บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

ประชุม สุวัตถี. ทฤษฎีการอนุมานเชิงสถิติ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2527.

มนตรี พิริยะกุล. เทคนิคการวิเคราะห์สมการถดถอย เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหา-นคร: บริษัทรุ่งศิลป์การพิมพ์, 2529.

มนตรี พิริยะกุล. เทคนิคการวิเคราะห์สมการถดถอย เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหา-มหานคร: โรงพิมพ์สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2529.

สุชาดา กีรนันท์. การอนุมานเชิงสถิติ : ทฤษฎีขั้นต้น. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

เอกสารอื่น ๆ

จีรพร วีระพันธุ์. "การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการนอนพาราเมตริกสำหรับการประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

สมชัย ยืนนาน. "การศึกษาโดยวิธีมอนติคาร์โล เปรียบเทียบการทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนระหว่างประชากร 2 กลุ่ม." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

ภาษาต่างประเทศ

หนังสือ

Graybill, F.A. Theory and Application of the Linear Model. Massachnsette: Wadsworth Publishing Company, 1976.

Irwin Guttman. Linear Models : An Introduction. New York: John Wiley & Sons Inc, 1982.

J.H. Maindonald. Statistical Computation. New York: John Wiley & Sons Inc, 1984.

Shanon, Robert E. System Simulation. New York: Prentice - Hall, 1975.

Steven F. Arnold. The Theory of Linear Models and Multivariate Analysis. New York: John Wiley & Sons, 1981.

Thomas H. Wonnacott and Ronald J. Wonnacott. Regression a Second Course in Statistics. New York: John Wiley & Sons, 1981.

William J. Rennedy, Ir. and James E. Gentle. Statistical Computing. New York and Basel, 1980.

บทความในวารสาร

Bickel, P.J., and Freedman,D.A. "Some Asymptotic Theory for the Bootstrap." The Annals of Statistics 9 (March 1981): 1196-1217.

Beran, R. "Estimated Sampling Distributions : The Bootstrap and Competitions." The Annals of Statistics 10 (September 1981): 212-225.

Freedman, D.A. "Bootstrapping Regression Models." The Annals of Statistics 9 (April 1981): 1218-1228.

Freedman, D.A., and Peters, S.C. "Bootstrapping a Regression Equation : Some Empirical Results." Journal of the American Statistical Association 79 (March 1984): 97-106.

Freedman, D.A., and Peters, S.C. "Bootstrapping and Econometric Model : Some Empirical Results." Journal of Business & Economic Ststistics 2 (April 1984): 150-158.

Efron, B. "Bootstrap Methods : Another look at the Jackknife." The Annals of statistics 7 (January 1979): 1-26.

Efron, B. "Nonparametric Estimates of Standard Error : The Jackknife, the Bootstrap and other Methods." Biometrika 68 (January 1981) : 589-99.

Efron, B. "Censored Data and the Bootstrap." Journal of the American Statistical Association 76 (June 1981): 312-319.

Efron, B. and Tibshirani, R. "Bootstrap Methods for Standard Errors, Confidence Intervals, and Other Measures of Statistical Accuracy." Statistical Science 1 (January 1986: 54-77.

Singh, K. "On the Asymtotic Accuracy of Efron's Bootstrap." The Annals of Statistics 9 (February 1981): 1187-1195.

Stine, A.R. "Bootstrap Prediction Intervals for Regression." Journal of the American Statistical Association 80 (December 1985): 1026-1030.

<u>เอกสารอื่น ๆ</u>

Bickel, P.J., and Freedman,D.A. "Bootstrapping Regression Models With Many Parameters." In A Festschrift for Erich Lehmann, 28-48. P. Bickel,K.Doksum and J.L.Hodges,Belmont, Ca: Wadsworth,1983.

Efron,B. "The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans." CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, Monograph 38, Philadelphia: Society for Industrial and Applie· Mathematics, 1982.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การสร้างตัวเลขสุ่ม (Random Number)

ในการสร้างลักษณะการแจกแจงแบบต่าง ๆ นั้น จะต้องใช้ตัวเลขสุ่มเป็นพื้นฐานในการสร้าง สำหรับวิธีการสร้างตัวเลขสุ่มมีมีอยู่หลายวิธี การวิจัยในครั้งนี้ใช้ฟังก์ชั่น RAN ที่มีอยู่แล้วในเครื่อง VAX-11/750 เป็นตัวสร้างเลขสุ่ม โดยที่

YFL = RAN (IX)

เมื่อ YFL เป็นเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง [0,1]

IX เป็นตัวสร้างเลขสุ่มตัวแรก ซึ่งจะต้องเป็นจำนวนเต็มบวกที่เป็นเลขคี่ และ IX นี้จะเป็นค่าเริ่มต้นที่จะนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อสร้างเลขสุ่มตัวต่อ ๆ ไป

การสร้างการแจกแจงแบบปกติ

การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนด จะใช้โปรแกรมย่อย NORMAL[1] ซึ่งจะพิจารณาจากสูตร

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{k} RD_i - \frac{k}{2}}{\frac{k}{12}}$$

---

[1] System/360 Scientific Subroutine Package (360A-CM-03X) Version III p.77-78.

โดย X เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และค่าความแปรปรวน 1

RD_i เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอจากโปรแกรมย่อย RAN

K เป็นจำนวนค่าของ RD_i ที่จะถูกนำมาใช้

โดยปกติแล้ว ตัวเลขสุ่ม X จะมีค่าเข้าใกล้เลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่แท้จริงนั้น เมื่อค่าของ k เข้าใกล้ค่าอนันต์ (infinity) สำหรับโปรแกรมที่ใช้สร้างเลขสุ่มนี้จะเลือก k เป็น 12 เพื่อลดเวลาการคำนวณในเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจากสูตรข้างต้นจะได้สูตรใหม่ ดังนี้

$$X = \sum_{i=1}^{12} RD_i - 6.0$$

และเพื่อให้ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาแจกแจงเข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติโดยที่มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนด ดังนั้นตัวแปรสุ่มดังกล่าวจะเป็น

$$X' = X \times S + AM$$

โดยที่ S เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนด

AM เป็นค่าเฉลี่ยตามที่กำหนด

ดังนั้นโปรแกรมย่อย ซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบปกติ แสดงได้ดังนี้

```
      SUBROUTINE NORMAL (DMEAN, SIGMA.X)
      A  =  0.
      DO 50 I = 1,12
      YFL = RAN(IX)
      A = A+YFL
50    CONTINUE
      X =  (A-6)*SIGMA+DMEAN
      RETURN
      END
```

การสร้างการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [A,B]

การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม เป็นการแจกแจงซึ่งมีฟังก์ชันความน่าจะเป็น เป็นดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \quad , \quad a \leq x \leq b$$

การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [A,B] ใช้วิธี Inverse Transformation ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$F(x) = \int_a^x f(x)\,dx$$

$$= \int_a^x \frac{1}{b-a}\,dx$$

$$= \frac{1}{b-a}\, x \Big|_a^x$$

$$= \frac{x-a}{b-a}$$

$$x = a + (b-a)\,F(x)$$

เนื่องจาก F(x) มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [0,1] (Gibbon 1971:23) ดังนั้น F(x) ก็คือค่า YFL จากฟังก์ชั่น RAN ซึ่งฟังก์ชั่น RAN นี้ใช้สร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [0,1] ดังนั้นโปรแกรมย่อยซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [a,b] แสดงได้ดังนี้

```
SUBROUTINE UNIFRM (A,B,X)
YFL = RAN(IX)
X = A+(B-A) * YFL
RETURN
END
```

<u>การสร้างการแจกแจงแบบโลจิสติค</u>

การแจกแจงแบบโลจิสติค เป็นการแจกแจงซึ่งมีฟังก์ชันความน่าจะเป็น เป็นดังนี้

$$f(x) = \frac{e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}}{\beta\left\{1+e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}\right\}^2} \qquad , -\infty < x < +\infty$$

$$\alpha, \beta > 0$$

การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบโลจิสติค ใช้วิธี Inverse Transformation ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}}{\beta\left\{1+e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}\right\}^2} \, dx$$

$$= \int_{-\infty}^{x} \frac{e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}}{\left\{1+e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}\right\}^2} \, d\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)$$

$$= \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\left\{1+e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}\right\}^2} \, d\left\{1+e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}\right\}$$

$$= \left.\frac{1}{1+e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}}\right|_{-\infty}^{x}$$

$$= \frac{1}{1+e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}}$$

$$e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)} = \frac{1 - F(x)}{F(x)}$$

$$-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right) = \ln\left\{\frac{1 - F(x)}{F(x)}\right\}$$

$$x = \alpha + \beta\,[\,\ln(F(x)) - \ln(1-F(x))\,]$$

หรือ $x = \alpha + \beta\,[\,\ln(YFL) - \ln(1-YFL)\,]$ เมื่อ YFL มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [0,1]

ดังนั้นโปรแกรมย่อยซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบโลจิสติคแสดงได้ดังนี้

```
SUBROUTINE LOGIST (ALPHA, BETA, X)
YFL = RAN(IX)
S = ALOG(YFL) - ALOG(1.YFL)
X = ALPHA + S*BETA
RETURN
END
```

<u>การสร้างการแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล</u>

การแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล เป็นการแจกแจงซึ่งมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นเป็นดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{2\beta}\, e^{-\left|\frac{x-\alpha}{\beta}\right|} \qquad -\infty < x < \infty$$

$$-\infty < \alpha < \infty\,,\ \beta > 0$$

ถ้า $\alpha = 0$

$$f(x) = \frac{1}{2\beta} e^{-\left|\frac{x}{\beta}\right|} \qquad -\infty < x < \infty$$

$$\beta > 0$$

การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล เมื่อ $\alpha = 0$ ใช้วิธี Inverse Transformation ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$F(x) = \int_{-\infty}^{0} f(x)dx + \int_{0}^{x} f(x)dx$$

ซึ่ง $f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2\beta} e^{x/\beta} & \text{เมื่อ } x < 0 \\ \frac{1}{2\beta} e^{x/\beta} + \frac{1}{2\beta} e^{-x/\beta} & \text{เมื่อ } x \geqslant 0 \end{cases}$

<u>พิจารณา</u> เมื่อ $x < 0$

$$f(x) = \frac{1}{2\beta} e^{x/\beta}$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^{0} \frac{1}{2\beta} e^{x/\beta}\, dx$$

$$= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{x} e^{x/\beta}\, d\left(\frac{x}{\beta}\right)$$

$$= \frac{1}{2} e^{x/\beta}$$

$$2F(x) = e^{x/\beta}$$

$$\frac{x}{\beta} = \ln [\, 2F(x)\,]$$

$$x = \beta [\, \ln 2 + \ln(F(x))\,]$$

<u>พิจารณา</u> เมื่อ $x \geqslant 0$

$$f(x) = \frac{1}{2\beta} e^{x/\beta} + \frac{1}{2\beta} e^{-x/\beta}$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^{0} \frac{1}{2\beta} e^{x/\beta}\, dx + \int_{0}^{x} \frac{1}{2\beta} e^{-x/\beta}\, dx$$

$$= \frac{1}{2} \{\int_{-\infty}^{0} e^{\frac{x}{\beta}}\, d(\frac{x}{\beta}) + \int_{0}^{x} e^{-\frac{x}{\beta}}\, d(\frac{x}{\beta})\}$$

$$= \frac{1}{2} \{ e^{\frac{x}{\beta}} \Big|_{-\infty}^{0} - e^{-\frac{x}{\beta}} \Big|_{0}^{x} \}$$

$$= \frac{1}{2} \{e^{0} - e^{-\infty} - e^{-\frac{x}{\beta}} + e^{0}\}$$

$$= \frac{1}{2} \{2 - e^{-\frac{x}{\beta}}\}$$

$$e^{-\frac{x}{\beta}} = 2[1-F(x)]$$

$$-\frac{x}{\beta} = \ln 2 + \ln [1-F(x)]$$

$$x = -\beta [\ln 2 + \ln (1-F(x))]$$

หรือ $x = -\beta [\ln 2 + \ln(1-YFL)]$

ดังนั้นโปรแกรมย่อยซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล แสดงได้ดังนี้

```
      SUBROUTINE DOUBLE (ALPHA, BETA, X)
      YFL = RAN(IX)
      IF (YFL - 0.5) 10 , 10 , 11
10    X = BETA * [ALOG (2.) + ALOG (YFL)]
      GOTO 15
11    Y = ALOG (2.) + ALOG (1. - YFL)
      X = -1. * BETA * y
15    RETURN
      END
```

<u>การสร้างการแจกแจงแบบปกติปลอมปน</u>

การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติปลอมปนที่มีค่าและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนด จะใช้วิธีที่แรมเซย์ (Ramsay 1977) เสนอไว้ โดยพิจารณาการแจกแจงซึ่งแปลงมาจากการแจกแจงปกติ ซึ่งมีฟังก์ชันการแปลงเป็นดังนี้

$$F = (1-p)\, N(\mu , \sigma^2) + pN(\mu , c^2 \sigma^2)$$

หมายความว่าค่า x จะมาจากการแจกแจง $N(\mu , \sigma^2)$ ด้วยความน่าจะเป็น 1-p และจากการแจกแจง $N(\mu , c^2 \sigma^2)$ ด้วยความน่าจะเป็น p โดยที่

μ และ σ^2 เป็นค่ากำหนดค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของ ε_i

p และ c เป็นค่ากำหนดสัดส่วนการปลอมปน และสเกลแฟคเตอร์

ดังนั้นโปรแกรมย่อย ซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบปกติปลอมปน แสดงได้ดังนี้

```
      SUBROUTINE SCNRML (C,P,DMEAN,SIGMA,X)
      CSIGMA =  C*SIGMA
      YFL = RAN(IX)
      IF(YFL-P)10,10,11
10    CALL NORMAL (DMEAN, CSIGMA,X)
      GOTO 15
11    CALL NORMAL(DMEAN,SIGMA,X)
15    RETURN
      END
```

<u>การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน</u> (Sampling with replacement)

เป็นการสุ่มตัวอย่างที่ยอมให้มีหน่วยตัวอย่างซ้ำกันได้ นั่นก็คือแต่ละหน่วยตัวอย่างมีโอกาส (probability) ในการถูกสุ่มเท่ากัน = $\frac{1}{N}$ เมื่อ N เป็นขนาดของประชากร การวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนโดยใช้ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอที่มีค่าอยู่ในช่วง [0,1] เป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นสะสม(Cumulative Probability) เพื่อกำหนดหน่วยตัวอย่างตามจำนวนที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนพอจะสรุปได้ดังนี้

1. คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของแต่ละหน่วยตัวอย่าง = $\frac{1}{N}$
2. หาค่าความน่าจะเป็นสะสมแล้วจัดช่วง
3. สร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง [0,1]
4. นำตัวเลขสุ่มในข้อ 3 มาเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นสะสม ถ้าตกอยู่ในช่วงใดหน่วยนั้น ๆ จะถูกเลือกมาเป็นตัวอย่าง
5. กระทำตามขั้นตอนในข้อ 3-4 n ครั้ง เมื่อ n คือขนาดตัวอย่างที่ต้องการ

<u>ตัวอย่าง</u> การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน

เมื่อ N = 10

n = 3

- คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของแต่ละหน่วยตัวอย่างได้ = $\frac{1}{10}$ = 0.10

ดังนั้นสามารถนำสร้างตารางได้ดังนี้

หน่วยตัวอย่าง	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงความน่าจะเป็นสะสม
1	0.10	0.10	0.01-0.10
2	0.10	0.20	0.11-0.20
3	0.10	0.30	0.21-0.30
4	0.10	0.40	0.31-0.40
5	0.10	0.50	0.41-0.50
6	0.10	0.60	0.51-0.60
7	0.10	0.70	0.61-0.70
8	0.10	0.80	0.71-0.80
9	0.10	0.90	0.81-0.90
10	0.10	1.00	0.91-1.00

สมมติเลขสุ่มตัวที่ 1 มีค่า = 0.18 หน่วยที่ 2 จะถูกเลือกมาเป็นตัวอย่าง

ตัวที่ 2 มีค่า = 0.55 หน่วยที่ 6 จะถูกเลือกมาเป็นตัวอย่าง

ตัวที่ 3 มีค่า = 0.12 หน่วยที่ 2 จะถูกเลือกมาเป็นตัวอย่าง

จะเห็นได้ว่าแต่ละหน่วยตัวอย่างมีโอกาสถูกเลือกมากกว่า 1 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นกับค่าของตัวเลขว่าจะตกอยู่ในช่วงใดของค่าความน่าจะเป็นสะสม

ดังนั้นโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน แสดงได้ดังนี้

```
      SUBROUTINE WR(x)
      DO 30 J = 1,n
      YFL = RAN(IX)
      DO 10 I = 1,N
      IF ((YFL .GT. PP (I-1).AND.(YFL .LE. PP(I)) THEN
          X(J) = POP(I)
          GOTO 30
      END IF
10    END DO
30    END DO
```

เมื่อ n เป็นขนาดของตัวอย่าง

N เป็นขนาดของประชากร

PP เป็นค่าความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability)

X เป็นค่าของตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มแบบใส่คืน ซึ่ง X แต่ละตัวอาจมีค่าซ้ำกันได้ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ X คือค่า ε^* ที่ได้จากการสุ่ม $\hat{\varepsilon}_i$; $i = 1,2,\ldots,N$ เมื่อ $\hat{\varepsilon}_i = y_i - \hat{y}_i$ แล้วนำค่า ε^* ไปใช้ในสมการ $Y^* = X\hat{\beta} + \varepsilon^*$ เพื่อคำนวณหาค่า $\hat{\beta}^* = (X'X)^{-1} X'Y^*$ และ $\bar{\hat{\beta}}^*$ ต่อไป

ภาคผนวก ข

โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

```
C*****************************************************
C********** BOOTSTRAPPING REGRESSION MODEL * ************
C**********   BY MALEE TRAKARNSIRINONT    ***************
C**********     STUDENT CODE B 822162    ****************
C*****************************************************
C       MAIN PROGRAM
C ***** DEFINE REAL NUMBER
C
        REAL*8   A(10,10),S(12,12),B(10),X(11,100),XBAR(11),
        1Y(100),E(100),YHAT(100),YRES(100),YRESS(100),E1(100),
        1B1(10),SUMB(10),BBAR(10),BG(10),SUMBDBSQU(10),MSE_B(10),
        1SUMBDOSQU(10),MSE_O(10),PP(100),REL,RELE(10),
        1SUMB_O,SUMB_OSQ,SUMB_B,SUMB_BSQ,SUMB_G,MSE_LO,MSE_LB
        REAL*4   XBAR1(10),SG(10)
C ***** DEFINE LOGICAL
        LOGICAL FLAG
C
C****** DEFINE COMMON
C
```

```
      COMMON  /REGRS/A,S
     1         /COEFF/B,
     1         /CONTA/P,C,/INTERV/XBAR1,SG,/SKEWED/ALPHA,BETA,
     1        /UNIF/U1,U2,/DIST/II,
     1         /DATAXY/X,/SEED/IX,/PROB/PP,
     1         /VARIAB/N,M,M2,NB,
     1         /DATAY/Y,
     1         /ERR/E,YHAT,YRES,YRESS,E1,
     1        /SET/ISAMP_NO,
     1        /INVERSE_XTX/FLAG
      OPEN(UNIT=6,FILE='OUT.DAT',STATUS='NEW',RECL=150)
      PRINT *,' INPUT DATA'
      PRINT *,' WHEN DISTRIBUTION IS II:'
      PRINT *,'       II = 1  - NORMAL'
      PRINT *,'          = 2  - UNIFORM'
      PRINT *,'          = 3  - LOGISTIC'
      PRINT *,'          = 4  - DOUBLE EXPONENTIAL'
      PRINT *,'          = 5  - CONTAMINATED NORMAL'
      PRINT 1000
1000  FORMAT('$ INPUT DIST_NO :  ')
      ACCEPT *,II
      PRINT 4000
4000     FORMAT('$ INPUT SAMPLING NO. : ')
5      ACCEPT *,ISAMP_NO
```

```
      IF (ISAMP_NO .EQ. 1 ) THEN
          N = 50    ! no. of observation
          M =  5    ! no. of indp.
      ELSE IF (ISAMP_NO .EQ. 2) THEN
          N = 10
          M =  4
      ELSE IF (ISAMP_NO .EQ. 3) THEN
          N =  5
          M =  3
      ELSE
          GOTO 5
      END IF
      IX  = 973253    ! seed no.
      NB  = 100       ! no. of bootstrap sampling
      KK1 = 200       ! no. of repeat simulation
      CALL INIT
      DO 70 I=1,M
      SUMB_G =SUMB_G + B(I) ! find linear fuction of beta generated
      BG(I)  = B(I)         ! beta which generated
      SUMBDBSQU(I) = 0.0    ! clear value for find mse of each method
      SUMBDOSQU(I) = 0.0
70    END DO
      FLAG = .TRUE.         ! for find x'x ,(x'x)-1
      DO 100 KK=1,KK1
      SUMB_O = 0.0          ! clear value of sum of beta in OLS
```

```
        SUMB_B = 0.0          ! clear value of sum of beta in BOOTSTRAP
        DO 80 I=1,N
        PP(I)=FLOATJ(I)/FLOATJ(N)  ! calculate prob. of SRS
80      END DO
        DO 85 I=1,M
        B(I) = BG(I)
85      END DO
        CALL DATA
        CALL OLS
        CALL YRESID
        DO 66 J=1,N
        YRESS(J) = YRES(J)       ! save error hat for sampling W/R
66      END DO
        DO 17 I=1,M
        SUMBDOSQU(I)=SUMBDOSQU(I)+(B(I)-BG(I))**2 ! for find MSE of OLS
17      END DO
C ***** START BOOSTRAP ESTIMATOR ***********************
C
        DO 10 I=1,M
        SUMB_O = SUMB_O + B(I) ! linear fuction of beta from OLS
        B1(I)= B(I)
        SUMB(I)= 0.0
10        END DO
C ** SUM SQUARE OF DIFF. BETWEEN LINEAR FUNTION OF BETA IN OLS AND
C ** GENERATED
```

```
        SUMB_OSQ = SUMB_OSQ + (SUMB_O - SUMB_G)**2
        DO 170 J=1,NB
        CALL RANERR(B1,X)
        CALL OLS
        DO 180 I=1,M
        SUMB(I)=SUMB(I)+B(I)
180     END DO
170     END DO
C *************************************************************
C **** FIND MEAN & COVARIANCE MATRIX OF BOOSTRAP PARAMETER ****
        DO 200 I=1,M
        BBAR(I)= SUMB(I)/NB
        SUMB_B = SUMB_B +BBAR(I) !linear fuction of beta from BOOTSTRAP
200     END DO
        SUMB_BSQ = SUMB_BSQ + (SUMB_B - SUMB_G)**2
        DO 300 I=1,M
        SUMBDBSQU(I)=SUMBDBSQU(I)+(BBAR(I)-BG(I))**2
C **    for find MSE of BOOTSTRAP
300     END DO
100     END DO
C  PRINT MSE OF LINEAR FUNCTION OF PARAMETER IN EACH METHOD
        MSE_LO  = SUMB_OSQ/KK1
        MSE_LB  = SUMB_BSQ/KK1
        REL     = MSE_LO/MSE_LB   ! relative efficiency of linear function
        WRITE(6,415)MSE_LO
```

```
415      FORMAT(//,' MSE OF LINEAR FUNCTION OF PARAMETER IN OLS = ',
         1 F15.6)
         WRITE(6,425)MSE_LB
425      FORMAT(//,' MSE OF LINEAR FUNCTION OF PARAMETER IN BOOSTRAP = ',
         1F15.6)
         WRITE(6,435)REL
435      FORMAT(//,' R. E. OF LINEAR FUNCTION BETWEEN OLS AND
         1 BOOTSTRAP = ',F7.5)
C  PRINT MSE OF EACH PARAMETER IN EACH METHOD
         WRITE(6,115)
115      FORMAT(//,' MSE OF ESTIMATOR IN OLS')
         DO 120 I=1,M
         MSE_O(I) =SUMBDOSQU(I)/KK1
         WRITE(6,130)I,MSE_O(I)
130      FORMAT(' MSE OF B(',I1,') =  ',F15.6)
120      END DO
         WRITE(6,125)
125      FORMAT(//,' MSE OF ESTIMATOR IN BOOSTRAP')
         DO 150 I=1,M
         MSE_B(I) =SUMBDBSQU(I)/KK1
         WRITE(6,130)I,MSE_B(I)
150      END DO
C  RELATIVE EFFICIENCY OF ESTIMATOR BETWEEN  OLS & BOOTSTRAP
         WRITE(6,450)
450      FORMAT(/,' R. E. OF ESTIMATOR BETWEEN OLS AND BOOTSTRAP',/)
```

```
      DO 460 I=1,M
      RELE(I)     = MSE_O(I)/MSE_B(I)
      WRITE(6,470)I,RELE(I)
460   END DO
470   FORMAT(' R. E. OF B(',I1,') =  ',F7.5)
      STOP
      END
C *********************************************** *
C **** SUBROUTINE READ DATA IN EACH DISTRIBUTION  **
C N       NUMBER OF OBSERVATION
C M       NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES
C M2      TOTAL NUMBER OF VARIABLE(INDEPENDENT + DEPENDENT)
C M2      = M + 1
C NB      NO. OF BOOTSTRAP SAMPLING
C SAMP_NO SAMPLING NO.(FOR THIS STUDY HAS 3 SET
C B       VECTOR OF PARAMETER WHICH GENERATED
C X       OBSERVED MATRIX SIZE M x N .OR. M2 x N
C XBAR1   VECTOR OF MEAN (ERROR)
C SG      VECTOR OF STANDARD ERROR
C U1 & U2 PARAMETER OF UNIFORM DIST.
C ALPHA & BETA :PARAMETER OF DOUBLE EXPONENTIAL DIST.
C                         AND LOGISTIC DIST.
C P       PERCENTAGE OF CONTAMINATED
C C       SCALE FACTOR
C ************************************************
```

```
      SUBROUTINE INIT
      REAL*8  B(10),X(11,100)
      REAL*4 XBAR1(10),SG(10)
      CHARACTER*25 DISTII(5),SAMP_NO
      DATA DISTII/' - NORMAL',' - UNIFORM',' - LOGISTIC'
      1,' - DOUBLE EXPONENTIAL',' - CONTAMINATED NORMAL'/
      COMMON /SEED/ IX, /DATAXY/X,
      1         /COEFF/B,/DIST/II,
      1         /CONTA/ P,C, /INTERV/XBAR1,SG,/SKEWED/ ALPHA,BETA,
      1         /UNIF/U1,U2,
      1         /VARIAB/N,M,M2,NB,
      1         /SET/ISAMP_NO
      WRITE(6,10)II,DISTII(II)
10    FORMAT(' NO. OF DISTRIBUTION   : ',I1,A)
      WRITE(6,12)N,M,NB,ISAMP_NO
12    FORMAT(' NO. OF OBSERVATION(N)              =  ',I3,/
      1' NO. OF INDEPENDENT(M)               =  ',I3,/
      1' NO. OF REPEATED SAMPLING(NB)        =  ',I3,/
      1' SAMPLING NO.                        =  ',I3)
      OPEN(UNIT=1,FILE='INPUT.DAT',STATUS='OLD')
      M2 = M+1
      WRITE(6,22)
      DO 15 I=1,M
      READ(1,20,ERR=99)XBAR1(I),SG(I)
      WRITE(6,24)I+1,XBAR1(I),SG(I)
```

```
15      END DO
20      FORMAT(F7.3,1X,F7.3)
22      FORMAT(' MEAN AND S.D. OF X(2) TO X(M) & OF ERROR ')
24      FORMAT('X ',I2.0,2(5X,F7.3))
        WRITE(6,26)
        DO 25 I=1,M
        READ(1,30,ERR=99)B(I)
        WRITE(6,28)I,B(I)
25      END DO
26      FORMAT(' VALUE OF BETA(1) TO BETA(M) WHICH GENERATED')
30      FORMAT(F7.3)
28      FORMAT(' BETA ',I2.0,5X,F7.3)
        GOTO (500,200,300,300,400)II
200     PRINT 250
250     FORMAT('$ INPUT U1  =  ')
        ACCEPT *,U1
        PRINT 260
260     FORMAT('$ INPUT U2  =  ')
        ACCEPT *,U2
        WRITE(6,270)U1,U2
270     FORMAT(' U1 U2 IS :  ',2F7.3)
        GOTO 500
300     PRINT 350
350     FORMAT('$ INPUT ALPHA  =  ')
        ACCEPT *,ALPHA
```

```
      PRINT 360
360   FORMAT('$ INPUT BETA   =  ')
      ACCEPT *,BETA
      WRITE(6,370)ALPHA,BETA
370   FORMAT(' ALPHA BETA IS :   ',2F7.3)
      GOTO 500
400   PRINT 450
450   FORMAT('$ INPUT C(SCALE)   =  ')
      ACCEPT *,C
      PRINT 460
460   FORMAT('$ INPUT P(ERCENT)  =  ')
      ACCEPT *,P
      WRITE(6,470)C,P
470   FORMAT(' C  AND  P IS : ',2F5.2)
C      GOTO 500
C *********************************************************************
C      **** GENERATE INDEPENDENT VARIABLES BY NORMAL RANDOM VARIABLES
C
500   DO 90 J=1,N
      X(1,J)= 1.0
90    END DO
      DO 110 I=2,M
      DMEAN = XBAR1(I-1)
      SIGMA = SG(I-1)
      DO 110 J=1,N
```

```
      CALL NORMAL(DMEAN,SIGMA,X(I,J))
110   END DO
      GOTO 1000
99    TYPE *,'READ FROM INPUT DATA ERROR'
      STOP
1000  RETURN
      END
C CREATE FILE OF DATA
C SUBROUTINE RAND ,FUNCTION NORMAL,LOGNOR,TDIST,GAMMA,WEIBUL NEEDED
C X        OBSEVED MATRIX(M,N)
C M        TOTAL NUMBER OF VARIABLES
C N        TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS ON EACH VARIABLE
C NB        NO. OF TIME IN BOOSTRAP
C B        VECTOR OF SLOPE
C XBAR        VECTOR OF MEAN
C SG        VECTOR OF STANDARD DIVATION
C ALPHA & BETA PARAMETER OF GAMMA WEIBULL
C P     PERCENTAGE OF CONTAMINATE
C C        SCALE FACTOR
      SUBROUTINE DATA
      REAL*8  B(10),X(11,100),Y(100),E(100),SUM
      REAL*4  XBAR1(10),SG(10)
      COMMON /COEFF/ B,/SEED/IX,/DIST/I1,
      1/CONTA/ P,C,/INTERV/XBAR1,SG,/SKEWED/ ALPHA,BETA,
      1/UNIF/U1,U2,
```

```
      1/DATAXY/X,/DATAY/Y,/VARIAB/N,M,M2,NB
C ****      GENERATE VECTOR ERROR WITH THESE DISTRIBUTIONS
C ****      SELECT II: DISTRIBUTION
C **** MEAN & S.D. OF ERROR DISTRIBUTION
      GOTO(5,10,15,20,25),II
C ...........................................
C ****      NORMAL DISTRIBUTION
C ...........................................
5     DMEAN=XBAR1(M)
      SIGMA=SG(M)
      DO 27 J=1,N
      CALL NORMAL(DMEAN,SIGMA,E(J))
27    END DO
      GO TO 60
C ...........................................
C ****      UNIFORM DISTRIBUTION
C ...........................................
10    DO 7 J=1,N
      CALL UNIFRM (U1,U2,E(J))
7     END DO
      GO TO 60
C ...........................................
C ****      LOGISTIC DISTRIBUTION
C ...........................................
15    DO 12 J=1,N
```

```
      CALL LOGIST(ALPHA,BETA,E(J))
12    END DO
      GO TO 60
C ..........................................
C ....        DOUBLE EXPONENTIAL
C ..........................................
20    DO 17 J=1,N
      CALL DOUBLE (ALPHA,BETA,E(J))
17    END DO
      GO TO 60
C ..........................................
C ....        SCALE CONTAMINATED NORMAL
C ..........................................
25    DMEAN=XBAR1(M)
      SIGMA=SG(M)
      DO 22 J=1,N
      CALL SCNRML (C,P,DMEAN,SIGMA,E(J))
22    END DO
C ............................................................
C ....        CREATE DEPENDENT VARIABLE BY LINEAR EQUATION : Y=XB+U
C ....         Y(J)=X(M2,J)=X(I,J)*B(I) + E(J)  ;I=1,M J=1,N
C ............................................................
60    DO 80 J=1,N
      SUM=0.
      DO 70 I=1,M
```

```
      SUM = SUM + B(I)*X(I,J)
70    END DO
      X(M2,J)=SUM+E(J)
      X(1,J)=1.0
80    END DO
C ..................................................
C ....        SET Y(J)=X(M2,J)
110   DO 115 J=1,N
      Y(J)  =  X(M2,J)
115   END DO
120   RETURN
      END
C .............................................
C ..... SUBROUTINE UNIFORM ......................
C .............................................
      SUBROUTINE UNIFRM(U1,U2,Z)
      COMMON/SEED/IX
      YFL=RAN(IX)
      Z  =U1+(U2-U1)*YFL
      RETURN
      END
C .............................................
C ..... SUBROUTINE LOGISTIC .....................
C .............................................
```

```
      SUBROUTINE LOGIST(ALPHA,BETA,Z)
      COMMON/SEED/IX
      YFL=RAN(IX)
      S  =ALOG(YFL)-ALOG(1.-YFL)
      Z  =ALPHA+S*BETA
      RETURN
      END
C *****************************************************
C ***** SUBROUTINE DOUBLE EXPONENTIAL *****************
C *****************************************************
      SUBROUTINE DOUBLE(ALPHA,BETA,Z)
      COMMON/SEED/IX
      YFL=RAN(IX)
      IF (YFL-0.5) 10,10,15
10    Z  =BETA*(ALOG(2.)+ALOG(YFL))
      GOTO 20
15    S  =ALOG(2.)+ALOG(1.-YFL)
      Z  =-1.*BETA*S
20    RETURN
      END
C *****************************************************
C ***** SUBROUTINE SCALE CONTAMINATED NORMAL *****
C *****************************************************
      SUBROUTINE SCNRML (C,P,DMEAN,SIGMA,Z)
      COMMON/SEED/IX
```

```
      CSIGMA=C*SIGMA
      YFL=RAN(IX)
      IF (YFL-P)10,10,11
10    CALL NORMAL(DMEAN,CSIGMA,Z)
      GOTO 15
11    CALL NORMAL(DMEAN,SIGMA,Z)
15    RETURN
      END
C *******************************************
C ***** SUBROUTINE NORMAL ********************
C *******************************************
      SUBROUTINE NORMAL(DMEAN,SIGMA,X)
      COMMON/SEED/IX
      A   = 0.0
      DO 50 I=1,12
      YFL = RAN(IX)
      A   = A + YFL
50    END DO
      X   = (A-6.)*SIGMA+DMEAN
      RETURN
      END
C **********************************************
C *************** SUBROUTINE ********************
C FIND BOOTSTRAP SAMPLING (RANDOM ERROR )THAT IS E*(I)*
C     E*(I) SAMPLING WITH REPLACEMENT
```

```
C          THEN FIND YI*=XB(I)+E*(I)
C**************************************************
        SUBROUTINE  RANERR(B1,X)
        REAL*8 E(100),E1(100),YHAT(100),YRES(100),SUM1,B1(10),X(11,100),
        1YRESS(100),PP(100),YFL
        COMMON /ERR/E,YHAT,YRES,YRESS,E1,
        1       /VARIAB/N,M,M2,NB,/SEED/IX,/PROB/PP
        DO 30 J=1,N
        YFL=RAN(IX)
        DO 10 I=1,N
        IF (YFL .GT.PP(I-1) .AND. YFL .LE. PP(I)) THEN
           E1(J)=YRESS(I)
           GOTO 30
        END IF
10      END DO
30      END DO
        DO 40 J=1,N
        SUM1=0.
        DO 50 I=1,M
        SUM1=SUM1+B1(I)*X(I,J)
50      END DO
        X(M2,J)=SUM1+E1(J)
40      END DO
        RETURN
        END
```

```
C ***********************************************************
C *****  SUBROUTINE TO FIND PARAMETER BY OLS METHOD *******
C ***********************************************************
C M2     TOTAL NUMBER OF VARIABLE(INDEPENDENT + DEPENDENT)
C A      X'X BEFORE INVERSION,(X'X)-1 AFTER INVERSION
C ***********************************************************
C
       SUBROUTINE OLS
       REAL*8 A(10,10),S(12,12),B(10),X(11,100)
       LOGICAL FLAG
       COMMON /REGRS/A,S,
       1      /COEFF/B,
       1      /VARIAB/N,M,M2,NB,
       1      /DATAXY/X,
       1      /INVERSE_XTX/FLAG
C
C       CALCULATE X'X,X'Y IN X MATRIX IN FIRST
c       IF (FLAG .EQ. .TRUE.) THEN
        DO 20 I =1,M2
        DO 20 K =I,M2
        SIK = 0.0
        DO 10 J =1,N
        SIK = SIK+ X(I,J)*X(K,J)
10      END DO
        S(I,K) = SIK
```

```
      S(K,I) = SIK
20    END DO
C      CALCULATE B = (X'X)-1 (X'Y)
C
      DO 40 I =1,M
      DO 40 J =1,M
      A(I,J) = S(I,J)
40    END DO
      DO 45 K=1,M
      IF (A(K,K)) 45,46,45
46    WRITE(6,100)
100   FORMAT(' A(K,K) HAS ZERO ON DIAGONAL CANNOT USE SUBROUTINE INVS')
      STOP
45    END DO
      CALL INVS          ! FIND (X'X)-1 IN FIRST TIME
c     ELSE
C  NO WANT TO FIND X'X,(X'X)-1 IN OTHER TIME ,BUT FIND X'Y,Y'Y
c      DO 50 I =1,M2
c      SIK = 0.0
c      DO 60 J =1,N
c      SIK = SIK+ X(I,J)*X(M2,J)
c60      END DO
c      S(M2,I) = SIK
c      S(I,M2) = SIK
c50      END DO
```

```
c         END IF
          DO 70 I =1,M
          B(I) = 0.
          DO 80 J =1,M
          B(I) = B(I) + A(J,I)*S(M2,J)
80        END DO
70        END DO
          RETURN
          END
C *********************************************************
C **************** SUBROUTINE TO FIND Y-RESIDUAL ********
C YHAT   VECTOR OF ESTIMATED VALUES OF DEPENDENT VARIABLE
C YRES   VECTOR OF RFSIDUAL OF ERROR
C *********************************************************
          SUBROUTINE YRESID
          REAL*8 X(11,100),B(10),YHAT(100),YRES(100),E(100),E1(100),
          1YRESS(100)
          COMMON /COEFF/B,/DATAXY/X,/VARIAB/N,M,M2,NB,
          1       /ERR/E,YHAT,YRES,YRESS,E1
          DO 5 I=1,M
5         END DO
          DO 10 J=1,N
          YHAT(J) = 0.
          DO 20 I = 1,M
          YHAT(J) = YHAT(J) +B(I)*X(I,J)
```

```
20      END DO
        YRES(J) = X(M2,J) - YHAT(J)
10      END DO
        RETURN
        END
C *************************************************
C ***************** SUBROUTINE INVERSE MATRIX *****
C ***********************************  ***********
C   THIS SUBROUTINE INVERTS A MATRIX BY SWEEPING.
C   THE MATRIX TO BE INVERTED NEED NOT BE SYMMETRIC
C   BUT IT MUST BE SQUARE ,NONSINGULAR
C   AND CAN NOT HAVE ANY ZERO ON ITS MAIN DIAGONAL.
C
        SUBROUTINE INVS
        REAL*8 A(10,10),S(12,12)
        COMMON /REGRS/A,S,
        1      /VARIAB/N,M,M2,NB,IB1,IB2
        DO 20 K =1,M
        A(K,K) = -1.0/A(K,K)
        DO 5 I = 1,M
        IF(I-K) 3,5,3
3       A(I,K) = -A(I,K)*A(K,K)
5       END DO
        DO 10 I =1,M
        DO 10 J =1,M
```

```
      IF((I-K)*(J-K)) 9,10,9
9     A(I,J) = A(I,J) -A(I,K)*A(K,J)
10    END DO
      DO 20 J=1,M
      IF(J-K) 18,20,18
18    A(K,J) = -A(K,J)*A(K,K)
20    END DO
      DO 25 I=1,M
      DO 25 J=1,M
      A(I,J) = -A(I,J)
25    END DO
      RETURN
      END
```

ประวัติผู้เขียน

นางมาลี ตระการศิรินนท์ เกิดวันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2501 จังหวัดนครสวรรค์ ได้รับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาขาสถิติ) คณะวิทยาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2522 และเข้าศึกษาต่อในสาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2528 ปัจจุบันรับราชการตำแหน่งเจ้าหน้าที่ระบบงานคอมพิวเตอร์ ระดับ 5 สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่