บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

จรัญ จันทลักขณา. สถิติวิเคราะห์และวางแผนวิจัย พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2523.

ดวงใจ วีสกุล, มารศรี ผลาชีวะ, สุภาพ เตชะรินทร์ และสรชัย พิศาลบุตร. สถิติธุรกิจ พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. การวิเคราะห์ความแปรปรวนประยุกต์เพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2526.

สัดดาวัลย์ หวังพานิชย์. สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2526

ภาษาต่างประเทศ

หนังสือ

Bradley, J.V. Distribution-Free Statistical Test. Prentice Hall, Englewood Cliffe, N.J. 1968

Conover, W.J.. Practical Nonparametric Statistical. Wiley, New York.

Henry Scheffe. The Analysis of Variance, Wiley New York. 1971

Hollander, Myles and, Wolfe, Douglas A. Nonparametric Statistic Methods. Wiley, New York. 1973

Lehman, E.L, H.J.M. Dabrera: Nonparametric Statistical Method Based on ranks. Holden Day San Francisco Ca. 1970

Mendenhall, W. Introduction to probability and Statistics. Wiley, New York.

Montgomery, D. C. Design and Analysis of Experiment, Wiley New York.

บทความ

Dunn, Olive J. Multiple Comparisons Among Means; Journal of the American Statistical Association. 56: 52-54; March 1961.

Lewis F. Petrinovich and Curtis D. Hardyck: Error rates for Multiple Comparison Methods; Psychological Bulletin. 1967 Vol. 71 No 1, 43-54.

Paul A. Games. Multiple Comparison of Means; American Education Education Research Journal, 1971 Vol. 8 No 3.

R. O'Neill and Wetherill. The Present State of Multiple Comparison Methods. Multiple Comparison Method 1971. No 2.

Vector Chew. Testing Differences Among Means; Hort Science 1980. Vol 15(4)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การสร้างตัวเลขสุ่ม (Random Number)

ในการสร้างลักษณะการแจกแจงแบบต่าง ๆ นั้น จะต้องใช้ตัวเลขสุ่มเป็นพื้นฐานในการสร้าง สำหรับวิธีการสร้างตัวเลขสุ่มมีอยู่หลายวิธี ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการสร้างเลขสุ่มตามวิธีที่ไวท์และชมิดท์ (1975 : 421) เสนอไว้ ซึ่งจะใช้โปรแกรมย่อย RANDOM ผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในพิสัย 0 ถึง 1.0 โดยใช้คำสั่ง CALL RANDOM (IX, IY, RD) ซึ่งมีพารามิเตอร์ในวงเล็บ IX คือ เลขสุ่มตัวแรกซึ่งจะต้องเป็นจำนวนเต็มบวกที่เป็นเลขคี่ และน้อยกว่า 2147483648 ซึ่ง IX นี้จะเป็นค่าเริ่มต้นที่จะให้โปรแกรมย่อยคำนวณ IY ออกมาให้ IY จึงเป็นค่าที่เป็นเลขสุ่มจำนวนเต็มของโปรแกรมย่อยนี้ และใช้เป็นตัวคำนวณ IY ตัวต่อ ๆ ไป สำหรับรายละเอียดในการสร้างโปรแกรมย่อยสามารถแสดงได้ดังนี้

```
      SUBROUTINE RANDOM (IX, IY, RD)
      IY    =    IX * 65539
      IF (IY)    1,2,2
1     IY    =    IY + 2147483647  +  1
2     RD    =    IY
      RD    =    RD * .4656613E - 9
      IX    =    IY
      RETURN
      END
```

การสร้างการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [A,B]

การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม เป็นการแจกแจงซึ่งมีฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นดังนี้

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

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 RD จากโปรแกรมย่อย RANDOM ซึ่งโปรแกรมย่อย RANDOM นี้ใช้สร้าง ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [0,1] ดังนั้นโปรแกรมย่อยซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [a,b] แสดงได้ดังนี้

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

<u>การสร้างการแจกแจงแบบโลจิสติค</u>

การแจกแจงแบบโลจิสติค เป็นการแจกแจงซึ่งมีฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น เป็นดังนี้

$$f(x) = \frac{e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}}{\beta\left[1+e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}\right]^2}, \quad -\infty < x < +\infty, \quad \alpha, \beta > 0$$

การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบโลจิสติค ใช้วิธี Inverse Transformation ซึ่งแสดงได้ดังนี้

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

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

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

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

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

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

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

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

หรือ $X = \alpha + \beta\left[\ln(RAN) - \ln(1-RAN)\right]$ เมื่อ RAN มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง $\left[0, 1\right]$

ดังนั้นโปรแกรมย่อยซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบโลจิสติคแสดงได้ดังนี้

```
SUBROUTINE LOGIST (ALPHA, BETA, ERR)
CALL RANDOM (IX, IY, RAN)
S    =  ALOG(RAN) -ALOG(1.-RAN)
ERR  =  ALPHA + S*BETA
RETURN
END
```

<u>การสร้างการแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล</u>

การแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล เป็นการแจกแจงซึ่งมีฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นเป็นดังนี้

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{1}{2}\left[2 - e^{\frac{-x}{\beta}}\right]$$

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

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

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

หรือ $$X = -\beta\left[\ln 2 + \ln(1-RAN)\right]$$

ดังนั้นโปรแกรมย่อยซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล แสดงได้ดังนี้

```
SUBROUTINE DOUBLE (ALPHA, BETA, ERR)
CALL RANDOM (IX, IY, RAN)
Y   =  ALOG(2.)+ALOG (1.-RAN)
ERR =  -1*BETA*Y
RETRUN
END
```

<u>การสร้างการแจกแจงแบบปกติ</u>

การสร้างตัวแผรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนด จะใช้โปรแกรมย่อย NORMAL[1] ซึ่งจะพิจารณาจากสูตร

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

โดย X เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และค่าความแปรปรวน 1

RD_i เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอจากโปรแกรมย่อย RANDOM

k เป็นจำนวนค่าของ RD_i ที่จะถูกนำมาใช้

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

---

[1] System/360 Scientific Subroutine Package (360A-CM-o3X) Version III p.77-78.

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

และเพื่อให้ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาแจกแจงเข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติโดยที่มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนด ดังนั้นตัวแปรสุ่มดังกล่าวจะเป็น

$$X' = X \times SD + AMEAN$$

โดยที่ SD เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนด

AMEAN เป็นค่าเฉลี่ยตามที่กำหนด

ดังนั้นโปรแกรมย่อย ซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบปกติ แสดงได้ดังนี้

```
      SUBROUTINE NORMAL (AMEAN, SD, ERR)
      A    =  0.
      DO 50 I  =  1, 12
      CALL RANDOM (IX, IY, RAN)
      A    =  A+RAN
50    CONTINUE
      ERR = (A-6.)*SD+AMEAN
      RETURN
      END
```

<u>การสร้างการแจกแจงแบบปกติปลอมปน</u>

การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติปลอมปนที่มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนด จะใช้วิธีที่แรมเซย์ (Ramsay 1977) เสนอไว้ โดยพิจารณาการแจกแจงซึ่งแปลงมาจากการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีฟังก์ชั่นการแปลงเป็นดังนี้

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

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

μ และ σ^2 เป็นค่ากำหนดค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของ ε_i

PC และ c เป็นค่ากำหนดเปอร์เซ็นต์การปลอมปน และสเกลแฟคเตอร์

ดังนั้นโปรแกรมย่อย ซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบปกติปลอมปน แสดงได้ดังนี้

```
      SUBROUTINE SCNML (C, PC, AMEAN, SD, ERR)
      CSD     =  C*SD
      CALL  RANDOM (IX, IY, RAN)
      IF (RAN-PC) 10,10,11
10    CALL NORMAL AMEAN, CSD,SD,ERR)
      GOTO 15
11    CALL NORMAL (AMEAN, SD, ERR)
15    RETURN
      END
```

<u>การสร้างการแจกแจงที่ไม่สมมาตร</u> (Asymmetric Distribution)

Ramberg และ Schmeiser (1974) แนะนำการสร้างการแจกแจงที่ไม่สมมาตร โดยใช้วิธีแปลงตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม โดยใช้ตัวพารามิเตอร์ 4 ตัว เป็นตัวกำหนดค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ความเบ้ และความโด่ง ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า "Generalized Lamda Distribution" หรือชื่อย่อว่า GLD ฟังก์ชั่นที่ใช้ในการแปลงกำหนดดังนี้

$$X = R(P) = \lambda_1 + \left[P^{\lambda_3} - (1-P)^{\lambda_4}\right] / \lambda_2; \quad 0 \le p \le 0$$

โดย

- P มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [0, 1]
- λ_3, λ_4 เป็นค่ากำหนดความเบ้ และความโด่ง
- λ_1, λ_2 เป็นค่ากำหนดค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน

คุณสมบัติของ GLD

Ramberg และ Schmeiser ได้แสดงค่าโมเมนต์ที่ K(ที่ $\lambda_1 = 0$) ของ GLD มีค่าเป็นดังนี้

$$E(x^k) = \lambda_2^{-k} \sum_{i=0}^{k} \binom{k}{i} (-1)^i \beta(\lambda_3 (k-i) + 1, \lambda_4 i + 1)$$

โดย β (m,n) คือค่า Beta function, โมเมนต์ที่ k จะหาค่าได้เมื่อค่า $-\frac{1}{k} < \min(\lambda_3, \lambda_4)$

สำหรับค่าเฉลี่ย (μ) ความแปรปรวน (σ^2) ความเบ้ (α_3) และความโด่ง (α_4) Ramberg และ Schmeiser

$$\mu = \lambda_1 + A/\lambda_2$$
$$\sigma^2 = (B-A)^2/\lambda_2^2$$
$$\mu_3 = (C - 3AB + 2A^3)/\lambda_2^3$$
$$\mu_4 = (D - 4AC + 6A^2B - 3A^4)/\lambda_2^4$$
$$\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$$
$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4}$$

โดยที่

$$A = \frac{1}{1 + \lambda_3} - \frac{1}{1 + \lambda_4}$$

$$B = \frac{1}{1 + 2\lambda_3} + \frac{1}{1 + 2\lambda_4} - 2\beta(1 + \lambda_3, 1 + \lambda_4)$$

$$C = \frac{1}{1 + 3\lambda_3} - 3\beta(1 + 2\lambda_3, 1 + \lambda_4) + 3\beta(1 + \lambda_3, 1 + 2\lambda_4) - \frac{1}{1 + 3\lambda_4}$$

$$D = \frac{1}{(1 + 4\lambda_3)} - 4\beta(1 + 3\lambda_3, 1 + \lambda_4) + 6\beta(1 + 2\lambda_3, 1 + 2\lambda_4)$$

$$- 4\beta(1 + \lambda_3, 1 + 3\lambda_4) + \frac{1}{1 + 4\lambda_4}$$

วิธีการสร้างการแจกแจงแบบ GLD

1. กำหนดค่า μ, σ^2, α_3 และ α_4
2. หาค่า λ_3 และ λ_4 เพื่อให้ได้ค่า α_3, α_4 ตามที่ต้องการ
3. เมื่อทราบค่า λ_3 และ λ_4 แล้วจะหาค่า λ_2 เพื่อที่จะให้ได้ค่า σ^2 ตามที่กำหนด

ซึ่งมีสูตรในการหาดังนี้

$$\lambda_2 = \pm\{[1/(2\lambda_3 + 1) - 2\beta(\lambda_3 + 1, \lambda_4 + 1) + 1/(2\lambda_4 + 1)$$

$$- [1/(\lambda_3 + 1) - 1/(\lambda_4 + 1)]^2]\}^{\frac{1}{2}}/\sigma$$

4. คำนวณค่า λ_1 เพื่อที่จะได้ μ ตามที่ต้องการจากสูตร

$$\lambda_1 = \mu - \left[\frac{1}{(1 + \lambda_3)} - \frac{1}{(1 + \lambda_4)}\right] / \lambda_2$$

สำหรับค่า λ_3 และ λ_4 Ramberg และ Schmeiser ได้เสนอเป็นตารางสำหรับกำหนดความเบ้และความโด่งบางค่า ต่อมา Ramberg, Dudewicz, Tadikamalla และ Mykytka ได้เสนอตารางกำหนดค่า λ_1, λ_2, λ_3 และ λ_4 สำหรับค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ความเบ้และความโด่ง ซึ่งค่าความเบ้และความโด่งละเอียดกว่าวิธีที่ Ramberg และ Schmeiser เสนอไว้

โปรแกรมย่อยเพื่อสร้างการแจกแจงแบบ GLD นั้น จะสร้างการแจกแจงที่มีค่าเป็น 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 มีความเบ้และความโด่งตามต้องการ ในกรณีที่ต้องการค่าเฉลี่ย AMEAN และความแปรปรวน $(SD)^2$ ให้ใช้วิธีแปลงข้อมูลในรูป Y = AMEAN + (SD) ERR หรือเปลี่ยนค่า λ_1 ให้มีค่าเท่ากับ $\lambda_1(SD) + AMEAN$ และ λ_2 ให้มีค่าเป็น λ_2/SD ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะให้ค่าเท่ากัน สำหรับโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีแรก ซึ่งแสดงได้ดังนี้

```
SUBROUTINE SKEWED (AMEAN, SD, RD1, RD2, RD3, RD4, ERR)
CALL    RANDOM (IX, IY, RD)
R    =  RD3*ALOG(RD)
R    =  RD4*ALOG(1-RD)
RX1  =  EXP(R1)
RX2  =  EXP(R2)
X1   =  RD1 + (RX2-RX1)/RD2
ERR  =  AMEAN + SD*X1
RETURN
END
```

โดยที่ RD1, RD2, RD3 และ RD4 แทนค่าพารามิเตอร์ 4 ตัวที่กำหนด ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ความเบ้ และความโด่งของประชากร

Table A.1 Selected critical values for all treatments multiple comparisons based on Friedman rank sums: $k = 3, n = 3(1)15;\ k = 4(1)15, n = 2(1)15$

For a given k and n, the entries in the table correspond to $P_0\{|R_u - R_v| < r(\alpha, k, n), u = 1, \ldots, k-1, v = u+1, \ldots, k\} \approx 1 - \alpha$.

$k = 3$		
n	$r(\alpha, 3, n)$	α
3	6*	.028
4	7*	.042
	8*	.005
5	8*	.039
	9*	.008
6	9*	.029
	10*	.009
7	9*	.051
	10	.023
	11*	.008
8	10*	.039
	11	.018
	12*	.007
9	10*	.048
	11	.026
	12*	.013
10	11*	.037
	12	.019
	13*	.010
11	11*	.049
	12	.028
	14*	.008
12	12*	.038
	13	.022
	14*	.012
13	12*	.049
	13	.030
	15*	.009
14	13*	.038
	14	.023
	16*	.007
15	13*	.047
	14	.028
	16*	.010

$k = 4$		
n	$r(\alpha, 4, n)$	α
2	6*	.083
3	8*	.049
	9*	.007
4	10*	.026
	11*	.005
5	11*	.037
	12*	.013
6	12*	.037
	13	.018
	14*	.006
7	13*	.037
	14	.020
	15*	.008
8	14*	.034
	15	.019
	16*	.009
9	15	.032
	17*	.010
10	15*	.046
	16	.029
	18*	.010
11	16	.041
	17	.026
	19	.009
12	17	.038
	18	.023
	20	.008
13	18	.032
	19	.021
	21	.008
14	18	.042
	19	.028
	21	.011
15	19	.037
	20	.024
	22	.010

$k = 5$		
n	$r(\alpha, 5, n)$	α
2	8	.050
3	10	.067
	11	.018
	12	.002
4	12	.054
	13	.020
	14	.006
5	14	.040
	16	.006
6	15	.049
	16	.028
	17	.013
7	16	.052
	17	.033
	19	.009
8	18	.036
	19	.022
	20	.012
9	19	.037
	20	.024
	22	.008
10	20	.038
	21	.025
	23	.009
11	21	.038
	22	.025
	24	.010
12	22	.038
	23	.025
	25	.011
13	23	.035
	24	.024
	26	.011
14	24	.034
	25	.024
	27	.011
15	24	.045
	26	.022
	28	.010

Table A.1 (continued)

$k = 6$		
n	$r(\alpha, 6, n)$	α
2	10	.033
3	13	.030
	14	.008
4	15	.047
	16	.018
	17	.006
5	17	.047
	18	.022
	19	.010
6	19	.040
	20	.021
	21	.010
7	20	.049
	21	.032
	23	.010
8	22	.039
	23	.026
	25	.008
9	23	.043
	24	.030
	26	.012
10	24	.047
	26	.023
	28	.009
11	26	.036
	27	.026
	29	.012
12	27	.039
	28	.028
	31	.009
13	28	.039
	29	.028
	32	.010
14	29	.040
	30	.030
	33	.011
15	30	.040
	32	.023
	34	.012

$k = 7$		
n	$r(\alpha, 7, n)$	α
2	12	.024
3	15	.048
	16	.016
4	18	.040
	20	.007
5	20	.052
	21	.028
	22	.014
6	22	.050
	23	.032
	25	.009
7	24	.047
	25	.032
	27	.011
8	26	.041
	27	.030
	29	.011

Table A. 1 ' (continued)

$k = 9$		
n	$r(\alpha, 9, n)$	α
13	44	.042
	46	.027
	50	.009
14	46	.041
	48	.026
	52	.009
15	47	.046
	50	.025
	54	.009

$k = 10$		
n	$r(\alpha, 10, n)$	α
2	17	.056
	18	.011
3	22	.057
	23	.026
	24	.010
4	26	.060
	27	.033
	29	.009
5	30	.047
	31	.029
	33	.010
6	33	.051
	34	.033
	37	.008
7	36	.047
	37	.033
	40	.010
8	38	.052
	40	.031
	43	.010

$k = 10$		
n	$r(\alpha, 10, n)$	α
9	41	.046
	43	.027
	46	.009
10	43	.047
	45	.030
	49	.009
11	45	.049
	47	.032
	51	.010
12	48	.040
	50	.027
	54	.009
13	50	.039
	52	.026
	56	.009
14	52	.039
	54	.026
	58	.010
15	53	.045
	56	.026
	60	.010

$k = 11$		
n	$r(\alpha, 11, n)$	α
2	19	.045
	20	.009
3	25	.038
	27	.007
4	29	.057
	30	.033
	32	.010

$k = 11$		
n	$r(\alpha, 11, n)$	α
5	33	.055
	34	.035
	37	.008
6	37	.045
	38	.030
	41	.008
7	40	.049
	41	.035
	44	.011
8	43	.046
	44	.035
	48	.009
9	46	.043
	47	.034
	51	.009
10	48	.047
	50	.031
	54	.009
11	51	.040
	53	.027
	57	.009
12	53	.043
	55	.029
	59	.011
13	55	.046
	57	.031
	62	.010
14	57	.045
	60	.026
	64	.011
15	59	.046
	62	.027
	67	.009

Table A.1 (continued)

$k = 7$		
n	$r(\alpha, 7, n)$	α
9	27	.050
	29	.026
	31	.011
10	29	.042
	30	.031
	33	.010
11	30	.049
	32	.027
	35	.009
12	32	.040
	33	.030
	36	.011
13	33	.043
	35	.025
	38	.009
14	34	.047
	36	.028
	39	.011
15	36	.038
	37	.030
	41	.009

$k = 8$		
n	$r(\alpha, 8, n)$	α
2	14	.018
3	17	.067
	18	.027
	19	.009
4	21	.036
	23	.007

$k = 8$		
n	$r(\alpha, 8, n)$	α
5	23	.057
	24	.034
	26	.009
6	26	.045
	27	.027
	29	.009
7	28	.048
	29	.032
	31	.012
8	30	.046
	31	.033
	34	.009
9	32	.043
	33	.032
	36	.010
10	34	.040
	35	.031
	38	.010
11	35	.048
	37	.028
	40	.010
12	37	.042
	39	.026
	42	.010
13	39	.039
	40	.030
	44	.009
14	40	.042
	42	.027
	45	.012
15	42	.037
	43	.030
	47	.011

$k = 9$		
n	$r(\alpha, 9, n)$	α
2	15	.069
	16	.014
3	20	.041
	22	.005
4	23	.064
	24	.034
	26	.008
5	27	.040
	28	.023
	29	.013
6	29	.058
	30	.038
	33	.008
7	32	.046
	33	.032
	36	.008
8	34	.049
	36	.026
	38	.012
9	36	.050
	38	.030
	41	.010
10	38	.050
	40	.031
	43	.011
11	40	.048
	42	.030
	46	.009
12	42	.046
	44	.029
	48	.009

Table A.1 (continued)

$k = 12$		
n	$r(\alpha, 12, n)$	α
2	21	.038
	22	.008
3	27	.053
	28	.027
	29	.012
4	32	.055
	33	.033
	35	.011
5	37	.042
	38	.027
	40	.011
6	40	.059
	42	.028
	45	.008
7	44	.050
	46	.026
	49	.009
8	47	.050
	49	.030
	52	.011
9	50	.048
	52	.032
	56	.010
10	53	.047
	55	.032
	59	.010
11	56	.043
	58	.029
	62	.011
12	58	.048
	61	.027
	65	.011
13	61	.043
	63	.030
	68	.010
14	63	.046
	66	.027
	71	.009
15	66	.040
	68	.028
	73	.011

$k = 13$		
n	$r(\alpha, 13, n)$	α
2	23	.032
	24	.006
3	30	.038
	32	.009
4	35	.054
	36	.033
	38	.012
5	40	.049
	41	.033
	44	.009
6	44	.054
	46	.027
	49	.009
7	48	.051
	50	.028
	53	.010
8	52	.046
	53	.035
	57	.010
9	55	.048
	57	.030
	61	.010
10	58	.047
	60	.032
	65	.009
11	61	.046
	63	.032
	68	.010
12	64	.045
	66	.032
	71	.010
13	67	.041
	69	.030
	74	.011
14	69	.046
	72	.028
	77	.010
15	72	.040
	74	.030
	80	.010

$k = 14$		
n	$r(\alpha, 14, n)$	α
2	25	.027
	26	.005
3	32	.052
	33	.028
	35	.006
4	38	.053
	39	.034
	41	.013

Table A.1 (continued)

$k = 14$		
n	$r(\alpha, 14, n)$	α
5	43	.057
	45	.027
	47	.012
6	48	.050
	50	.026
	53	.009
7	52	.053
	54	.030
	57	.012
8	56	.051
	58	.031
	62	.010
9	60	.047
	62	.029
	66	.010
10	63	.048
	65	.033
	70	.010
11	66	.049
	69	.029
	74	.009
12	69	.048
	72	.030
	77	.010
13	72	.047
	75	.030
	80	.011
14	75	.045
	78	.028
	84	.009
15	78	.043
	81	.028
	87	.010

$k = 15$		
n	$r(\alpha, 15, n)$	α
2	26	.071
	27	.024
	28	.005
3	35	.039
	37	.010
4	41	.053
	42	.035
	45	.008
5	47	.046
	48	.033
	51	.010
6	52	.047
	53	.035
	57	.009
7	56	.055
	58	.032
	62	.010
8	60	.056
	63	.027
	67	.009
9	64	.052
	67	.028
	71	.011
10	68	.049
	71	.028
	75	.011
11	72	.043
	74	.032
	79	.011
12	75	.045
	78	.028
	83	.010
13	78	.046
	81	.030
	87	.009
14	81	.046
	84	.030
	90	.010
15	84	.043
	87	.029
	94	.009

Adapted in part from B. J. McDonald and W. A. Thompson, Jr., Rank sum multiple comparisons in one- and two-way classifications, *Biometrika* 54, 487-97 (1967), with the permission of the authors, and the editor of *Biometrika*. The starred values are adapted from P. Nemenyi, Distribution-free multiple comparisons, Ph. D. thesis, Princeton University, (1963), with the permission of the author.

Table A.2 Selected critical values for the range of k independent $N(0, 1)$ variables: $k = 2(1)20(2)40(10)100$

For a given k and α, the tabled entry is $q(\alpha, k, \infty)$.

	α								
k	.0001	.0005	.001	.005	.01	.025	.05	.10	.20
2	5.502	4.923	4.654	3.970	3.643	3.170	2.772	2.326	1.812
3	5.864	5.316	5.063	4.424	4.120	3.682	3.314	2.902	2.424
4	6.083	5.553	5.309	4.694	4.403	3.984	3.633	3.240	2.784
5	6.240	5.722	5.484	4.886	4.603	4.197	3.858	3.478	3.037
6	6.362	5.853	5.619	5.033	4.757	4.361	4.030	3.661	3.232
7	6.461	5.960	5.730	5.154	4.882	4.494	4.170	3.808	3.389
8	6.546	6.050	5.823	5.255	4.987	4.605	4.286	3.931	3.520
9	6.618	6.127	5.903	5.341	5.078	4.700	4.387	4.037	3.632
10	6.682	6.196	5.973	5.418	5.157	4.784	4.474	4.129	3.730
11	6.739	6.257	6.036	5.485	5.227	4.858	4.552	4.211	3.817
12	6.791	6.311	6.092	5.546	5.290	4.925	4.622	4.285	3.895
13	6.837	6.361	6.144	5.602	5.348	4.985	4.685	4.351	3.966
14	6.880	6.407	6.191	5.652	5.400	5.041	4.743	4.412	4.030
15	6.920	6.449	6.234	5.699	5.448	5.092	4.796	4.468	4.089
16	6.957	6.488	6.274	5.742	5.493	5.139	4.845	4.519	4.144
17	6.991	6.525	6.312	5.783	5.535	5.183	4.891	4.568	4.195
18	7.023	6.559	6.347	5.820	5.574	5.224	4.934	4.612	4.242
19	7.054	6.591	6.380	5.856	5.611	5.262	4.974	4.654	4.287
20	7.082	6.621	6.411	5.889	5.645	5.299	5.012	4.694	4.329
22	7.135	6.677	6.469	5.951	5.709	5.365	5.081	4.767	4.405
24	7.183	6.727	6.520	6.006	5.766	5.425	5.144	4.832	4.475
26	7.226	6.773	6.568	6.057	5.818	5.480	5.201	4.892	4.537
28	7.266	6.816	6.611	6.103	5.866	5.530	5.253	4.947	4.595
30	7.303	6.855	6.651	6.146	5.911	5.577	5.301	4.997	4.648
32	7.337	6.891	6.689	6.186	5.952	5.620	5.346	5.044	4.697
34	7.370	6.925	6.723	6.223	5.990	5.660	5.388	5.087	4.743
36	7.400	6.957	6.756	6.258	6.026	5.698	5.427	5.128	4.786
38	7.428	6.987	6.787	6.291	6.060	5.733	5.463	5.166	4.826
40	7.455	7.015	6.816	6.322	6.092	5.766	5.498	5.202	4.864
50	7.571	7.137	6.941	6.454	6.228	5.909	5.646	5.357	5.026
60	7.664	7.235	7.041	6.561	6.338	6.023	5.764	5.480	5.155
70	7.741	7.317	7.124	6.649	6.429	6.118	5.863	5.582	5.262
80	7.808	7.387	7.196	6.725	6.507	6.199	5.947	5.669	5.353
90	7.866	7.448	7.259	6.792	6.575	6.270	6.020	5.745	5.433
100	7.918	7.502	7.314	6.850	6.636	6.333	6.085	5.812	5.503

Adapted from H. L. Harter, Tables of range and studentized range, *Ann. Math. Statist.* 31, 1122-47 (1960), with the permission of the author, and the editor of *The Annals of Mathematical Statistics.*

ภาคผนวก ค

โปรแกรม

```
1  //ZEABKJIM      JOB    CLASS=N,MSGLEVEL=(1,1),TYPRUN=HOLD
2  //               EXEC   FORTVCLG,TIME=100
3  //FORT.SYSIN     DD     *
4  C/FILE 5 N(20) NEW(KEPL) LRECL(132)
5  C/SYS REG=500
6  C/LOAD WATFIV
7  C/OPT LIST
8  C     ***************************************************************
9  C     **********  PROGRAM TO COMPARE : MULTIPLE COMPARISION  **********
10 C     **********  OF THE PARAMETRIC AND NONPARAMETRIC TEST   **********
11 C     **********  OF RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN.       **********
12 C     ***************************************************************
13 C     **********  DATA : NORMAL DISTRIBUTION                 **********
14 C     **********  WHEN NO. OF TREATMENT = 3                  **********
15 C     **********        NO. OF BLOCK = 5 , ALPHA= .05,.01    **********
16 C     ***************************************************************
17       DIMENSION BREF(10),TREF(3),X(10,30),YBAR(10),RY(10),DIFM(10,10),
18      *DIF2(10,10),DIF3(10,10),SRTR(10),DRUV(10,10),MCS(10,10),SUMT(10)
19       COMMON F,IX,NDI,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
20       R=0.0
21       IX=55539
22       RD1 = -.262
23       RD2 = .0345
24       RD3 = .0149
25       RD4 = .0243
26       READ(5,20)IDIST,NOT,NOB,AMEAN,VAR
27    20 FORMAT(3I2,2F3.0)
28       READ(5,21)(TREF(I),I=1,3)
29    21 FORMAT(3F2.0)
30       READ(5,22)(BREF(J),J=1,5)
31    22 FORMAT(5F3.0)
32       READ(5,23)C,PC
33    23 FORMAT(F2.0,F2.2)
34       IF(IDIST.GT.4)GO TO 41
35       IF(IDIST.GT.3)GO TO 42
36       IF(IDIST.GT.2)GO TO 43
37       IF(IDIST.GT.1)GO TO 44
38       WRITE(6,45)
39    45 FORMAT(5X,' NORMAL DISTBUTION ')
40       GO TO50
41    44 WRITE(6,46)
42    46 FORMAT(5X,' LOGISTIC DISTBUTION ')
43       GO TO50
44    43 WRITE(6,47)
45    47 FORMAT(5X,' DOUBLE-EXPONENTIAL')
46       GO TO50
47    42 WRITE(6,48)
48    48 FORMAT(5X,' SCALE CONTAMINATED NORMAL DISTRIBUTION')
49       GO TO 50
50    41 WRITE(6,49)
51    49 FORMAT(5X,' SKEWED DISTRIBUTION')
52    50 WRITE(6,25)(TREF(I),I=1,3)
53    25 FORMAT(3(F4.0,2X))
54       WRITE(6,26)(BREF(J),J=1,5)
55    26 FORMAT(5(F4.0,2X))
56       WRITE(6,30)NOT,NOB,AMEAN,VAR,C,PC
57    30 FORMAT(2X,'NOT = ',I4 ,' NOB = ',I4,' MEAN = ',F4.0,' VAR = '
58      *,F4.0,2X,'C = ',F5.0,'PC = ',F3.2)
59       SD=SQRT(VAR)
60       BETA=5.511071
61 C     ***************************************************************
62 C     ****************** LL = 1 : SIGNIFICANT LEVEL .05 ***************
63 C     ****************** LL = 2 : SIGNIFICANT LEVEL .01 ***************
64 C     ***************************************************************
65       DO 111 LL =1,1000
66       FSCH=0.0
67       FNK=0.0
68       FTK=0.0
69       FFMN=0.0
70       FDS=0.0
71       FANO=0.0
72       FMN=0.0
73       FDBK=0.0
```

```
      IF(LL .EQ. 2)GO TO 10
      WRITE(6,12)
   12 FORMAT(20X,' ALPHA = 0.05',/)
      GO TO 13
   10 WRITE(6,14)
   14 FORMAT(20X,' ALPHA = 0.01',/)
   13 WRITE(6,5)
    5 FORMAT(5X,'N',5X,'#R-AND',2X,'#R-SCHF',2X,'#R-NMAN',
     *1X,'#R-TK',5X,'#R-FM',2X,'#R-MCF',2X,'#R-DCK',2X,'#R-MCO')
      DO 999 NN=1,1000
    3 DO 1 I =1,NOT
      DO 2 J =1,NOB
C     CALL LOCATE(0.0,DELTA,ERR)
      CALL SCHMEL(0,P0,0.0,SD,ERR)
C     CALL NORMAL(0.0,SD,ERR)
C     CALL SKEWED(0.0,SD,RD1,RD2,RD3,RD4,ERR)
      X(I,J)=AMEAN+TREF(I)+BREF(J)+ERR
    2 CONTINUE
    1 CONTINUE
      CALL ANOVA1(X,FTR,FB,YBAR,SUMT)
      IF(LL .EQ. 2)GO TO 15
      IF(FB .LT. 3.84)GO TO 3
      IF(FTR .GE. 4.46)FANO=FANO+1.0
      GO TO 16
   15 IF (FB .LT. 7.01)GO TO 3
      IF(FTR .GE. 8.65)FANO=FANO+1.0
   16 CALL SCHEFFE(LL,YBAR,FSC)
      IF(FSC .EQ. 0.0)FSCH=FSCH+1.0
      CALL NEWMAN(LL,YBAR,FN)
      IF(FN .EQ.0.0)FNK=FNK+1.0
      CALL TUKEY(LL,YBAR,FT)
      IF(FT .EQ. 0.0)FTK=FTK+1.0
      CALL FRIEDM(LL,X,SRTR,F1)
      IF(F1 .EQ. 0.0)FMN=FMN+1.0
      CALL MCF(LL,SRTR,FFMC)
      IF(FFMC .EQ.0.0)FFMN=FFMN+1.0
      CALL DUNSUM(LL,X,D,FDO)
      IF(D .EQ. 0.0)FDOK=FDOK+1.0
      IF(FDO .EQ.0.0)FDS=FDS+1.0
      IF(NN.EQ.100 .OR. NN.EQ.300 .OR. NN.EQ.500 .OR. NN.EQ.700 .OR.
     *NN.EQ.900 .OR. NN.EQ.1000)GO TO 7
      GO TO 999
    7 AFANO=FANO/NN
      AFSCH=FSCH/NN
      AFNK=FNK/NN
      AFTK=FTK/NN
      AFMN=FMN/NN
      AFFMN=FFMN/NN
      AFDOK=FDOK/NN
      AFDS=FDS/NN
      WRITE(6,6)NN,AFANO,AFSCH,AFNK,AFTK,AFMN,AFFMN,AFDOK,AFDS
    6 FORMAT(3X,I4,3X,F5.3,3X,F5.3,3X,F5.3,3X,F5.3,3X,F5.3,3X,F5.3,3X,
     *F5.3,3X,F5.3,3X,F5.3)
  999 CONTINUE
  111 CONTINUE
      STOP
      END
C     ********************
C     *  ANOVA ANALYSIS  *
C     ********************
      SUBROUTINE ANOVA1X,FTR,FB,YBAR,SUMT)
      DIMENSION SUMS(10),YJ(10),X(10,30),YBAR(10),SUMT(10)
      COMMON F,LX,NOT,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
      SXIJK=0.0
      SXIJK2=0.0
      SUMT2=0.0
      DO 1 I=1,NOT
      SUMT(I)=0.0
      DO 3 J=1,NOB
      SXIJK=SXIJK+X(I,J)
      SXIJK2=SXIJK2+X(I,J)**2
      SUMT(I)=SUMT(I)+X(I,J)
    3 CONTINUE
      SUMT2=SUMT2+SUMT(I)**2
      YBAR(I)=SUMT(I)/NOB
    1 CONTINUE
      CT=SXIJK**2/(NOT*NOB)
      SSTO=SXIJK2-CT
      SSTR=SUMT2/NOB-CT
```

```
153          SOB=0.0
154          DO 7 J=1,NOB
155          YJ(J)=0.0
156          DO 8 I=1,NOT
157          YJ(J)=YJ(J)+X(I,J)
158     8    CONTINUE
159          SOB=SOB+YJ(J)**2/NOT
160     7    CONTINUE
161          SSB=SOB-CT
162          SSE=SSTO-SSTR-SSB
163          IDFTR=NOT-1
164          IDFB=NOB-1
165          IDFE=IDFTR*IDFB
166          IDFTO=NOT*NOB-1
167          DMSTR=SSTR/IDFTR
168          DMSB=SSB/IDFB
169          DMSE=SSE/IDFE
170          FTR=DMSTR/DMSE
171          FB=DMSB/DMSE
172          F=DMSE/NOB
173     10   RETURN
174          END
175     C    ********************
176     C    * SCHEFFE' TEST    *
177     C    ********************
178          SUBROUTINE SCHEF(LL,YBAR,FSC)
179          DIMENSION D4(10,10),YBAR(10)
180          COMMON F,X,NOT,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
181          IF(LL .EQ. 2)GO TO 10
182          FTABLE=3.89
183          GO TO 11
184     10   FTABLE = 6.93
185     11   AD = (2.0*(NOT-1.0)*FTABLE*DMSE)/NOB
186          D = SQRT(AD)
187          DO 1 I=1,IDFTR
188          II=I+1
189          DO 2 J =II,NOT
190          DX =  YBAR(I)-YBAR(J)
191          ABDX=ABS(DX)
192          IF(ABDX .GE. D)GO TO 3
193          D4(I,J)=0.0
194          GO TO 2
195     3    D4(I,J)=1.0
196     2    CONTINUE
197     1    CONTINUE
198          DO 21 I =1,IDFTR
199          II=I+1
200          DO 20 J =II,NOT
201          IF(D4(I,J) .EQ. 1.0)GO TO 50
202          FSC=0.0
203     20   CONTINUE
204     21   CONTINUE
205          GO TO 51
206     50   FSC=1.0
207     51   RETURN
208          END
209     C    ********************
210     C    * NEWMAN KEULS TEST *
211     C    ********************
212          SUBROUTINE NEWMAN(LL,YBAR,FN)
213          DIMENSION X(10),D2(10,10),RY(10),DIF2(10,10),SNK(10),YBAR(10)
214          COMMON F,IX,NOT,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
215     C    ***************************************************************
216     C    * Q(K) IS OBTAINED FROM STUENTIZED RANGE TEST : TABLE II  ***
217     C    * DF =  NO. OBSERVATION - NO. TREATMENT  *******
218     C    *       1 OR DF. OF ERROR IN ANOVA )     *******
219     C    ***************************************************
220          DO 8 I =1,NOT
221          RY(I)=YBAR(I)
222     8    CONTINUE
223          DO 9 I=1,IDFTR
224          DO 10 J=1,IDFTR
225          IF(RY(J) .LE. RY(J+1))GO TO 10
226          RA=RY(J)
227          RY(J)=RY(J+1)
228          RY(J+1)=RA
```

```
229   10   CONTINUE
230    9   CONTINUE
231        F=DMSE/NOB
232        IF(LL .EQ. 2)GO TO 5
233        Q(2) = 3.08
234        Q(3) = 3.77
235        GO TO 6
236    5   Q(2)=4.32
237        Q(3)=5.04
238    6   DO 201 I=1,IDFTR
239        II=I+1
240        K=1
241        DO 202 J=II,NOT
242        K=K+1
243        SNK(K)=Q(K)*SQRT(F)
244        D2(I,J)=RY(I)-RY(J)
245        AD2=D2(I,J)
246        ABSD2=ABS(AD2)
247        IF(ABSD2 .GE. SNK(K))GO TO 109
248        DIF2(I,J)=0.0
249        GO TO 202
250   109  DIF2(I,J)=1.0
251   202  CONTINUE
252   201  CONTINUE
253        DO 1 I=1,IDFTR
254        MK=I+1
255        DO 2 J=MK,NOT
256        IF(DIF2(I,J) .EQ. 1.0)GO TO 3
257        FM=0.0
258     2  CONTINUE
259     1  CONTINUE
260        GO TO 4
261     3  FM=1.0
262     4  RETURN
263        END
264   C    ***********************************************
265   C    *TURKEY'S HONESTLY SIGNIFICANT DIFFERENCE TEST*
266   C    ***********************************************
267        SUBROUTINE TURKEY(LL,YBAR,FT)
268        DIMENSION D3(10,10),YBAR(10),DIF3(10,10)
269        COMMON F,IX,NOT,NLB,IDFTR,IDFE,DMSE
270   C    *****  Q1 IS OBTAINED FORM STUDENTIZED RANGE : TABLE II  ********
271        IF(LL .EQ. 2)GO TO 5
272        QT=3.77
273        GO TO 6
274     5  QT=3.04
275     6  HSD=QT*SQRT(F)
276        DO 301 I=1,IDFTR
277        II=I+1
278        DO 302 J=II,NOT
279        D3(I,J)=YBAR(I)-YBAR(J)
280        ADB=D3(I,J)
281        ABSD3=ABS(AD3)
282        IF(ABSD3 .GE. HSD)GO TO 303
283        DIF3(I,J)=0.0
284        GO TO 302
285   303  DIF3(I,J)=1.0
286   302  CONTINUE
287   301  CONTINUE
288        DO 1 I=1,IDFTR
289        MK=I+1
290        DO 2 J=MK,NOT
291        IF(DIF3(I,J) .EQ. 1.0)GO TO 3
292        FT=0.0
293     2  CONTINUE
294     1  CONTINUE
295        GO TO 4
296     3  FT=1.0
297     4  RETURN
298        END
```

```
C      ****************
C      * NONPARAMETRIC *
C      ****************
C      * FRIEDMANTEST  *
C      ****************
       SUBROUTINE FRIEDM(LL,X,SRTR,FM)
       DIMENSION Z(10,10),RX(10,10),X(10,30),SRTR(10)
       COMMON F,IX,NOT,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
       DO 1 I=1,NOT
       DO 1 J=1,NOB
       Z(I,J)=X(I,J)
 1     CONTINUE
       DO 2 J=1,NOB
       DO 3 I=1,NOT
       SMALL=0.0
       EQUAL=0.0
       DO 5 II=1,NOT
       IF(Z(II,J)-X(I,J))7,8,5
 7     SMALL=SMALL+1.0
       GO TO 5
 8     EQUAL=EQUAL+1.0
 5     CONTINUE
       IF (EQUAL .EQ. 0.0)GO TO 9
       RX(I,J)=SMALL+(EQUAL+1.0)*0.5
       GO TO 3
 9     RX(I,J)=SMALL+1.0
 3     CONTINUE
 2     CONTINUE
       DO 10 I=1,NOT
       SRTR(I)=0.0
 10    CONTINUE
       SRTR2=0.0
       DO 11 I=1,NOT
       DO 12 J=1,NOB
       SRTR(I)=SRTR(I)+RX(I,J)
 12    CONTINUE
       SRTR2=SRTR2+SRTR(I)**2
 11    CONTINUE
       DOD=NOB*NOT*(NOT+1.0)
       FFM=(12.0/DOD)*SRTR2-3.0*NOB*(NOT+1.0)
       IF(LL .EQ. 2)GO TO 17
       SS=5.16
       GO TO 18
 17    SS=7.66
C      ************************************************
C      * SS OR S(ALPHA,K,N) IS OBTAINED FROM TABLE A.15  *
C      * IF NO.OF BLOCK TENDING TO INFINITY              *
C      * -- SS FROM CHI-SQUARE(K-1,ALPHA)  *
C      ************************************************
 18    IF(FFM .GE. SS)GO TO 15
       FM=0.0
       GO TO 16
 15    FM =1.0
 16    RETURN
       END
C      ***************************************
C      * MULTIPLE COMPARISON FOR FRIEDMAN TEST *
C      ***************************************
       SUBROUTINE MCF(LL,SRTR,FFMC)
       DIMENSION SRTR(10),DRUV(10,10)
       COMMON F,IX,NOT,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
       IF(LL .EQ. 2)GO TO 5
       RF=7.903
       GO TO 6
 5     RF=8.935
C      ************************************************
C      * RF OR R(ALPHA,K,N) IS OBTAINED FROM TABLE A.17 *
C      * IF NO.OF BLOCK TENDING TO INFINITY              *
C      * --RF=Z(ALPHA,K,INFINITY)(N(K)(K+1))**2/12       *
C      * WHEN Z(ALPHA,K,INFINITY) FROM TABLE A.10        *
C      ************************************************
```

```
      6     DO 401 IO=1,IDFTR
            IIV=IO+1
            DO 402 IV=IIV,NOT
            DIFRJV=SRTR(IO)-SRTR(IV)
            ABSDR=ABS(DIFRJV)
            IF(ABSDR .GE. RF)GO TO 403
            DRJV(IO,IV)=0.0
            GO TO 402
      403   DRJV(IO,IV)=1.0
      402   CONTINUE
      401   CONTINUE
            DO 1  I=1,IDFTR
            MK=I+1
            DO 2 J=MK,NOT
            IF(DRJV(I,J) .EQ. 1.0)GO TO 3
            FFMJ=0.0
        2   CONTINUE
        1   CONTINUE
            GO TO 4
        3   FFMJ=1.0
        4   RETURN
            END
C           ***************
C           * DJKSUM TEST *
C           ***************
            SUBROUTINE DJKSUM(LL,X,J,FDO)
            DIMENSION ZZ(10,10,10),YH(10,10,10),H(10,10),H1(10,10),SH(10),
           *THI(10,10),X(10,30),MDS(10,10),DH(10,10,30),PHI(10,10,30),
           *RYH(10,10,30),BH(10,10),SHD(10),TH(10,10),SMU(10,10,30)
            COMMON F,IX,NOT,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
            IF(LL .EQ. 2)GO TO 40
            X2DS=5.99
            GO TO 41
       40   X2DS=9.210
C           **  X2DS IS OBTAINED FROM TABLE CHI-SQUARE(K-1,ALPHA) **
       41   DO 1  I=1,IDFTR
            II=I+1
            DO 2 IJ=II,NOT
            DO 3  J=1,NOB
            DH(I,IJ,J)=X(I,J)-X(IJ,J)
            YH(I,IJ,J) = ABS(DH(I,IJ,J))
            ZZ(I,IJ,J)=YH(I,IJ,J)
            IF(DH(I,IJ,J))4,5,6
        4   PHI(I,IJ,J)=1.0
            GO TO 3
        5   PHI(I,IJ,J)=0.5
            GO TO 3
        6   PHI(I,IJ,J)=0.0
        3   CONTINUE
            DO 7 K=1,NOB
            SMALL=0.0
            EQUAL=0.0
            DO 8 KK=1,NOB
            IF(ZZ(I,IJ,KK)-YH(I,IJ,K))9,10,8
        9   SMALL=SMALL+1.0
            GO TO 8
       10   EQUAL=EQUAL+1.0
        8   CONTINUE
            IF(EQUAL .EQ. 0.0)GO TO 11
            RYH(I,IJ,K)=SMALL+(EQUAL+1.0)*0.5
            GO TO 7
       11   RYH(I,IJ,K)=SMALL+1.0
        7   CONTINUE
            BH(I,IJ) =0.0
            TH(I,IJ)=0.0
            DO 12 J=1,NOB
            BH(I,IJ)=BH(I,IJ)+PHI(I,IJ,J)
            TH(I,IJ)=TH(I,IJ)+RYH(I,IJ,J)*PHI(I,IJ,J)
            SMU(I,IJ,J)=RYH(I,IJ,J)*PHI(I,IJ,J)
       12   CONTINUE
            H1(I,IJ)=TH(I,IJ)-BH(I,IJ)
            H(I,IJ)=(2.0*H1(I,IJ))/(NOB*(NOB-1.0))
        2   CONTINUE
        1   CONTINUE
```

```
      DO 13 I=1,NOT
      H(I,I)=0.0
      SH(I)=0.0
      DO 14 J=1,NOT
      IF(I .LE. J)GO TO 15
      H(I,J)=H(J,I)
   15 SH(I)=SH(I)+H(I,J)
   14 CONTINUE
      SHO(I)=SH(I)/NOT
   13 CONTINUE
      OB=NOB
      OT=NOT
      V1=7.0*(OB-2.0)+13.0-5.0*OB
      V2=(OT-2.0)*V1
      V3=3.0*OB*OT*(OB-1.0)
      VO=(2.0*OB-1.0+V2)/V3
      OIV=(IOFTR*VO)/(2.0*OT)
      VMINOS=IOFTR/(2.0*OT)
      AI=0.0
      DO 16 I=1,NOT
      A=(SHO(I)-VMINOS)**2
      AI=AI+A
   16 CONTINUE
      AII=AI/OIV
      IF (AII .GE. X2OS)GO TO 17
      O=0.0
      GO TO 25
   17 O=1.0
C     ************************************
C     * MULTIPLE COMPARISON FOR DOKSUM TEST *
C     ************************************
   25 DO 18 IO=1,IOFTR
      IIV=IO+1
      DO 19 IV=IIV,NOT
      THI(IO,IV)=(OB*(OB+1.0))/2.0-THI(IO,IV)
      IF(TH(IO,IV) .GT. THI(IO,IV))GO TO 20
      THMAX=THI(IO,IV)
      GO TO 21
   20 THMAX=TH(IO,IV)
   21 AO=OB*(OB+1.0)/4.0
C     ****************************************************
C     * ITH IS VALUE FROM TABLE A.10                     *
C     * MO IS T(ALPHA,K,N)=N(N+1)/4 + Q(ALPHA,K,INFINITY) *
C     *                    *(N(N+1)(2N+1)/48)**0.5       *
C     * WHEN Q(ALPHA,K,INFINITY) FROM TABLE A.10         *
C     ****************************************************
      IF(LL .EQ. 2)GO TO 45
      ITH=3.314
      GO TO 46
   45 ITH=4.120
   46 ULTI=(OB*(OB+1.0)*(2.0*OB+1.0)/48.0)**0.5
      SMO=AO+ITH*ULTI
      IF(THMAX .GE. SMO)GO TO 22
      MOS(IO,IV)=0.0
      GO TO 19
   22 MOS(IO,IV)=1.0
   19 CONTINUE
   18 CONTINUE
      DO 31 I=1,IOFTR
      MK=I+1
      DO 32 J=MK,NOT
      IF(MOS(I,J) .EQ. 1.0)GO TO 33
      FOO=0.0
   32 CONTINUE
   31 CONTINUE
      GO TO 34
   33 FOO=1.0
   34 RETURN
      END
```

```
C     ****************
C     * RANDOM NUMBER *
C     ****************
      SUBROUTINE RANDUM(IX,IY,YY)
      COMMON F,NOI,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
      IY=IX*65539
      IF(IY)10,20,20
   10  IY=IY+21+7483647+1
   20  YY=IY
       YY=YY*.4656613E-9
       IX=IY
       RETURN
       END
C      ***********************
C      * NORMAL  DISTRIBUTION *
C      ***********************
      SUBROUTINE NORMAL(AMEAN,SD,ERR)
      COMMON F,IX,NOI,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
      A=0.0
      DO 3 L=1,12
      CALL RANDUM(IX,IY,YY)
    3 A=A+YY
      P=(A-6.0)*SD+AMEAN
      ERR=P
      RETURN
      END
C     ************************
C     * LOGISTIC  DISTIBUTION *
C     ************************
      SUBROUTINE LOGIST(ALPHA,BETA,ERR)
      COMMON F,IX,NOI,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
    1 CALL RANDUM(IX,IY,YY)
      IF(YY .LE. 0.0)GO TO 1
      S=ALOG(YY)-ALOG(1.0-YY)
      ERR=AMEAN+S*BETA
      RETURN
      END
C     ******************************
C     * DOUBLEXPONENTIAL DISTRIBUTION *
C     ******************************
      SUBROUTINE DOUBLE(ALPHA,BETA,ERR)
      COMMON F,IX,NOI,NOB,IDFTR,IDFE,DMSE
      CALL RANDUM(IX,IY,YY)
      PP=ALOG(2.0)+ALOG(1.0-YY)
      ERR=-1*BETA*PP
      RETURN
      END
```

```
C      ***************************************
C      * SCALE CONTAMINATED NORMAL DISTRIBUTION *
C      ***************************************
       SUBROUTINE SCNRML(C,PC,AMEAN,SD,ERR)
       COMMON F,IX,NOT,NOB,IOFTR,IOFE,OMSE
       CSD=C*SD
       CALL RANDUM(IX,IY,YY)
       IF(YY-PC)1,1,2
 1     CALL NORMAL(AMEAN,CSD,ERR)
       GO TO 3
 2     CALL NORMAL(AMEAN,SD,ERR)
 3     RETURN
       END
C      ********************
C      * SKEWED DISTRIBUTION *
C      ********************
       SUBROUTINE SKEWED(AMEAN,SD,RD1,RD2,RD3,RD4,ERR)
       COMMON F,IX,NOT,NOB,IOFTR,IOFE,OMSE
       CALL RANDUM(IX,IY,YY)
       R1 = RD3*ALOG(YY)
       R2 = RD4*ALOG(1.0-YY)
       RX1=EXP(R1)
       RX2=EXP(R2)
       X1=RD1 + (RX1-RX2)/RD2
       P=AMEAN+SD*X1
       ERR=P
       RETURN
       END
/*
//GO.SYSIN  DD *
040305100100
000815
010000-10025-25
1025
/*
//
```

ประวัติผู้เขียน

เรือโท หญิง ศรัญญา วรรลยางกูร เกิดเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2505 จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช สำเร็จปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เมื่อปีการศึกษา 2525 และเข้าศึกษาต่อที่ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2526 ปัจจุบันรับราชการในสังกัดกองทัพเรือ