SD)
        KK=0
        RETURN
        END
```

การสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติปลอมปน(Contaminated - Normal Distribution)

การสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติปลอมปน ที่มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนด จะใช้วิธีของ Ramsay(1977) ได้เสนอไว้ โดยพิจารณาจากการแจกแจงซึ่งแปลงมาจากการแจกแจงปกติ

จากรูปแบบฟังก์ชันการแจกแจงปกติปลอมปน ซึ่งอยู่ในรูป

$$f(\varepsilon) = (1-P)N(0,3) + PN(0,3C^2)$$

สร้างค่าความคลาดเคลื่อน ε_i ให้มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย(μ) เท่ากับ 0 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 3 ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ (1-P) โดยการเรียกฟังก์ชัน NORMAL(MEAN,SD,IX) และสร้างค่าความคลาดเคลื่อน ε_i ให้มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย(μ) เท่ากับ 0 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ $3C^2$ ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ P โดยการเรียกฟังก์ชัน NORMAL(MEAN,CSD,IX) ซึ่งใน 2 ขั้นตอนดังกล่าวได้เขียนโปรแกรมเพื่อเรียกใช้ไว้ในฟังก์ชันดังต่อไปนี้

```
REAL FUNCTION CONTAM(CC,P,MEAN,SD.IX)
REAL CC,P,MEAN,SD,CSD,NORMAL
CSD=CC*SD
CALL RANDOM(IX,IY,FLY)
IF (FLY.LE.P) THEN
 CONTAM=NORMAL(MEAN,CSD,IX)
ELSE
 CONTAM=NORMAL(MEAN,SD,IX)
END IF
RETURN
END
```

การสร้างข้อมูลของตัวแปรอิสระที่มีพหุสัมพันธ์กัน

ในการวิจัยครั้งนี้ ทำการสร้างข้อมูลของตัวแปรอิสระที่มีพหุสัมพันธ์กัน โดยกำหนดให้ตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 มีสหสัมพันธ์กัน และจำลองตัวแปรอิสระแต่ละตัว(x_{ij}) โดยใช้วิธีจำลองของ Wilchern และ Churchill (1978) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังต่อไปนี้

$$x_{ij} = (1-\rho^2)^{\frac{1}{2}} Z_{ij} + \rho Z_{i3} \qquad ; i = 1,2,\ldots,n \quad , j = 1,2$$

เมื่อ $Z_{i1},\ldots,Z_{i3}$ แทน ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent Standard Normal Random Number)

ρ แทน สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 และทำการจำลองโดยการเรียกโปรแกรมย่อยGENX(X,N,Q,IX,CORR) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

```
    SUBROUTINE GENX(X,N,Q,IX,CORR)
    REAL X(100,4),Z(100,5),NORMAL,CORR
    INTEGER N,Q,IX
    DO 10 I=1,N
     Z(I,Q+1)=NORMAL(0.0,1.0,IX)
     DO 20 J=1,Q
      IF (J.EQ.1) THEN
        X(I,J)=1.0
      ELSE IF (J.GE.2) THEN
        Z(I,J)=NORMAL(0.0,1.0,IX)
        X(I,J)=SQRT(1-CORR)*Z(I,J) + SQRT(CORR)*Z(I,Q+1)
      END IF
20   CONTINUE
10  CONTINUE
    RETURN
    END
```

ภาคผนวก ค.

ในส่วนนี้จะแสดงโปรแกรมทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ และเพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจในลักษณะการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรม จึงแสดงรายละเอียดและคุณสมบัติต่าง ๆ ของโปรแกรม ฟังก์ชัน และฟังก์ชันย่อย ไว้ในตารางที่ 6.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงลักษณะการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัย

อันดับที่	ชื่อโปรแกรม	คุณสมบัติของโปรแกรม	ชื่อโปรแกรมย่อยและฟังก์ชันที่เรียกใช้
1	MAIN	- คำนวณค่า $\underset{\sim}{\beta}$, MSE($\underset{\sim}{\hat{\beta}}$) และ RMSE($\underset{\sim}{\hat{\beta}}$) ของตัวประมาณการถดถอยทั้ง 5 ตัว เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติและปกติปลอมปน	GENX , NORMAL , CONTAM , BUILDY , CALXTX , CALXTY , INVRS , LS , INPUT , BUILDE , CALETE , CALK , KIDEN , RID , RLAV , BUILDW , BASICW , WRID
SUBROUTINE และ FUNCTION			
1	GENX	- สร้างข้อมูลของตัวแปรอิสระให้มีความสัมพันธ์ตามที่กำหนด	NORMAL
2	NORMAL	- สร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ	RANDOM
3	RANDOM	- สร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง (0,1)	-
4	CONTAM	- สร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติปลอมปน	RANDOM , NORMAL
5	BUILDY	- สร้างข้อมูลของตัวแปรตาม	-
6	CALXTX	- คำนวณค่าเมทริกซ์ $X'X$	-

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

อันดับที่	ชื่อโปรแกรม	คุณสมบัติของโปรแกรม	ชื่อโปรแกรมย่อยและฟังก์ชันที่เรียกใช้
7	CALXTY	- คำนวณค่าเมทริกซ์ $X'\underset{\sim}{y}$	-
8	INVRS	- หาค่า INVERSE ของเมทริกซ์	-
9	LS	- คำนวณค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ ที่ได้จากตัวประมาณกำลังสองน้อยสุด	CALXTX , INVRS , CALXTY
10	INPUT	- เตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในวิธีการซิมเพล็กซ์ (Simplex Method)	SSARTV
11	SSARTV	- เตรียมข้อมูลของตัวแปรขาด ,ตัวแปรเกิน และตัวแปรเทียม เพื่อใช้ในวิธีการซิมเพล็กซ์	SIMPLX
12	SIMPLX	- คำนวณค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ ที่ได้จากตัวประมาณค่าสัมบูรณ์น้อยสุด	INPUT , SSARTV
13	BUILDE	- คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์	-
14	CALETE	- คำนวณหาค่า	-
15	CALK	- คำนวณค่า k ที่ใช้ในการหาค่า $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ ที่ได้จากตัวประมาณ RID , RLAV และ WRID	-
16	KIDEN	- คำนวณค่า kI ที่ใช้ในการหาค่า	CALK

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

อันดับที่	ชื่อโปรแกรม	คุณสมบัติของโปรแกรม	ชื่อโปรแกรมย่อยและฟังก์ชันที่เรียกใช้
		$\hat{\underset{\sim}{\beta}}$ ที่ได้จากตัวประมาณริดจ์	
17	RID	- คำนวณค่า $\hat{\underset{\sim}{\beta}}$ ที่ได้จากตัวประมาณริดจ์	KIDEN , CALXTX , INVRS , CALXTY
18	RLAV	- คำนวณค่า $\hat{\underset{\sim}{\beta}}$ ที่ได้จากตัวประมาณริดจ์ที่มีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุด	KIDEN , CALXTX , INVRS , CALXTY
19	BUILDW	- คำนวณค่าของเมทริกซ์ W	-
20	BASICW	- คำนวณค่าของเมทริกซ์ $X'W\underset{\sim}{y}$ $X'WX$ ที่ใช้ในการหาค่า $\hat{\underset{\sim}{\beta}}$ ที่ได้จากตัวประมาณริดจ์ที่มีการถ่วงน้ำหนัก	BUILDW
21	WRID	- คำนวณค่า $\hat{\underset{\sim}{\beta}}$ ที่ได้จากตัวประมาณริดจ์ที่มีถ่วงน้ำหนัก	KIDEN , BUILDW , INVRS

```
*******************************************************************************
*                             MAIN  PROGRAM                                   *
*******************************************************************************

      COMMON B(101),C(209),CODE(101),KP1,MP1,NN,K,M,NGET,NLET,NET,NTYPE
     + ,NP1,NC,NC1,INDEXG,INDEXL,INDEXE,NFLAG,BASICS,OPTSOL,SUM,NOPT
     + ,BLV(4)
      REAL MEAN,SD,RHO,CORR,CC,P,BETA(4),ERROR(100),NORMAL,X(100,4),
     +        XB(100),XTX(4,4),XT(4,100),XTY(4),XTXINV(4,4),Y(100),
     +        BLS(4),BRD(4),BRV(4),BWD(4),
     +        SSELS1,SSELAV1,SSERID1,SSERLAV1,SSEWRID1,
     +        SSELS2,SSELAV2,SSERID2,SSERLAV2,SSEWRID2,
     +        SSELS3,SSELAV3,SSERID3,SSERLAV3,SSEWRID3,
     +        SSELS4,SSELAV4,SSERID4,SSERLAV4,SSEWRID4,
     +        MLS1,MLAV1,MRID1,MRLAV1,MWRID1,
     +        MLS2,MLAV2,MRID2,MRLAV2,MWRID2,
     +        MLS3,MLAV3,MRID3,MRLAV3,MWRID3,
     +        MLS4,MLAV4,MRID4,MRLAV4,MWRID4,
     +        RMLS,RMLAV,RMRID,RMRLAV,RMWRID,
     +        RMLS1,RMLAV1,RMRID1,RMRLAV1,RMWRID1,
     +        RMLS2,RMLAV2,RMRID2,RMRLAV2,RMWRID2,
     +        RMLS3,RMLAV3,RMRID3,RMRLAV3,RMWRID3,
     +        RMLS4,RMLAV4,RMRID4,RMRLAV4,RMWRID4,
     +        E(100),ETE,S2,K,KI(4,4),
     +        XRINV(4,4),XRVINV(4,4),XWDINV(4,4),
     +        XBLS(100),BLSTBLS,XBLV(100),BLVTBLV,
     +        XTW(4,100),XTWX(4,4),XTWY(4),W(100,100),
      INTEGER IX,KK,N,Q,DERROR,ROUND
      IX=988
      ROUND=1000
      Q=4
```

```
      N=20
      KK=0
      DERROR=2
      RHO=0.9
      CORR=RHO**2
      CC=6.0
      P=0.1
      MEAN=0.0
      SD=SQRT(3.0)
      ALS=0.0
      ALAV=0.0
      ARID=0.0
      ARLAV=0.0
      AWRID=0.0
      DO 5 J=1,Q
         BETA(J)=1.0
5     CONTINUE
      CALL GENX(X,N,Q,IX,CORR)
      DO 1000 Z=1,ROUND
      IF(DERROR.EQ.1) THEN
       DO 20 I=1,N
        ERROR(I)=NORMAL(MEAN,SD,IX)
20     CONTINUE
      ELSE IF(DERROR.EQ.2) THEN
       DO 25 I=1,N
        ERROR(I)=CONTAM(CC,P,MEAN,SD,IX)
25     CONTINUE
      END IF
      CALL BUILDY(X,BETA,ERROR,Y,XB,N,Q)
******************************************************LS************************************************
```

```
      CALL CALXTX(X,XTX,N,Q)
      CALL CALXTY(X,XTY,XT,Y,N,Q)
      CALL INVRS(XTX,XTXINV,Q)
      CALL LS(XTXINV,XTY,BLS,Q)
****************************************************LAV*********************************************
      CALL INPUT(N,X,Y)
****************************************************RID*********************************************
      CALL BUILDE(Y,X,BLS,E,XBLS,N,Q)
      CALL CALETE(E,ETE,S2,N,Q)
      CALL CALK(BLS,BLSTBLS,K,Q,S2)
      CALL KIDEN(KI,K,Q)
      CALL RID(XTX,KI,XRINV,XTY,BRD,Q)
****************************************************RLAV********************************************
      CALL BUILDE(Y,X,BLV,E,XBLV,N,Q)
      CALL CALETE(E,ETE,S2,N,Q)
      CALL CALK(BLV,BLVTBLV,K,Q,S2)
      CALL KIDEN(KI,K,Q)
      CALL RLAV(XTX,KI,XRVINV,XTY,BRV,Q)
****************************************************WRID********************************************
      CALL BUILDE(Y,X,BLV,E,XBLV,N,Q)
      CALL BUILDW(W,E,N)
      CALL BASICW(XTW,XTWX,XTWY,X,XT,W,Y,N,Q)
      CALL BUILDE(Y,X,BLS,E,XBLS,N,Q)
      CALL CALETE(E,ETE,S2,N,Q)
      CALL CALK(BLS,BLSTBLS,K,Q,S2)
      CALL KIDEN(KI,K,Q)
      CALL WRID(XTWX,KI,XWDINV,XTWY,BWD,Q)
*************************************SET VALUE = ZERO*************************************
      SSELS1=0.0
      SSELS2=0.0
```

```
SSELS3=0.0
SSELS4=0.0
SSELAV1=0.0
SSELAV2=0.0
SSELAV3=0.0
SSELAV4=0.0
SSERID1=0.0
SSERID2=0.0
SSERID3=0.0
SSERID4=0.0
SSERLAV1=0.0
SSERLAV2=0.0
SSERLAV3=0.0
SSERLAV4=0.0
SSEWRID1=0.0
SSEWRID2=0.0
SSEWRID3=0.0
SSEWRID4=0.0
****************************************SUM SQUARES ERROR***********************************
SSELS1=(SSELS1+(BETA(1)-BLS(1))**2)
SSELS2=(SSELS2+(BETA(2)-BLS(2))**2)
SSELS3=(SSELS3+(BETA(3)-BLS(3))**2)
SSELS4=(SSELS4+(BETA(4)-BLS(4))**2)
SSELAV1=(SSELAV1+(BETA(1)-BLV(1))**2)
SSELAV2=(SSELAV2+(BETA(2)-BLV(2))**2)
SSELAV3=(SSELAV3+(BETA(3)-BLV(3))**2)
SSELAV4=(SSELAV4+(BETA(4)-BLV(4))**2)
SSERID1=(SSERID1+(BETA(1)-BRD(1))**2)
SSERID2=(SSERID2+(BETA(2)-BRD(2))**2)
SSERID3=(SSERID3+(BETA(3)-BRD(3))**2)
```

```
SSERID4=(SSERID4+(BETA(4)-BRD(4))**2)
SSERLAV1=(SSERLAV1+(BETA(1)-BRV(1))**2)
SSERLAV2=(SSERLAV2+(BETA(2)-BRV(2))**2)
SSERLAV3=(SSERLAV3+(BETA(3)-BRV(3))**2)
SSERLAV4=(SSERLAV4+(BETA(4)-BRV(4))**2)
SSEWRID1=(SSEWRID1+(BETA(1)-BWD(1))**2)
SSEWRID2=(SSEWRID2+(BETA(2)-BWD(2))**2)
SSEWRID3=(SSEWRID3+(BETA(3)-BWD(3))**2)
SSEWRID4=(SSEWRID4+(BETA(4)-BWD(4))**2)
****************************************MEAN SQUARES ERROR**********************************
MLS1=(MLS1+SSELS1)/ROUND
MLS2=(MLS2+SSELS2)/ROUND
MLS3=(MLS3+SSELS3)/ROUND
MLS4=(MLS4+SSELS4)/ROUND
MLAV1=(MLAV1+SSELAV1)/ROUND
MLAV2=(MLAV2+SSELAV2)/ROUND
MLAV3=(MLAV3+SSELAV3)/ROUND
MLAV4=(MLAV4+SSELAV4)/ROUND
MRID1=(MRID1+SSERID1)/ROUND
MRID2=(MRID2+SSERID2)/ROUND
MRID3=(MRID3+SSERID3)/ROUND
MRID4=(MRID4+SSERID4)/ROUND
MRLAV1=(MRLAV1+SSERLAV1)/ROUND
MRLAV2=(MRLAV2+SSERLAV2)/ROUND
MRLAV3=(MRLAV3+SSERLAV3)/ROUND
MRLAV4=(MRLAV4+SSERLAV4)/ROUND
MWRID1=(MWRID1+SSEWRID1)/ROUND
MWRID2=(MWRID2+SSEWRID2)/ROUND
MWRID3=(MWRID3+SSEWRID3)/ROUND
MWRID4=(MWRID4+SSEWRID4)/ROUND
```

```
1000   CONTINUE
******************************ROOT OF MEAN SQUARES ERROR***************************
        RMLS1=SQRT(MLS1)
        RMLS2=SQRT(MLS2)
        RMLS3=SQRT(MLS3)
        RMLS4=SQRT(MLS4)
        RMLAV1=SQRT(MLAV1)
        RMLAV2=SQRT(MLAV2)
        RMLAV3=SQRT(MLAV3)
        RMLAV4=SQRT(MLAV4)
        RMRID1=SQRT(MRID1)
        RMRID2=SQRT(MRID2)
        RMRID3=SQRT(MRID3)
        RMRID4=SQRT(MRID4)
        RMRLAV1=SQRT(MRLAV1)
        RMRLAV2=SQRT(MRLAV2)
        RMRLAV3=SQRT(MRLAV3)
        RMRLAV4=SQRT(MRLAV4)
        RMWRID1=SQRT(MWRID1)
        RMWRID2=SQRT(MWRID2)
        RMWRID3=SQRT(MWRID3)
        RMWRID4=SQRT(MWRID4)
***********************AVERAGE OF ROOT MEAN SQUARES ERROR**********************
        RMLS=(RMLS1+RMLS2+RMLS3+RMLS4)/Q
        RMLAV=(RMLAV1+RMLAV2+RMLAV3+RMLAV4)/Q
        RMRID=(RMRID1+RMRID2+RMRID3+RMRID4)/Q
        RMRLAV=(RMRLAV1+RMRLAV2+RMRLAV3+RMRLAV4)/Q
        RMWRID=(RMWRID1+RMWRID2+RMWRID3+RMWRID4)/Q
**************************************PRINT OUT SUMMARY*************************************
        WRITE(*,*)'RMSE(LS)=',RMLS1,RMLS2,RMLS3,RMLS4,RMLS
```

```
      WRITE(*,*)
      WRITE(*,*)'RMSE(LAV)=',RMLAV1,RMLAV2,RMLAV3,RMLAV4,RMLAV
      WRITE(*,*)
      WRITE(*,*)'RMSE(RID)=',RMRID1,RMRID2,RMRID3,RMRID4,RMRID
      WRITE(*,*)
      WRITE(*,*)'RMSE(RLAV)=',RMRLAV1,RMRLAV2,RMRLAV3,RMRLAV4,RMRLAV
      WRITE(*,*)
      WRITE(*,*)'RMSE(WRID)=',RMWRID1,RMWRID2,RMWRID3,RMWRID4,RMWRID
      STOP
      END
C**********************************************************************************************
C* SUBROUTINE FOR GENERATE RANDOM NUMBERS (UNIFORM(0,1))
C**********************************************************************************************
      SUBROUTINE RANDOM(IX,IY,FLY)
      REAL FLY
      INTEGER IX,IY
      IY=IX*16807
      IF(IY.LE.0) IY=1+(IY+2147483647)
      FLY=IY
      FLY=FLY*0.465661E-9
      IX=IY
      RETURN
      END
C**********************************************************************************************
C* FUNCTION FOR GENERATE NORMAL ( MEAN , SD )
C**********************************************************************************************
      REAL FUNCTION NORMAL(MEAN,SD,IX)
      REAL PI,R1,R2,Z1,Z2,MEAN,SD
      INTEGER KK,IX
      PI=3.1415926
```

```
      IF (KK.EQ.1) GOTO 10
      CALL RANDOM(IX,IY,FLY)
      R1=FLY
      CALL RANDOM(IX,IY,FLY)
      R2=FLY
      Z1=SQRT(-2*ALOG(R1))*COS(2*PI*R2)
      Z2=SQRT(-2*ALOG(R1))*SIN(2*PI*R2)
      NORMAL=MEAN+(Z1*SD)
      KK=1
      RETURN
10    NORMAL=MEAN+(Z2*SD)
      KK=0
      RETURN
      END
C*******************************************************************************************
C* SUBROUTINE FOR GENERATE INDEPENDENT VARIABLES ( X MATRIX )
C*******************************************************************************************
       SUBROUTINE GENX(X,N,Q,IX,CORR)
      REAL X(100,4),Z(100,5),NORMAL,CORR
      INTEGER N,Q,IX
      DO 10 I=1,N
       Z(I,Q+1)=NORMAL(0.0,1.0,IX)
       DO 20 J=1,Q
        IF (J.EQ.1) THEN
          X(I,J)=1.0
       ELSE IF (J.GE.2.AND.J.LE.3) THEN
          Z(I,J)=NORMAL(0.0,1.0,IX)
          X(I,J)=SQRT(1-CORR)*Z(I,J) + SQRT(CORR)*Z(I,Q+1)
       ELSE
          X(I,J)=NORMAL(0.0,5.0,IX)
```

```
        END IF
20      CONTINUE
10     CONTINUE
      RETURN
      END
C*****************************************************************************************
C  FUNCTION  FOR  GENERATE  CONTAMINATED - NORMAL (CC,P,MEAN,SD)
C*****************************************************************************************
      REAL FUNCTION CONTAM(CC,P,MEAN,SD,IX)
      REAL CC,P,MEAN,SD,CSD,NORMAL
      CSD=CC*SD
      CALL RANDOM(IX,IY,FLY)
      IF (FLY.LE.P) THEN
       CONTAM=NORMAL(MEAN,CSD,IX)
      ELSE
       CONTAM=NORMAL(MEAN,SD,IX)
      END IF
      RETURN
      END
C*****************************************************************************************
C*  SUBROUTINE  FOR  CALCULATE  INVERSE  MATRIX
C*****************************************************************************************
      SUBROUTINE INVRS(X,XINV,Q)
      REAL X(4,4),XINV(4,4),A(4,4)
      INTEGER Q
       DO 1 I=1,Q
       DO 1 J=1,Q
         A(I,J)=X(I,J)
1      CONTINUE
       DO 20 K=1,Q
```

```
      A(K,K)=-1.0/A(K,K)
      DO 5 I=1,Q
       IF(I-K) 3,5,3
3        A(I,K)=-A(I,K)*A(K,K)
5      CONTINUE
      DO 10 I=1,Q
      DO 10 J=1,Q
         IF((I-K)*(J-K)) 9,10,9
9           A(I,J)=A(I,J)-A(I,K)*A(K,J)
10     CONTINUE
      DO 15 J=1,Q
       IF(J-K) 12,15,12
12       A(K,J)=-A(K,J)*A(K,K)
15    CONTINUE
20    CONTINUE
      DO 25 I=1,Q
      DO 25 J=1,Q
        XINV(I,J)=-A(I,J)
25    CONTINUE
      RETURN
      END
C*****************************************************************************************************
C* SUBROUTINE  FOR  BUILD  DEPENDENT VARIABLE (Y)  FROM   Y = XB + ERROR
C*****************************************************************************************************
      SUBROUTINE BUILDY(X,BETA,ERROR,Y,XB,N,Q)
      REAL X(100,4),ERROR(100),BETA(4),XB(100),Y(100)
      INTEGER N,Q
      DO 10 I=1,N
        SUM=0
      DO 30 J=1,Q
```

```
        SUM=SUM+X(I,J)*BETA(J)
30      CONTINUE
        XB(I)=SUM
10     CONTINUE
      DO 40 I=1,N
        Y(I)=XB(I)+ERROR(I)
40    CONTINUE
      RETURN
      END
C**********************************************************************************************
C*  SUBROUTINE  FOR  CALCULATE  XTX  MATRIX
C**********************************************************************************************
       SUBROUTINE CALXTX(X,XTX,N,Q)
      REAL X(100,4),XT(4,100),XTX(4,4)
      INTEGER N,Q
      DO 10 I=1,N
      DO 10 J=1,Q
        XT(J,I)=X(I,J)
10    CONTINUE
      DO 15 I=1,Q
      DO 15 J=1,Q
       XTX(I,J)=0.0
       DO 15 K=1,N
        XTX(I,J)=XTX(I,J)+XT(I,K)*X(K,J)
15     CONTINUE
      RETURN
      END
C**********************************************************************************************
C*  SUBROUTINE  FOR  CALCULATE  XTY  VECTOR
```

```
C*****************************************************************************************************
      SUBROUTINE CALXTY(X,XTY,XT,Y,N,Q)
      REAL X(100,4),XTY(4),XT(4,100),Y(100)
      INTEGER N,Q
      DO 10 I=1,N
       DO 10 J=1,Q
         XT(J,I)=X(I,J)
10     CONTINUE
      DO 25 J=1,Q
          XTY(J)=0.0
        DO 25 I=1,N
          XTY(J)=XTY(J)+XT(J,I)*Y(I)
25     CONTINUE
      RETURN
      END
C*****************************************************************************************************
C*  SUBROUTINE  FOR  CALCULATE  BETA_HAT (LS)
C*****************************************************************************************************
      SUBROUTINE LS(XTXINV,XTY,BLS,Q)
      REAL XTXINV(4,4),XTY(4),BLS(4)
      INTEGER Q
      DO 35 J=1,Q
        BLS(J)=0.0
        DO 35 K=1,Q
          BLS(J)=BLS(J)+XTXINV(J,K)*XTY(K)
35     CONTINUE
      RETURN
      END
C*****************************************************************************************************
C*  SUBROUTINE  FOR  CALCULATE  S**2  AND  ETE  SCALAR  ;  E=Y-X(BHAT)
```

```
C****************************************************************************************************
      SUBROUTINE CALETE(E,ETE,S2,N,Q)
      REAL E(100),ETE,S2
      INTEGER N,Q
       ETE=0.0
      DO 10 I=1,N
        ETE=ETE+E(I)**2
10    CONTINUE
      S2=ETE/(N-Q)
      RETURN
      END
C****************************************************************************************************
C*  SUBROUTINE   FOR   CALCULATE   K   SCALAR
C****************************************************************************************************
      SUBROUTINE CALK(BH,BHTBH,K,Q,S2)
      REAL BH(4),BHTBH,K,S2
      INTEGER  Q
      BHTBH=0.0
      DO 10 J=1,Q
        BHTBH=BHTBH+BH(J)**2
10    CONTINUE
      K=(Q*S2)/BHTBH
      RETURN
      END
C****************************************************************************************************
C*  SUBROUTINE  FOR   BUILD   KI   MATRIX ( 4 x 4 )
C****************************************************************************************************
      SUBROUTINE KIDEN(KI,K,Q)
      REAL KI(4,4),K
      INTEGER Q
```

```
C  SET  ALL  THE  ELEMENTS  EQUAL  TO  ZERO
       DO 20 I=1,Q
        DO 10 J=1,Q
         KI(I,J)=0.0
 10     CONTINUE
 20     CONTINUE
C  NOW  SET  ALL  THE  DIAGONAL  ELEMENTS  EQUAL TO  K
       DO 30 I=1,Q
         KI(I,I)=K
 30     CONTINUE
       RETURN
       END
C*****************************************************************************************
C*  SUBROUTINE  FOR  CALCULATE  E  VECTOR  ;  E(I) = Y -  X(B_HAT)
C*****************************************************************************************
       SUBROUTINE BUILDE(Y,X,BH,E,XBH,N,Q)
        REAL Y(100),X(100,4),BH(4),E(100),XBH(100)
       INTEGER N,Q
       DO 10 I=1,N
        SUM=0
        DO 30 J=1,Q
         SUM=SUM+X(I,J)*BH(J)
30       CONTINUE
         XBH(I)=SUM
10       CONTINUE
        DO 40 I=1,N
         E(I)=Y(I)-XBH(I)
40      CONTINUE
        RETURN
        END
```

```
C*****************************************************************************************************
C*  SUBROUTINE   FOR   CALCULATE   BETA_HAT (RID)
C*****************************************************************************************************
      SUBROUTINE RID(XTX,KI,XRINV,XTY,BRD,Q)
       REAL XR(4,4),XTX(4,4),KI(4,4),XRINV(4,4),XTY(4),BRD(4)
       INTEGER Q
      DO 10 I=1,Q
      DO 10 J=1,Q
         XR(I,J)= XTX(I,J)+KI(I,J)
 10        CONTINUE
      CALL INVRS(XR,XRINV,Q)
      DO 35 J=1,Q
        BRD(J)=0.0
        DO 35 K=1,Q
          BRD(J)=BRD(J)+XRINV(J,K)*XTY(K)
 35       CONTINUE
       RETURN
       END
C*****************************************************************************************************
C*  SUBROUTINE   FOR   CALCULATE   BETA_HAT (WRID)
C*****************************************************************************************************
      SUBROUTINE WRID(XTWX,KI,XWDINV,XTWY,BWD,Q)
       REAL XWD(4,4),XTWX(4,4),KI(4,4),XWDINV(4,4),XTWY(4),BWD(4)
       INTEGER Q
      DO 10 I=1,Q
      DO 10 J=1,Q
        XWD(I,J)= XTWX(I,J)+KI(I,J)
 10        CONTINUE
      CALL INVRS(XWD,XWDINV,Q)
      DO 35 J=1,Q
```

```
          BWD(J)=0.0
          DO 35 K=1,Q
           BWD(J)=BWD(J)+XWDINV(J,K)*XTWY(K)
 35       CONTINUE
         RETURN
         END
C*****************************************************************************************************
C*  SUBROUTINE  FOR  BUILD  W  MATRIX (NxN)
C*****************************************************************************************************
        SUBROUTINE BUILDW(W,E,N)
         REAL W(100,100),E(100)
        INTEGER N
C  SET  ALL  THE  ELEMENTS  EQUAL  TO  ZERO
        DO 20 I=1,N
        DO 10 J=1,N
         W(I,J)=0.0
 10     CONTINUE
 20      CONTINUE
C NOW  SET ALL  THE  DIAGONAL  ELEMENTS  EQUAL TO  E(I)
         DO 30 I=1,N
         W(I,I)=ABS(E(I))
 30      CONTINUE
        RETURN
        END
C*****************************************************************************************************
C*  SUBROUTINE  FOR  CALCULATE  XTW(4xN) ,  XTWX(4x4)  MATRIX  AND  XTWY
(4x1)  VECTOR
C*****************************************************************************************************
        SUBROUTINE BASICW(XTW,XTWX,XTWY,X,XT,W,Y,N,Q)
         REAL XTW(4,100),XTWX(4,4),XTWY(4),X(100,4),XT(4,100)
```

```
      REAL W(100,100),Y(100)
      INTEGER N,Q
       DO 10 I=1,N
      DO 10 J=1,Q
        XT(J,I)=X(I,J)
10    CONTINUE
       DO 50 J=1,Q
        DO 40 I=1,N
          SUM=0
          DO 30 K=1,N
            SUM=SUM+XT(J,K)*W(K,I)
 30         CONTINUE
             XTW(J,I)=SUM
 40        CONTINUE
 50     CONTINUE
       DO 15 I=1,Q
       DO 15 J=1,Q
         XTWX(I,J)=0.0
         DO 15 K=1,N
           XTWX(I,J)=XTWX(I,J)+XTW(I,K)*X(K,J)
 15        CONTINUE
      DO 25 J=1,Q
        XTWY(J)=0.0
        DO 25 I=1,N
          XTWY(J)=XTWY(J)+XTW(J,I)*Y(I)
 25     CONTINUE
       RETURN
        END
C******************************************************************************************************
C* SUBROUTINE FOR CALCULATE BETA_HAT(RLAV)
```

```
C*********************************************************************************************
       SUBROUTINE RLAV(XTX,KI,XRVINV,XTY,BRV,Q)
        REAL XRV(4,4),XTX(4,4),KI(4,4),XRVINV(4,4),XTY(4,4),BRV(4)
        INTEGER Q
       DO 10 I=1,Q
       DO 10 J=1,Q
        XRV(I,J)= XTX(I,J)+KI(I,J)
10      CONTINUE
       CALL INVRS(XRV,XRVINV,Q)
       DO 35 J=1,Q
         BRV(J)=0.0
         DO 35 K=1,Q
           BRV(J)=BRV(J)+XRVINV(J,K)*XTY(K)
35      CONTINUE
        RETURN
        END
C*********************************************************************************************
C*  PREPARE  DATA  FOR  LINEAR  PROGRAMMING
C*********************************************************************************************
       SUBROUTINE INPUT(N,X,Y)
        COMMON (101),C(209),CODE(101),KP1,MP1,NN,K,M,NGET,NLET,NET,NTYPE
       + ,NP1,NC,NC1,INDEXG,INDEXL,INDEXE,NFLAG,BASICS,OPTSOL,SUM,NOPT
       + ,BLV(4)
        INTEGER BASICS,CODE,XB,OPTSOL
        REAL X(100,4),Y(100)
        DIMENSION A(101,209),XB(202)
50      M=N
        K=2*M+8
        NLET=0
        NGET=0
```

```
      NET=M
      NTYPE=0
      NOPT=1
      DO 5 J=1,8
        C(J)=0.0
5      CONTINUE
      MM8=2*M+8
      DO 11 J=9,MM8
        C(J)=1.0
11     CONTINUE
      DO 4 I=1,M
        CODE(I)=2
4      CONTINUE
      DO 6 I=1,M
        B(I)=Y(I)
6      CONTINUE
      DO 10 I=1,M
       A(I,1)=X(I,1)
       A(I,2)=-A(I,1)
        A(I,3)=X(I,2)
        A(I,4)=-A(I,3)
        A(I,5)=X(I,3)
        A(I,6)=-A(I,5)
        A(I,7)=X(I,4)
        A(I,8)=-A(I,7)
       M1=M+8
       DO 15 J=9,M1
        IJ=J-I
        IF(IJ.EQ.8) GOTO 111
        A(I,J)=0.0
```

```
        GOTO 15
111       A(I,J)=1.0
15      CONTINUE
       M2=M1+1
      M3=2*M+8
      DO 16 J=M2,M3
        IJ1=J-I
        IF(IJ1.EQ.M1) GOTO 112
        A(I,J)=0.0
        GOTO 16
112         A(I,J)=-1.0
16        CONTINUE
10       CONTINUE
***************************************************************************************************
150      CALL SSARTV(A,XB)
         IF(IFLAG.EQ.1) GO TO 50
        BASICS=0
        OPTSOL=0
        CALL SIMPLX(A,XB)
        IF(NTYPE.EQ.1) GO TO 220
        SUM=-SUM
220     L1=0
        L2=0
        L3=0
        L4=0
        L5=0
        L6=0
        L7=0
        L8=0
        DO 440 I=1,M
```

```
      IF(XB(I).EQ.1) L1=I
      IF(XB(I).EQ.2) L2=I
      IF(XB(I).EQ.3) L3=I
      IF(XB(I).EQ.4) L4=I
      IF(XB(I).EQ.5) L5=I
      IF(XB(I).EQ.6) L6=I
      IF(XB(I).EQ.7) L7=I
      IF(XB(I).EQ.8) L8=I
440    CONTINUE
       IF(L1.EQ.0) THEN
        B1A=0
      ELSE
        B1A=A(L1,NP1)
      ENDIF
      IF(L2.EQ.0) THEN
        B1B=0
      ELSE
        B1B=A(L2,NP1)
      ENDIF
       IF(L3.EQ.0) THEN
        B2A=0
      ELSE
        B2A=A(L3,NP1)
      ENDIF
       IF(L4.EQ.0) THEN
        B2B=0
      ELSE
        B2B=A(L4,NP1)
      ENDIF
       IF(L5.EQ.0) THEN
```

```
        B3A=0
       ELSE
        B3A=A(L5,NP1)
       ENDIF
       IF(L6.EQ.0) THEN
        B3B=0
       ELSE
        B3B=A(L6,NP1)
       ENDIF
       IF(L7.EQ.0) THEN
        B4A=0
       ELSE
        B4A=A(L7,NP1)
       ENDIF
       IF(L8.EQ.0) THEN
        B4B=0
       ELSE
        B4B=A(L8,NP1)
       ENDIF
       BLV(1)=B1A-B1B
       BLV(2)=B2A-B2B
       BLV(3)=B3A-B3B
       BLV(4)=B4A-B4B
2000    RETURN
        END
C****************************************************************************************
C* A SUBROUTINE THAT SUPPLIES THE SLACK , SURPLUS AND ARTIFICIAL
C*            VARIABLES NEEDED TO PERFORM SIMPLEX METHOD.
C****************************************************************************************
       SUBROUTINE SSARTV(A,XB)
```

```
      COMMON B(101),C(209),CODE(101),KP1,MP1,NN,K,M,NGET,NLET,NET,NTYPE
     + ,NP1,NC,NC1,INDEXG,INDEXL,INDEXE,NFLAG,BASICS,OPTSOL,SUM,NOPT
     + ,BLV(4)
      INTEGER CODE,XB,BASICS,OPTSOL
      DIMENSION A(101,209),XB(209),ARTV(202)
C  INITIALIZE   VARIABLES
      IFLAG=0
      IA=1
      KP1=K+1
      MP1=M+1
      NN=K+2*NGET+NLET+NET
      NP1=NN+1
      NC=K+NGET+1
      NC1=NC+NLET
      INDEXG=K+1
      INDEXL=K+NGET+1
      INDEXE=K+NGET+NLET+1
      DO 69 I=1,MP1
      DO 69 J=KP1,NP1
69       A(I,J)=0.
150    DO 5 I=1,M
5        A(I,NP1)=B(I)
       DO 4 I=1,M
      IF(CODE(I).EQ.0) GO TO 6
      IF(CODE(I).EQ.1) GO TO 8
      ARTV(IA)=I
      IA=IA+1
      XB(I)=INDEXE
      A(I,INDEXE)=1
      INDEXE=INDEXE+1
```

```
      GO TO 4
8     XB(I)=INDEXE
      ARTV(IA)=I
      IA=IA+1
      INDEXE=INDEXE+1
      A(I,INDEXG)=-1.
      INDEXG=INDEXG+1
      GO TO 4
6     XB(I)=INDEXL
      A(I,INDEXL)=1.
      INDEXL=INDEXL+1
4     CONTINUE
C  CHECK  FOR  CORRECT  DATA
      IF(INDEXG.NE.NC) GO TO 100
      IF(INDEXL.NE.NC1) GO TO 110
      IF(INDEXE.NE.NP1) GO TO 120
      GO TO 151
100   IFLAG=1
      RETURN
110   IFLAG=1
      RETURN
120   IFLAG=1
      RETURN
C  CHECK  FOR  MAXIMIZATION
151   CONTINUE
      IF(NTYPE.EQ.0) GO TO 12
      DO 60 J=1,K
60    A(MP1,J)=-C(J)
      GO TO 50
12    DO 55 J=1,K
```

```
55      A(MP1,J)=C(J)
50      DO 61 J=KP1,NP1
        A(MP1,J)=0.
61      C(J)=0.
        DO 62 J=1,K
62      C(J)=-A(MP1,J)
        DO 63 J=NC1,NN
63      C(J)=-10.E2
        IF(NGET+NET.EQ.0) RETURN
        IA=IA-1
        KPGTE=K+NGET
        DO 64 J=1,KPGTE
        SUM=0.
        DO 65 I=1,IA
65      SUM=SUM+A(ARTV(I),J)
64      A(MP1,J)=A(MP1,J)-10.E2*SUM
        SUM=0.
        DO 66 I=1,IA
66      SUM=SUM+A(ARTV(I),NP1)
        A(MP1,NP1)=A(MP1,NP1)-10.E2*SUM
        RETURN
        END
C*********************************************************************************************
C* SUBROUTINE TO PERFORM THE WORK OF THE SIMPLEX METHOD
C*********************************************************************************************
        SUBROUTINE SIMPLX(A,XB)
        COMMON (101),C(209),CODE(101),KP1,MP1,NN,K,M,NGET,NLET,NET,NTYPE
        + ,NP1,NC,NC1,INDEXG,INDEXL,INDEXE,NFLAG,BASICS,OPTSOL,SUM,NOPT
        + ,BLV(4)
        INTEGER CODE,XB,BASICS,OPTSOL
```

```
      DIMENSION A(101,209),XB(209)
      NFLAG=0
C***************************************************************************************************
C*  STEP 1 :  OBTAIN  BASIC  FEASIBLE  SOLUTION  OF  EQUIVALENT  MODEL
C***************************************************************************************************
100    BASICS=BASICS+1
       IF(NOPT.EQ.0) GO TO 200
105    SUM=0.
       DO 111 I=1,M
111     SUM=SUM+C(XB(I))*A(I,NP1)
       IF(OPTSOL.EQ.1) GO TO 920
C***************************************************************************************************
C* STEP  2 , 3  : CHOOSE  THE  NONBASIC  VARIABLE  WITH  THE  MOST  NEGATIVE
C*                COEFFICIENT  TO  ENTER  AS  A  BASIS  VARIABLE  FOR  THE  NEXT
C*                BASIC  FEASIBLE  SOLUTION. IF NONE ARE  NEGATIVE , AN OPTIMAL
C*                  SOLUTION  HAS  BEEN  REACHED ,  SO  GO  TO  STEP  9.
C***************************************************************************************************
200     NEG=0
        GNEG=0.
       DO 21 J=1,NN
       IF(A(MP1,J).GE.GNEG) GO TO 21
       GNEG=A(MP1,J)
       NEG=J
21      CONTINUE
        IF(NEG.EQ.0) GO TO 900
C***************************************************************************************************
C*  STEP 4 , 11  :   CHECK   FOR   UNBOUNDED  OBJECTIVE  FUNCTION.
C***************************************************************************************************
400     SPR=10.E10
        DO 410 I=1,M
```

```
      IF(A(I,NEG).LE..00001) GO TO 410
      IF(A(I,NP1)/A(I,NEG).GE.SPR) GO TO 410
      SPR=A(I,NP1)/A(I,NEG)
      NSPR=I
410   CONTINUE
      IF(SPR.LE.10.E8) GO TO 510
      NFLAG=1
      RETURN
C*****************************************************************************************************
C* STEP 5 :  FIND  PIVOTAL  ELEMENT  AND  DIVIDE  BY  IT.
C*****************************************************************************************************
510   PELE=A(NSPR,NEG)
      DO 500 J=1,NP1
500   A(NSPR,J)=A(NSPR,J)/PELE
      XB(NSPR)=NEG
C*****************************************************************************************************
C* STEP 6 , 7 , 8 : PERFORM ELEMENTARY TRANSFORMATIONS AND GO BACK
C*                  TO STEP 1  TO  PRINT OUT  NEW  BASIC  FEASIBLE  SOLUTION.
C*****************************************************************************************************
600   DO 610 I=1,MP1
      IF(I.EQ.NSPR) GO TO 610
      HOLD=A(I,NEG)
      DO 620 J=1,NP1
620   A(I,J)=A(I,J)-HOLD*A(NSPR,J)
610   CONTINUE
      GO TO 100
C*****************************************************************************************************
C* STEP 9 , 10 : IF THERE IS AN ARTIFICIAL VARIABLE AT A POSITIVE LEVEL ,
C*               A FEASIBLE SOLUTION DOES NOT EXIST : OTHERWISE , AN
C*                  OPTIMAL SOLUTION  OF THE  EQUIVALENT  LINEAR
```

```
C*                    PROGRAMMING  MODEL  HAS BEEN  OBTAINED.
C**************************************************************************************************
900    OPTSOL=1
       IF(NOPT.EQ.1) GO TO 920
       GO TO 105
920    DO 930 I=1,M
       IF(XB(I).LT.NC1) GO TO 930
       IF(A(I,NP1).LE.0) GO TO 930
       NFLAG=2
       RETURN
930    CONTINUE
       RETURN
       END
***************************************************************************************************
```

ภาคผนวก ง.

ในส่วนนี้จะนำเสนอผลลัพธ์ของการทดลอง เมื่อทดลองให้ตัวแปรอิสระ x_3 มีการแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 10 ผลการทดลองจะแสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณการถดถอยพหุคูณ (RMSE) ซึ่งจะนำเสนอผลการทดลอง(ในบางกรณี) ด้วยตารางที่ 6.2.1 ถึง 6.2.3 โดยแบ่งเป็นกรณีต่าง ๆ 3 กรณี ดังต่อไปนี้

1. กรณีที่ตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์

เมื่อกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 3 ณ ระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 (ρ) 7 ระดับ คือ 0.1 , 0.3 , 0.5 , 0.7 , 0.9 , 0.95 และ 0.99 ซึ่งจะนำเสนอในกรณีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 40 โดยผลการทดลองนำเสนอในตารางที่ 6.2.1

2. กรณีที่ตัวแปรตามมีค่าผิดปกติ

เมื่อกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ที่มีระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY) 3 ระดับ คือ ระดับเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง และมีระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P) 4 ระดับ คือ 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15 ซึ่งจะนำเสนอในกรณีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 40 โดยผลการทดลองนำเสนอในตารางที่ 6.2.2

3. กรณีที่ตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์และตัวแปรตามมีค่าผิดปกติ

เมื่อกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ที่มีระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY) 3 ระดับ คือ ระดับเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง และมีระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P) 4 ระดับ คือ 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15 ซึ่งจะนำเสนอในกรณีระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 (ρ) เท่ากับ 0.9 และขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 40 โดยผลการทดลองนำเสนอในตารางที่ 6.2.3

และต่อไปนี้ จะนำเสนอผลการทดลองด้วยตารางที่ 6.2.1 ถึง 6.2.3 และสรุปรายละเอียดในแต่ละกรณีที่ตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์และ/หรือตัวแปรตามมีค่าผิดปกติ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.2.1 แสดงค่า RMSE ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยแต่ละตัว ด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS , LAV , RID , RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 3 โดยจำแนกตามระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 (ρ) กรณีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 40

ρ	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.1	LS	0.004554*	0.004645*	0.004669*	0.004531*	0.004600*
	LAV	0.008272	0.008439	0.008481	0.008230	0.008356
	RID	0.004955	0.005056	0.005080	0.004931	0.005005
	RLAV	0.005368	0.005477	0.005504	0.005341	0.005422
	WRID	0.010849	0.011069	0.011123	0.010795	0.010959
0.3	LS	0.004732*	0.004827*	0.004851*	0.004707*	0.004779*
	LAV	0.008520	0.008692	0.008736	0.008477	0.008606
	RID	0.005055	0.005157	0.005182	0.005028	0.005105
	RLAV	0.005476	0.005586	0.005613	0.005448	0.005531
	WRID	0.011067	0.011290	0.011346	0.011010	0.011178
0.5	LS	0.005190*	0.005293*	0.005319*	0.005034*	0.005209*
	LAV	0.009157	0.009341	0.009388	0.008982	0.009217
	RID	0.005292	0.005398	0.005425	0.005124	0.005310
	RLAV	0.005728	0.005841	0.005870	0.005569	0.005752
	WRID	0.011574	0.011807	0.011865	0.011257	0.011625
0.7	LS	0.005893	0.006009	0.006038	0.005397	0.005835
	LAV	0.010297	0.010500	0.010551	0.009429	0.010195
	RID	0.005711*	0.005824*	0.005853*	0.005230*	0.005655*
	RLAV	0.006187	0.006310	0.006340	0.005667	0.006126
	WRID	0.012681	0.012932	0.012995	0.011614	0.012556

ตารางที่ 6.2.1 (ต่อ)

ρ	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.9	LS	0.008486	0.008653	0.008695	0.007772	0.008401
	LAV	0.014342	0.014627	0.014697	0.013136	0.014201
	RID	0.006283*	0.006407*	0.006438*	0.005754*	0.006220*
	RLAV	0.006806	0.006940	0.006974	0.006233	0.006739
	WRID	0.013949	0.014225	0.014294	0.012775	0.013811
0.95	LS	0.010454	0.010661	0.010713	0.009574	0.010351
	LAV	0.017354	0.017699	0.017784	0.015894	0.017183
	RID	0.006785*	0.006919*	0.006953*	0.006214*	0.006717*
	RLAV	0.007486	0.007635	0.007672	0.006856	0.007413
	WRID	0.015344	0.015648	0.015724	0.014052	0.015192
0.99	LS	0.020051	0.020448	0.020548	0.018364	0.019852
	LAV	0.032696	0.033344	0.033506	0.029945	0.032373
	RID	0.009729*	0.009922*	0.009971*	0.008910*	0.009633*
	RLAV	0.011828	0.012063	0.012121	0.010833	0.011712
	WRID	0.024551	0.025037	0.025158	0.022485	0.024307

หมายเหตุ * แทน ค่า RMSE ที่มีค่าต่ำสุด

จากตารางที่ 6.2.1 ซึ่งแสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS , LAV , RID , RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 3 ณ ระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 เท่ากับ 0.1 , 0.3 , 0.5 , 0.7 , 0.9 , 0.95 และ 0.99 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 สรุปผลได้ดังนี้

ที่ระดับสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.1 , 0.3 และ 0.5 พบว่า ตัวประมาณ LS จะให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด ในขณะที่ตัวประมาณ RID และ RLAV จะให้ค่า RMSE สูงขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกัน และตัวประมาณ LAV และ WRID จะให้ค่า RMSE สูงขึ้น ตามลำดับ

ที่ระดับสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7 , 0.9 , 0.95 และ 0.99 พบว่า โดยทั่วไป ตัวประมาณ RID จะให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด และตัวประมาณ LAV จะให้ค่า RMSE สูงที่สุด ยกเว้นในบางกรณี ได้แก่ กรณีระดับสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7 พบว่า ตัวประมาณ WRID จะให้ค่า RMSE สูงที่สุด

ตารางที่ 6.2.2 แสดงค่า RMSE ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยแต่ละตัว ด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS, LAV, RID, RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน โดยจำแนกตามสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P) และระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY) กรณีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 40

VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
เล็กน้อย	0.05	LS	0.012522	0.012774	0.012838	0.012458	0.012648
		LAV	0.008149*	0.008314*	0.008355*	0.008108*	0.008231*
		RID	0.009080	0.009264	0.009310	0.009035	0.009172
		RLAV	0.008876	0.009054	0.009100	0.008830	0.008965
		WRID	0.020448	0.020861	0.020964	0.020345	0.020654
	0.08	LS	0.013804	0.014083	0.014153	0.013734	0.013944
		LAV	0.008429*	0.008600*	0.008643*	0.008387*	0.008515*
		RID	0.010136	0.010341	0.010392	0.010085	0.010238
		RLAV	0.009477	0.009669	0.009716	0.009429	0.009573
		WRID	0.021360	0.021791	0.021900	0.021252	0.021576
	0.10	LS	0.014417	0.014708	0.014781	0.014344	0.014563
		LAV	0.008586*	0.008759*	0.008803*	0.008543*	0.008673*
		RID	0.010588	0.010801	0.010854	0.010534	0.010694
		RLAV	0.009518	0.009710	0.009758	0.009469	0.009614
		WRID	0.022311	0.022761	0.022874	0.022198	0.022536
	0.15	LS	0.014934	0.015237	0.015311	0.014859	0.015085
		LAV	0.008944*	0.009125*	0.009170*	0.008899*	0.009035*
		RID	0.011269	0.011496	0.011554	0.011212	0.011383
		RLAV	0.009914	0.010114	0.010165	0.009864	0.010014
		WRID	0.023121	0.023588	0.023705	0.023005	0.023355

ตารางที่ 6.2.2 (ต่อ)

VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
		LS	0.017120	0.017465	0.017551	0.017033	0.017292
		LAV	0.009767*	0.009965*	0.010014*	0.009717*	0.009866*
	0.05	RID	0.011111	0.011336	0.011393	0.011055	0.011224
		RLAV	0.010675	0.010890	0.010945	0.010621	0.010783
		WRID	0.027316	0.027867	0.028006	0.027177	0.027592
		LS	0.019022	0.019406	0.019502	0.018926	0.019214
		LAV	0.010173*	0.010379*	0.010430*	0.010122*	0.010276*
	0.08	RID	0.012500	0.012753	0.012816	0.012437	0.012626
		RLAV	0.011477	0.011710	0.011767	0.011420	0.011593
ปานกลาง		WRID	0.028755	0.029335	0.029480	0.028609	0.029045
		LS	0.020023	0.020428	0.020529	0.019922	0.020225
		LAV	0.010434*	0.010646*	0.010698*	0.010382*	0.010540*
	0.10	RID	0.013159	0.013425	0.013492	0.013092	0.013292
		RLAV	0.011607	0.011842	0.011900	0.011549	0.011724
		WRID	0.030267	0.030878	0.031031	0.030114	0.030572
		LS	0.021077	0.021502	0.021609	0.020970	0.021290
		LAV	0.010984*	0.011205*	0.011262*	0.010928*	0.011095*
	0.15	RID	0.013852	0.014131	0.014201	0.013782	0.013991
		RLAV	0.012218	0.012465	0.012527	0.012156	0.012341
		WRID	0.031860	0.032504	0.032665	0.031699	0.032182

ตารางที่ 6.2.2 (ต่อ)

VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
รุนแรง	0.05	LS	0.033211	0.033882	0.034050	0.033043	0.033546
		LAV	0.015432*	0.015744*	0.015822*	0.015354*	0.015588*
		RID	0.021112	0.021539	0.021646	0.021005	0.021325
		RLAV	0.016972	0.017315	0.017401	0.016887	0.017144
		WRID	0.051354	0.052392	0.052651	0.051095	0.051873
	0.08	LS	0.037283	0.038036	0.038224	0.037095	0.037659
		LAV	0.016278*	0.016606*	0.016688*	0.016195*	0.016441*
		RID	0.024001	0.024486	0.024607	0.023879	0.024243
		RLAV	0.018479	0.018852	0.018946	0.018385	0.018666
		WRID	0.054633	0.055737	0.056013	0.054358	0.055185
	0.10	LS	0.039646	0.040447	0.040647	0.039446	0.040046
		LAV	0.016904*	0.017246*	0.017331*	0.016819*	0.017075*
		RID	0.025528	0.026045	0.026174	0.025399	0.025786
		RLAV	0.018920	0.019302	0.019398	0.018824	0.019111
		WRID	0.058112	0.059285	0.059579	0.057818	0.058699
	0.15	LS	0.042575	0.043435	0.043650	0.042360	0.043005
		LAV	0.018123*	0.018490*	0.018581*	0.018032*	0.018307*
		RID	0.027426	0.027981	0.028118	0.027288	0.027703
		RLAV	0.020282	0.020691	0.020794	0.020179	0.020486
		WRID	0.062446	0.063707	0.064022	0.062130	0.063076

หมายเหตุ * แทน ค่า RMSE ที่มีค่าต่ำสุด

จากตารางที่ 6.2.2 ซึ่งแสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS , LAV , RID , RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ซึ่งมีฟังก์ชันการแจกแจงอยู่ในรูป $f(\varepsilon) = (1\text{-}P)N(0,3) + PN(0,3C^2)$ ที่ระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตามคือ ระดับเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง และระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 สรุปผลได้ดังนี้

ในทุกระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY = เล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง) และทุกระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P = 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15) พบว่า ตัวประมาณ LAV จะให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด ในขณะที่ตัวประมาณ RLAV , RID , LS และ WRID จะให้ค่า RMSE สูงขึ้น ตามลำดับ

ตารางที่ 6.2.3 แสดงค่า RMSE ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยแต่ละตัว ด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS, LAV, RID, RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน โดยจำแนกตามสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P) และระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY) กรณีระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 (ρ)เท่ากับ 0.9 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40

ρ	VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.9	เล็กน้อย	0.05	LS	0.026137	0.026655	0.026784	0.023937	0.025878
			LAV	0.014944	0.015240	0.015313	0.013686	0.014795
			RID	0.012367	0.012612	0.012673	0.011327	0.012245
			RLAV	0.011398*	0.011624*	0.011681*	0.010439*	0.011285*
			WRID	0.028130	0.028687	0.028826	0.025763	0.027852
		0.08	LS	0.035261	0.035960	0.036134	0.032294	0.034912
			LAV	0.018644	0.019013	0.019105	0.017075	0.018459
			RID	0.015739	0.016052	0.016129	0.014415	0.015584
			RLAV	0.012562*	0.012811*	0.012874*	0.011505*	0.012438*
			WRID	0.033733	0.034401	0.034568	0.030894	0.033399
		0.10	LS	0.043292	0.044149	0.044363	0.039649	0.042863
			LAV	0.020670	0.021079	0.021181	0.018931	0.020465
			RID	0.022237	0.022677	0.022787	0.020365	0.022017
			RLAV	0.014002*	0.014278*	0.014348*	0.012823*	0.013863*
			WRID	0.039530	0.040313	0.040509	0.036204	0.039139
		0.15	LS	0.049931	0.050920	0.051168	0.045729	0.049437
			LAV	0.023070	0.023526	0.023640	0.021128	0.022841
			RID	0.024478	0.024962	0.025083	0.022418	0.024235
			RLAV	0.015775*	0.016087*	0.016166*	0.014448*	0.015619*
			WRID	0.043791	0.044658	0.044875	0.040106	0.043357

ตารางที่ 6.2.3 (ต่อ)

ρ	VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.9	ปานกลาง	0.05	LS	0.035735	0.036442	0.036619	0.032727	0.035381
			LAV	0.017912	0.018266	0.018355	0.016405	0.017735
			RID	0.015134	0.015434	0.015508	0.013860	0.014984
			RLAV	0.013709*	0.013981*	0.014049*	0.012555*	0.013573*
			WRID	0.038632	0.039398	0.039589	0.035381	0.038250
		0.08	LS	0.048587	0.049550	0.049790	0.044499	0.048106
			LAV	0.022500	0.022945	0.023057	0.020607	0.022277
			RID	0.019412	0.019796	0.019892	0.017777	0.019219
			RLAV	0.015214*	0.015515*	0.015591*	0.013934*	0.015063*
			WRID	0.046683	0.047608	0.047838	0.042755	0.046221
		0.10	LS	0.060127	0.061318	0.061615	0.055067	0.059532
			LAV	0.025120	0.025618	0.025742	0.023006	0.024872
			RID	0.027636	0.028184	0.028321	0.025311	0.027363
			RLAV	0.017075*	0.017412*	0.017498*	0.015637*	0.016906*
			WRID	0.055132	0.056224	0.056497	0.050492	0.054587
		0.15	LS	0.070468	0.071863	0.072212	0.064537	0.069770
			LAV	0.028332	0.028892	0.029033	0.025948	0.028050
			RID	0.030086	0.030681	0.030830	0.027554	0.029788
			RLAV	0.019442*	0.019827*	0.019923*	0.017805*	0.019249*
			WRID	0.062035	0.063263	0.063571	0.056815	0.061421

ตารางที่ 6.2.3 (ต่อ)

ρ	VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.9	รุนแรง	0.05	LS	0.070041	0.071428	0.071774	0.064146	0.069347
			LAV	0.028837	0.029408	0.029551	0.026410	0.028552
			RID	0.029057	0.029633	0.029776	0.026612	0.028769
			RLAV	0.022071*	0.022509*	0.022617*	0.020214*	0.021853*
			WRID	0.075718	0.077218	0.077592	0.069346	0.074968
		0.08	LS	0.096203	0.098108	0.098584	0.088107	0.095250
			LAV	0.036451	0.037172	0.037353	0.033383	0.036090
			RID	0.037657	0.038403	0.038590	0.034488	0.037285
			RLAV	0.024647*	0.025135*	0.025257*	0.022573*	0.024403*
			WRID	0.092432	0.094263	0.094721	0.084653	0.091518
		0.10	LS	0.120254	0.122635	0.123231	0.110134	0.119064
			LAV	0.040946	0.041757	0.041959	0.037499	0.040540
			RID	0.054168	0.055241	0.055508	0.049609	0.053631
			RLAV	0.027832*	0.028383*	0.028521*	0.025490*	0.027557*
			WRID	0.110265	0.112448	0.112993	0.100985	0.109173
		0.15	LS	0.142345	0.145163	0.145869	0.130365	0.140935
			LAV	0.046746	0.047672	0.047903	0.042812	0.046284
			RID	0.059570	0.060749	0.061044	0.054556	0.058980
			RLAV	0.032079*	0.032713*	0.032872*	0.029378*	0.031761*
			WRID	0.125311	0.127793	0.128413	0.114766	0.124071

หมายเหตุ * แทน ค่า RMSE ที่มีค่าต่ำสุด

จากตารางที่ 6.2.3 ซึ่งแสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS , LAV , RID , RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ซึ่งมีฟังก์ชันการแจกแจงอยู่ในรูป $f(\varepsilon) = (1\text{-}P)N(0,3) + PN(0,3C^2)$ ที่ระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม คือ ระดับเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง และระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15 เมื่อระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 เท่ากับ 0.9 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 สรุปผลได้ดังนี้

ในทุกระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY = เล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง) และทุกระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P = 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15) พบว่า โดยทั่วไป ตัวประมาณ RLAV จะให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด และตัวประมาณ LS จะให้ค่า RMSE สูงที่สุด ยกเว้นในบางกรณี ได้แก่ กรณีระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 พบว่า ตัวประมาณ WRID จะให้ค่า RMSE สูงที่สุด

ภาคผนวก จ.

ในส่วนนี้จะนำเสนอผลลัพธ์ของการทดลอง เมื่อทดลองให้ค่าของพารามิเตอร์ β มีค่าอื่น ๆ ดังนี้ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 3$, $\beta_2 = 5$ และ $\beta_3 = 7$ ผลการทดลองจะแสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณการถดถอยพหุคูณ(RMSE) ซึ่งจะนำเสนอผลการทดลอง(ในบางกรณี) ด้วยตารางที่ 6.3.1 ถึง 6.3.3 โดยแบ่งออกเป็นกรณีต่าง ๆ 3 กรณี ดังต่อไปนี้

1. กรณีที่ตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์

เมื่อกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 3 ณ ระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 (ρ) 7 ระดับ คือ 0.1 , 0.3 , 0.5 , 0.7 , 0.9 , 0.95 และ 0.99 ซึ่งจะนำเสนอในกรณีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 50 โดยผลการทดลองนำเสนอในตารางที่ 6.3.1

2. กรณีที่ตัวแปรตามมีค่าผิดปกติ

เมื่อกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ที่มีระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY) 3 ระดับ คือ ระดับเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง และมีระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P) 4 ระดับ คือ 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15 ซึ่งจะนำเสนอในกรณีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 50 โดยผลการทดลองนำเสนอในตารางที่ 6.3.2

3. กรณีที่ตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์และตัวแปรตามมีค่าผิดปกติ

เมื่อกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ที่มีระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY) 3 ระดับ คือ ระดับเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง และมีระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P) 4 ระดับ คือ 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15 ซึ่งจะนำเสนอในกรณีระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 (ρ) เท่ากับ 0.9 และขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 50 โดยผลการทดลองนำเสนอในตารางที่ 6.3.3

และต่อไปนี้ จะนำเสนอผลการทดลองด้วยตารางที่ 6.3.1 ถึง 6.3.3 และสรุปรายละเอียดในแต่ละกรณีที่ตัวแปรอิสระมีพหุสัมพันธ์และตัวแปรตามมีค่าผิดปกติ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.3.1 แสดงค่า RMSE ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยแต่ละตัว ด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS , LAV , RID , RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 3 โดยจำแนกตามระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 (ρ) กรณีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 50

ρ	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.1	LS	0.004400*	0.004490*	0.004511*	0.004379*	0.004445*
	LAV	0.007481	0.007632	0.007669	0.007443	0.007556
	RID	0.004791	0.004887	0.004911	0.004766	0.004839
	RLAV	0.005182	0.005286	0.005312	0.005155	0.005234
	WRID	0.009583	0.009777	0.009825	0.009535	0.009680
0.3	LS	0.004554*	0.004647*	0.004670*	0.004532*	0.004601*
	LAV	0.007705	0.007861	0.007900	0.007666	0.007783
	RID	0.004900	0.005000	0.005022	0.004821	0.004936
	RLAV	0.005296	0.005402	0.005428	0.005228	0.005339
	WRID	0.009775	0.009973	0.010022	0.009726	0.009874
0.5	LS	0.004950*	0.005049*	0.005073*	0.004802*	0.004968*
	LAV	0.008299	0.008465	0.008507	0.008040	0.008327
	RID	0.005102	0.005203	0.005229	0.004899	0.005108
	RLAV	0.005511	0.005621	0.005649	0.005320	0.005525
	WRID	0.010188	0.010392	0.010444	0.009932	0.010239
0.7	LS	0.005620	0.005732	0.005760	0.005148	0.005565
	LAV	0.009235	0.009418	0.009464	0.008458	0.009143
	RID	0.005469*	0.005577*	0.005605*	0.005009*	0.005415*
	RLAV	0.005915	0.006032	0.006062	0.005417	0.005857
	WRID	0.011065	0.011284	0.011339	0.010134	0.010956

ตารางที่ 6.3.1 (ต่อ)

ρ	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.9	LS	0.007975	0.008133	0.008173	0.007304	0.007897
	LAV	0.012670	0.012921	0.012985	0.011605	0.012545
	RID	0.006016*	0.006135*	0.006165*	0.005510*	0.005957*
	RLAV	0.006507	0.006635	0.006668	0.005959	0.006442
	WRID	0.012172	0.012412	0.012473	0.011148	0.012051
0.95	LS	0.009683	0.009875	0.009923	0.008868	0.009587
	LAV	0.015103	0.015403	0.015477	0.013832	0.014954
	RID	0.006497*	0.006626*	0.006659*	0.005951*	0.006433*
	RLAV	0.007157	0.007299	0.007335	0.006556	0.007087
	WRID	0.013389	0.013654	0.013720	0.012261	0.013256
0.99	LS	0.018291	0.018653	0.018744	0.016751	0.018109
	LAV	0.028032	0.028588	0.028726	0.025672	0.027754
	RID	0.009291*	0.009475*	0.009521*	0.008509*	0.009199*
	RLAV	0.011094	0.011314	0.011369	0.010160	0.010984
	WRID	0.021422	0.021846	0.021952	0.019619	0.021210

หมายเหตุ * แทน ค่า RMSE ที่มีค่าต่ำสุด

จากตารางที่ 6.3.1 ซึ่งแสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS , LAV , RID , RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 3 ณ ระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 เท่ากับ 0.1 , 0.3 , 0.5 , 0.7 , 0.9 , 0.95 และ 0.99 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 สรุปผลได้ดังนี้

ที่ระดับสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.1 , 0.3 และ 0.5 พบว่า ตัวประมาณ LS จะให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด ในขณะที่ตัวประมาณ RID และ RLAV จะให้ค่า RMSE สูงขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกัน และตัวประมาณ LAV และ WRID จะให้ค่า RMSE สูงขึ้น ตามลำดับ

ที่ระดับสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7 , 0.9 , 0.95 และ 0.99 พบว่า โดยทั่วไป ตัวประมาณ RID จะให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด และตัวประมาณ LAV จะให้ค่า RMSE สูงที่สุด ยกเว้นในบางกรณี ได้แก่ กรณีระดับสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7 พบว่า ตัวประมาณ WRID จะให้ค่า RMSE สูงที่สุด

ตารางที่ 6.3.2 แสดงค่า RMSE ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยแต่ละตัว ด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS, LAV, RID, RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน โดยจำแนกตามสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P) และระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY) กรณีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 50

VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
เล็กน้อย	0.05	LS	0.010699	0.010915	0.010969	0.010645	0.010807
		LAV	0.007075*	0.007218*	0.007253*	0.007039*	0.007146*
		RID	0.007834	0.007993	0.008031	0.007795	0.007913
		RLAV	0.007825	0.007983	0.008022	0.007786	0.007904
		WRID	0.017644	0.018001	0.018090	0.017555	0.017822
	0.08	LS	0.011818	0.012056	0.012117	0.011758	0.011937
		LAV	0.007343*	0.007492*	0.007529*	0.007306*	0.007417*
		RID	0.008692	0.008868	0.008912	0.008649	0.008780
		RLAV	0.008386	0.008556	0.008599	0.008344	0.008471
		WRID	0.018245	0.018614	0.018706	0.018153	0.018429
	0.10	LS	0.012370	0.012618	0.012682	0.012306	0.012494
		LAV	0.007506*	0.007657*	0.007695*	0.007468*	0.007582*
		RID	0.009456	0.009648	0.009695	0.009410	0.009552
		RLAV	0.008451	0.008622	0.008665	0.008408	0.008536
		WRID	0.019060	0.019445	0.019541	0.018964	0.019253
	0.15	LS	0.012867	0.013126	0.013192	0.012802	0.012997
		LAV	0.007847*	0.008006*	0.008046*	0.007807*	0.007926*
		RID	0.010148	0.010352	0.010404	0.010096	0.010250
		RLAV	0.008835	0.009013	0.009058	0.008790	0.008924
		WRID	0.019756	0.020156	0.020255	0.019657	0.019956

ตารางที่ 6.3.2 (ต่อ)

VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
ป่านกลาง	0.05	LS	0.014401	0.014693	0.014766	0.014329	0.014547
		LAV	0.008422*	0.008591*	0.008634*	0.008379*	0.008507*
		RID	0.009442	0.009634	0.009681	0.009395	0.009538
		RLAV	0.009317	0.009504	0.009551	0.009270	0.009411
		WRID	0.023216	0.023685	0.023803	0.023099	0.023451
	0.08	LS	0.016002	0.016324	0.016406	0.015920	0.016163
		LAV	0.008772*	0.008949*	0.008993*	0.008728*	0.008861*
		RID	0.010515	0.010727	0.010780	0.010462	0.010621
		RLAV	0.010017	0.010219	0.010270	0.009966	0.010118
		WRID	0.024188	0.024678	0.024799	0.024067	0.024433
	0.10	LS	0.016844	0.017185	0.017270	0.016760	0.017015
		LAV	0.008997*	0.009179*	0.009225*	0.008952*	0.009088*
		RID	0.011485	0.011718	0.011776	0.011427	0.011601
		RLAV	0.010130	0.010334	0.010385	0.010079	0.010232
		WRID	0.025461	0.025975	0.026104	0.025333	0.025718
	0.15	LS	0.017730	0.018089	0.018177	0.017641	0.017909
		LAV	0.009471*	0.009662*	0.009710*	0.009423*	0.009567*
		RID	0.012089	0.012334	0.012395	0.012028	0.012211
		RLAV	0.010662	0.010878	0.010931	0.010609	0.010770
		WRID	0.026803	0.027343	0.027479	0.026667	0.027073

ตารางที่ 6.3.2 (ต่อ)

VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
รุนแรง	0.05	LS	0.027364	0.027916	0.028054	0.027226	0.027640
		LAV	0.013138*	0.013403*	0.013469*	0.013071*	0.013270*
		RID	0.017563	0.017918	0.018007	0.017475	0.017741
		RLAV	0.014535	0.014829	0.014902	0.014462	0.014682
		WRID	0.042718	0.043581	0.043797	0.042501	0.043149
	0.08	LS	0.030643	0.031261	0.031416	0.030488	0.030952
		LAV	0.013773*	0.014051*	0.014121*	0.013703*	0.013912*
		RID	0.019663	0.020060	0.020159	0.019564	0.019861
		RLAV	0.015726	0.016045	0.016124	0.015647	0.015885
		WRID	0.044990	0.045900	0.046126	0.044764	0.045445
	0.10	LS	0.032509	0.033166	0.033331	0.032345	0.032838
		LAV	0.014216*	0.014503*	0.014575*	0.014144*	0.014360*
		RID	0.021592	0.022029	0.022138	0.021483	0.021811
		RLAV	0.016005	0.016327	0.016409	0.015923	0.016166
		WRID	0.047867	0.048834	0.049075	0.047625	0.048350
	0.15	LS	0.034751	0.035453	0.035629	0.034576	0.035102
		LAV	0.015153*	0.015459*	0.015536*	0.015077*	0.015306*
		RID	0.022970	0.023433	0.023550	0.022854	0.023202
		RLAV	0.017060	0.017404	0.017490	0.016974	0.017232
		WRID	0.051460	0.052500	0.052760	0.051201	0.051980

หมายเหตุ * แทน ค่า RMSE ที่มีค่าต่ำสุด

จากตารางที่ 6.3.2 ซึ่งแสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS , LAV , RID , RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ซึ่งมีฟังก์ชันการแจกแจงอยู่ในรูป $f(\varepsilon)$ = (1-P)N(0,3) + PN(0,3C^2) ที่ระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตามคือ ระดับเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง และระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 สรุปผลได้ดังนี้

ในทุกระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY = เล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง) และทุกระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P = 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15) พบว่า ตัวประมาณ LAV จะให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด ในขณะที่ตัวประมาณ RLAV , RID , LS และ WRID จะให้ค่า RMSE สูงขึ้น ตามลำดับ

ตารางที่ 6.3.3 แสดงค่า RMSE ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยแต่ละตัว ด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS, LAV, RID, RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน โดยจำแนกตามสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P) และระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY) กรณีระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 (ρ)เท่ากับ 0.9 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50

ρ	VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.9	เล็กน้อย	0.05	LS	0.021587	0.022015	0.022122	0.019771	0.021373
			LAV	0.012674	0.012924	0.012987	0.011607	0.012548
			RID	0.010367	0.010573	0.010624	0.009495	0.010265
			RLAV	0.009840*	0.010035*	0.010084*	0.009012*	0.009743*
			WRID	0.023931	0.024406	0.024524	0.021918	0.023695
		0.08	LS	0.027860	0.028412	0.028551	0.025516	0.027585
			LAV	0.015507	0.015814	0.015891	0.014201	0.015353
			RID	0.013130	0.013391	0.013456	0.012026	0.013001
			RLAV	0.011043*	0.011262*	0.011316*	0.010113*	0.010933*
			WRID	0.027596	0.028142	0.028278	0.025274	0.027323
		0.10	LS	0.034120	0.034795	0.034965	0.031249	0.033782
			LAV	0.017216	0.017556	0.017642	0.015767	0.017045
			RID	0.018392	0.018757	0.018848	0.016844	0.018210
			RLAV	0.012094*	0.012334*	0.012393*	0.011076*	0.011974*
			WRID	0.032374	0.033015	0.033176	0.029649	0.032054
		0.15	LS	0.038853	0.039622	0.039815	0.035583	0.038468
			LAV	0.019015	0.019391	0.019485	0.017414	0.018826
			RID	0.021056	0.021473	0.021577	0.019284	0.020848
			RLAV	0.013724*	0.013996*	0.014064*	0.012569*	0.013588*
			WRID	0.035824	0.036533	0.036711	0.032809	0.035469

ตารางที่ 6.3.3 (ต่อ)

ρ	VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.9	ปานกลาง	0.05	LS	0.029057	0.029632	0.029776	0.026612	0.028769
			LAV	0.015087	0.015386	0.01546	0.013817	0.014937
			RID	0.012496	0.012743	0.012805	0.011444	0.012372
			RLAV	0.011716*	0.011948*	0.012006*	0.010730*	0.011600*
			WRID	0.032373	0.033013	0.033173	0.029648	0.032051
		0.08	LS	0.037726	0.038472	0.038659	0.03455	0.037352
			LAV	0.018526	0.018892	0.018984	0.016967	0.018343
			RID	0.015883	0.016199	0.016277	0.014547	0.015726
			RLAV	0.013191*	0.013452*	0.013517*	0.012081*	0.013060*
			WRID	0.037610	0.038355	0.038541	0.034445	0.037238
		0.10	LS	0.046465	0.047385	0.047615	0.042554	0.046005
			LAV	0.020638	0.021047	0.021149	0.018901	0.020434
			RID	0.022337	0.022779	0.022890	0.020457	0.022116
			RLAV	0.014496*	0.014783*	0.014855*	0.013276*	0.014352*
			WRID	0.044461	0.045341	0.045561	0.040718	0.044020
		0.15	LS	0.053539	0.054600	0.054864	0.049033	0.053009
			LAV	0.022951	0.023405	0.023519	0.021019	0.022724
			RID	0.025085	0.025582	0.025705	0.022973	0.024836
			RLAV	0.016565*	0.016892*	0.016975*	0.015170*	0.016401*
			WRID	0.049961	0.050950	0.051197	0.045756	0.049466

ตารางที่ 6.3.3 (ต่อ)

ρ	VY	P	ESTR	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	ค่าเฉลี่ย
0.9	รุนแรง	0.05	LS	0.055498	0.056598	0.056872	0.050828	0.054949
			LAV	0.023686	0.024155	0.024272	0.021692	0.023452
			RID	0.023131	0.023589	0.023703	0.021184	0.022902
			RLAV	0.018395*	0.018759*	0.018850*	0.016846*	0.018212*
			WRID	0.061831	0.063055	0.063361	0.056627	0.061219
		0.08	LS	0.072432	0.073866	0.074224	0.066336	0.071714
			LAV	0.029270	0.029850	0.029995	0.026807	0.028980
			RID	0.029860	0.030452	0.030600	0.027347	0.029565
			RLAV	0.020842*	0.021255*	0.021358*	0.019087*	0.020636*
			WRID	0.072212	0.073641	0.073999	0.066135	0.071497
		0.10	LS	0.089678	0.091454	0.091898	0.082131	0.088790
			LAV	0.032813	0.033463	0.033625	0.030052	0.032488
			RID	0.042217	0.043052	0.043261	0.038663	0.041799
			RLAV	0.023048*	0.023505*	0.023619*	0.021109*	0.022820*
			WRID	0.085810	0.087509	0.087933	0.078588	0.084960
		0.15	LS	0.104400	0.106468	0.106985	0.095614	0.103367
			LAV	0.036721	0.037448	0.037630	0.033630	0.036358
			RID	0.047661	0.048604	0.048841	0.043650	0.047188
			RLAV	0.026504*	0.027028*	0.027160*	0.024273*	0.026241*
			WRID	0.097422	0.099352	0.099834	0.089223	0.096458

หมายเหตุ * แทน ค่า RMSE ที่มีค่าต่ำสุด

จากตารางที่ 6.3.3 ซึ่งแสดงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัว คือ LS , LAV , RID , RLAV และ WRID เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ซึ่งมีฟังก์ชันการแจกแจงอยู่ในรูป $f(\varepsilon)$ = (1-P)N(0,3) + PN(0,3C^2) ที่ระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม คือ ระดับเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง และระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15 เมื่อระดับสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ x_1 กับ x_2 เท่ากับ 0.9 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 สรุปผลได้ดังนี้

ในทุกระดับค่าผิดปกติของตัวแปรตาม(VY = เล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง) และทุกระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อน(P = 0.05 , 0.08 , 0.10 และ 0.15) พบว่า โดยทั่วไป ตัวประมาณ RLAV จะให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด และตัวประมาณ LS จะให้ค่า RMSE สูงที่สุด ยกเว้นในบางกรณี ได้แก่ กรณีระดับสัดส่วนการปลอมปนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 พบว่า ตัวประมาณ WRID จะให้ค่า RMSE สูงที่สุด

ภาคผนวก ฉ.

วิธีการซิมเพล็กซ์(Simplex Method)

ปัญหาของโปรแกรมเส้นตรง(Linear Programming) ไม่ได้จำกัดอยู่กับตัวแปรเพียง 2 ตัว หรือสมการข้อจำกัดเพียง 3 สมการ เราอาจขยายจำนวนตัวแปร และจำนวนสมการข้อจำกัดได้ตามลักษณะของปัญหาที่เป็นจริง ข้อกำหนดโดยทั่ว ๆ ไปนั้น อยู่ที่ขนาดและความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่จะใช้เพื่อการคำนวณเป็นสำคัญ สำหรับในทางคณิตศาสตร์นั้น ไม่ว่าปัญหาที่ต้องการหาคำตอบจะเป็นอย่างไร เราก็ต้องจัดรูปให้อยู่ในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบแน่นอนดังต่อไปนี้

สมมติให้มีตัวแปรจำนวน n ตัว และสมการข้อจำกัดจำนวน m สมการ เราจะสามารถเขียนรูปแบบมาตรฐานของโปรแกรมเส้นตรงในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

เป้าหมาย : $G = g'x \rightarrow$ MAX

ข้อจำกัด : $Ax \leq T$

หรือเขียนในรูปแบบของสมการคือ

สมการเป้าหมาย : $G = g_0 + g_1 x_1 + g_2 x_2 + \ldots + g_n x_n \rightarrow$ MAX

สมการข้อจำกัด :

$$\begin{aligned}
a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n &\leq T_1 \\
a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n &\leq T_2 \\
&\vdots \\
&\vdots \\
a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n &\leq T_m
\end{aligned}$$

และต้องไม่ลืมข้อจำกัดที่ว่า $x \geq 0$ (the nonnegativity constraint) คือตัวแปรทุกตัวมีค่าเป็นบวกนั่นเอง ปัญหาดังกล่าวจึงจัดอยู่ในรูปแบบของโปรแกรมเส้นตรงแบบมาตรฐาน ซึ่งเราจะได้ศึกษากันถึงวิธีการแก้ปัญหาในรายละเอียดต่อไป

ก่อนที่จะเริ่มต้นวิธีกาซิมเพล็กซ์นั้น มีปัญหาใหญ่ที่ต้องแก้อยู่ประการหนึ่งคือ ข้อจำกัดที่มีลักษณะเป็นอสมการนั้น จะต้องทำให้อยู่ในรูปของเครื่องหมาย = เสียก่อน วิธีการก็คือใช้ตัวแปรช่วย (slack variable) y บางคนเรียกว่าเป็นตัวแปรขาดก็หมายถึง ตัวแปรที่ใส่เข้าไปในสมการข้อจำกัดเพื่อให้สิ่งที่ขาดอยู่เต็มนั่นเอง เพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจ จะยกตัวอย่างดังต่อไปนี้

สมการเป้าหมาย : $G = 10x_1 + 15x_2 \rightarrow$ MAX

สมการข้อจำกัด :

(1) $3x_1 + x_2 \leq 15$

(2) $x_1 + 2x_2 \leq 10$

(3) $2x_1 \leq 9$

เมื่อใช้ตัวแปรช่วย (slack variable) y ปัญหาจะเป็นดังนี้

สมการเป้าหมาย : $G = 10x_1 + 15x_2 \rightarrow$ MAX

สมการข้อจำกัด :

(1) $3x_1 + x_2 + y_1 \leq 15$

(2) $x_1 + 2x_2 + y_2 \leq 10$

(3) $2x_1 + y_3 \leq 9$

และต้องไม่ลืมข้อจำกัดที่ว่า $y \geq 0$ เช่นเดียวกัน ในการคำนวณด้วยวิธีการซิมเพล็กซ์นั้น จะมีตัวแปรที่ต้องกำหนดค่าให้เป็นศูนย์ เราเรียกตัวแปรนี้ว่า " ไม่ใช่ตัวแปรฐาน " (nonbasis variables) และตัวแปรอื่น ๆ นอกไปจากนี้ เราเรียกว่า " ตัวแปรฐาน " (basis variables) ถ้าตัวแปรฐานทุกตัวไม่มีค่าติดลบ เราเรียกว่า " คำตอบที่เป็นไปได้เบื้องต้น " (basis feasible solution)

วิธีการซิมเพล็กซ์ เริ่มต้นด้วยการนำปัญหาที่จัดรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์แล้ว ไปสร้างตารางซิมเพล็กซ์ (Simplex Tableu) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

ตารางที่ 1

ตัวแปร	g	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	T
y_1	0	3	1	1	0	0	15
y_2	0	1	(2)	0	1	0	10
y_3	0	2	0	0	0	1	9
g_i	-	10	15	0	0	0	0
K_i	-	0	0	0	0	0	0
$(K_i - g_i)$	-	-10	-15	0	0	0	0

ตารางซิมเพล็กซ์มีส่วนสำคัญอยู่ 4 ส่วน ด้วยกันคือ ส่วนที่ 1 เป็นตัวแปร g ซึ่งแทนสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย ส่วนที่ 2 คือ ตัวแปรโครงสร้าง x ซึ่งจะประกอบด้วยสัมประสิทธิ์ของ x ในสมการข้อจำกัดทั้งหมดซึ่งเราตั้งชื่อให้ว่า เมทริกซ์A ส่วนที่ 3 คือ ตัวแปรช่วย y ซึ่งจะเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์(Identity Matrix) สอดคล้องกับวิธีการที่เราจะหาค่าอินเวอร์สของเมทริกซ์ A นั่นเอง และส่วนที่ 4 คือ ตัวแปรทางด้านขวามือของสมการข้อจำกัด คือ T ในตารางที่ 1 นี้ เรากำหนดให้ตัวแปรช่วยเป็นตัวแปรฐานเริ่มต้น

วิธีการคำนวณนั้น เริ่มด้วยการใส่ค่าของ g_i ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย โดยสัมประสิทธิ์ของตัวแปรช่วยในสมการเป้าหมายมีค่าเป็นศูนย์ จากนั้นคำนวณหาค่า K_i ดังนี้

K_1	=	3.0 + 1.0 + 2.0	=	0	(ของ x_1)
K_2	=	1.0 + 2.0 + 0.0	=	0	(ของ x_2)
$\vdots$					
$\vdots$					
K_T	=	15.0 + 10.0 + 9.0	=	0	(ของ T)

ซึ่งก็คือ เอาค่าของ g คูณกับ A แล้วบวกเข้าด้วยกันนั่นเอง จากนั้น จึงหาค่า $(K_i - g_i)$ เป็นอันเสร็จสิ้นตารางที่ 1

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 1 นี้ มีสิ่งที่จะต้องสังเกต 2 ประการ

1. ให้เลือกค่า $(K_i - g_i)$ ที่เป็นลบมากที่สุด ตามตัวอย่าง คือ -15 เป็น pivot column
2. ให้นำค่า T หารด้วยค่าของ A ใน pivot column เช่น 15/1 , 10/2 โดยเลือกเฉพาะ A ที่มากกว่าศูนย์ ให้เลือกค่าที่น้อยที่สุดคือ 10/2 เป็น pivot row

pivot column และ pivot row พบกันที่ใด จะทำให้เราได้ pivot number ซึ่งในที่นี้ คือ (2)

การแก้ปัญหาด้วยวิธีการซิมเพล็กซ์นั้น ใช้วิธีการทำซ้ำ(Iterative Step) ซึ่งเลียนแบบวิธีการของการอินเวอร์สเมทริกซ์ A โดยการทำ pivot number ให้มีค่าเป็นหนึ่งและตัวอื่น ๆ ของ A ในแถวตั้งนั้นมีค่าเป็นศูนย์ นั่นก็คือ เอา (2) หารตลอดแถวนอนของ y_2 จากนั้นทำค่า A ในแถวตั้ง x_2 และแถวนอน y_1 และ y_3 ให้เป็นศูนย์ เช่นกรณีของแถวนอน y_1 จะคำนวณได้ดังนี้

แถวนอน y_1 = 3-1(1/2), 1-1(2/2), 1-1(0/2), 0-1(1/2), 0-1(0/2), 15-1(10/2)

สำหรับแถวนอน y_3 ก็ทำด้วยวิธีการเดียวกัน เราจะได้ตารางที่ 2 ดังนี้คือ

ตารางที่ 2

ตัวแปร	g	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	T
y_1	0	(2.5)	0	1	-0.5	0	10
x_2	15	0.5	1	0	0.5	0	5
y_3	0	2	0	0	0	1	9
$(K_i - g_i)$	-	-2.5	0	0	7.5	0	75

สิ่งที่เปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัดในตารางที่ 2 นี้ก็คือ การนำ x_2 ซึ่งเป็น pivot column เข้าไปอยู่ในฐาน (basis) โดยไปแทน y_2 ซึ่งเป็น pivot row มีความหมายทางเศรษฐศาสตร์ว่า ถ้าเราเพิ่มการผลิต x_2 เป็นจำนวน 5 หน่วย จะทำให้กำไรซึ่งจากเดิมเป็นศูนย์นั้น เพิ่มขึ้นเป็น 75 ต่อวัน แต่กำไรรวมดังกล่าวนี้จะสูงที่สุดหรือไม่นั้น ให้ดูจากค่าของ $(K_i - g_i)$ ถ้าหากยังคงมีตัวใดตัวหนึ่งที่เป็นลบอยู่ ก็หมายถึงว่ายังจะสามารถเพิ่มกำไรรวมขึ้นได้อีก โดยการผลิตสินค้าดังกล่าวเพิ่มขึ้น เช่นในกรณีของตารางที่ 2 นี้ $(K_i - g_i)$ เป็นลบที่แถวตั้ง x_1 และจากการหา pivot row ด้วยวิธีเดิม จะเห็นว่า ถ้าเอา x_1 ไปแทน y_1 โดยผลิต x_1 เพิ่มขึ้น จะได้กำไรเพิ่มขึ้นด้วย pivot number คือ (2.5) จากการทำซ้ำเช่นเดียวกัน จะได้ตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3

ตัวแปร	g	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	T
x_1	10	1	0	0.4	-0.2	0	4
x_2	15	0	1	-0.2	0.6	0	3
y_3	0	0	0	-0.8	0.4	1	1
$(K_i - g_i)$	-	0	0	1	7.5	0	85

คำตอบที่ได้ในตารางที่ 3 นี้ก็คือ การผลิต x_1 ซึ่งจากเดิมเป็นศูนย์เพิ่มขึ้น 4 หน่วย ในขณะที่การผลิต x_2 ซึ่งจากเดิมเป็น 5 ลดลงเป็น 3 หน่วยนั้น จะทำให้กำไรเพิ่มขึ้นเป็น 85 ต่อวัน ในขณะที่ y_3 เหลืออยู่อีก 1 หน่วย จากการตรวจสอบปรากฏว่า $(K_i - g_i)$ ทุกตัวมีค่าเป็นบวก คำตอบที่ได้นี้จึงเป็นค่าที่สูงที่สุดหรือกำไรสูงที่สุด

วิธีคำนวณซิมเพล็กซ์แบบมาตรฐานที่แสดงมาแล้วนี้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนในแบบทั่ว ๆ ไปได้ดังนี้

1. หาค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าน้อยที่สุดในสมการเป้าหมาย หรือ $(K_i - g_i)$

ถ้า $(K_i - g_i) \geq 0$ แสดงว่าได้กำไรสูงสุดแล้ว

แต่ถ้า $(K_i - g_i) < 0$ กำหนดแถวตั้งที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการเป้าหมายที่น้อยที่สุด เป็น pivot column

2. หาข้อจำกัดที่แคบที่สุดบนแถวที่เป็น pivot column เพื่อกำหนดแถวนอน เรียก pivot row

คำนวณ T_j / a_{jK} สำหรับ $a_{jK} > 0$

เลือก $T_p / a_{pk} = \min(T_j / a_{jK}\ ,\ a_{jK} > 0)$

ให้ a_{pk} เป็น pivot number

3. คำนวณ $b_{pi} = a_{pi} / a_{pk}$ สำหรับทุกค่าของ i และคำนวณ $T_p = T_p / a_{pk}$

4. คำนวณ $b_{ji} = a_{ji} - a_{jk}.b_{pi}$

$$T_j^* = T_j - a_{jk}.T_p^*$$

$$(K_i - g_i)^* = (K_i - g_i) - (K_k - g_k)\ .\ b_{pi}$$

สำหรับทุกค่าของ i และ j ไม่เท่ากับ p

5. แทน $a_{ji} = b_{ji}$ สำหรับทุกค่าของ j และ i

$T_j = T_j^*$ สำหรับทุกค่าของ j

และ $(K_i - g_i) = (K_i - g_i)^*$ สำหรับทุกค่าของ i

6. ทำซ้ำตามข้อ 1.

ภาคผนวก ช.

การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ(Measures of Collinearity)

เนื่องจากเงื่อนไขข้อหนึ่งของการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ คือ ตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกัน การตรวจสอบเงื่อนไขนี้จะทำโดยการให้ตัวแปรอิสระตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรตาม ส่วนตัวแปรอิสระที่เหลือเป็นตัวแปรอิสระ กรณีที่มีตัวแปรอิสระ k ตัว และให้ X_i เป็นตัวแปรตาม สมการถดถอยจะเป็น

$$X_i \quad = \quad \beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_{i-1} X_{i-1} + \beta_{i+1} X_{i+1} + \cdots + \beta_k X_k + e$$

ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันจะให้รายละเอียดที่คล้ายคลึงกันต่อตัวแปรตาม จึงเป็นการยากที่จะแยกอิทธิพลของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

ผลลัพธ์จาก SPSS จะให้ค่าสถิติที่ใช้วัดความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ 4 ค่า คือ Tolerance , VIF , Eigenvalue และ Condition Index

1. **Tolerance ของตัวแปร** X_i คือ 1 - R_i^2

โดยที่ R_i = multiple correlation coefficient ของสมการความถดถอย

$$\hat{X}_i \quad = \quad a + b_1 X_1 + \cdots + b_{i-1} X_{i-1} + b_{i+1} X_{i+1} + \cdots + b_k X_k$$

หรือเป็นการพยากรณ์ค่า X_i โดยใช้ตัวแปรอิสระตัวอื่น ๆ อีก k - 1 ตัว

ถ้าค่า Tolerance ของตัวแปร X_i มีค่าต่ำ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_i มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ มาก เนื่องจาก Tolerance ของ X_i = 1 - R_i^2 ถ้า Tolerance มีค่าน้อย แสดงว่า R_i^2 มีค่ามาก และ R_i^2 คือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง X_i กับ $X's$ อื่น ๆ มีค่ามาก หรือ $X's$ อื่น ๆ สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ X_i ได้มาก นั่นคือ X_i มีความสัมพันธ์กับ $X's$ ตัวอื่น ๆ มากนั่นเอง หรือกล่าวได้ว่า ถ้าค่า Tolerance มีค่าใกล้ศูนย์ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_i มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ

($X_1,\cdots,X_{i-1},X_{i+1},X_k$) มาก นั่นคือ เกิด multicollinearity เป็นการขัดแย้งกับเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอย

1. VIF (Variance Inflation Factor)

VIF ของตัวแปรอิสระ X_i = VIF_i = $\dfrac{1}{1-R_i^2}$

ถ้า VIF_i มีค่ามาก แสดงว่า ตัวแปรอิสระ X_i มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่นๆ มาก

2. Eigenvalue

ผลบวกของค่า Eigenvalue จะต้องเท่ากับ k + 1 (k = จำนวนตัวแปรอิสระ)

ถ้าค่า Eigenvalue เข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าตัวแปรอิสระนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ

3. Condition Index

ถ้าค่า Condition Index มีค่ามาก เช่น มากกว่า 20 แสดงว่าตัวแปรอิสระนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ อย่างมาก

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปัทมวดี นันทนาเนตร์ เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541