รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จรัญ จันทลักขณา. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2519.

เดือน สินธุพันธ์ประทุม. เทคนิคฟอร์แทรน 77. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

ธีระพร วีระถาวร. ความน่าจะเป็นกับการประยุกต์. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิค, 2537.

วันพร ปิ้นเก่า และ ธนาวรรณ จันทรัตนไพบูลย์. ภาษาฟอร์แทรน 77 และภาษาวัตไฟว์. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

สุชาดา กีระนันท์. การอนุมานเชิงสถิติทฤษฎีขั้นต้น. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

ภาษาอังกฤษ

Averill M. Law, and W. David Kelton. Simulation modelling and Analysis. New York : McGraw–Hill, 1991.

Doornboos, R., and Dijkstra, J. B. A multi sample test for the equality of coefficients of variation in normal populations. Communications in Statistics : Simulation and Computation 12 (1983) : 147-158.

Johnson, N.L., and Kotz, S. Continuous Univariate Distributions. Boston : Houghton Mifflin Co., 1970.

Merran Evans, Nicholas Hastings, and Brian Peacock. Statistical Distributions. New York : John Wiley, 1993.

Miller, E.G. Asymptotic test statistics for coefficients of variation. Communications in Statistics : Theory and Method 20 (1991) : 3351-3363.

Olkin Ingram, Leon J. Gleser, and Cyrus Oerman. Probability models and Applications. New York : Macmillam Publishing, 1980.

Ramsey, P.H. Exact type I error rates for robustness of student's test with unequal Variances. Journal of Education Statistics 5 (1980) : 337-349.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Rao, K. A. , and Vidya, R. On the performance of a test for coefficient of variation. Calcutta Statistical Association Bulletin 42 (1992) : 87-95.

Shafer, N. J. , and Sullivan, J. A. A simulation study of a test for the equality of the coefficients of variation. Communications in Statistics : Simulation and Computation 15 (1986) : 681-695.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถิติทดสอบสำหรับทดสอบความเท่ากันของสัมประสิทธิ์การแปรผันของประชากรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ คือ สถิติทดสอบเบนเนต ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กำหนดให้

v_i คือ สัมประสิทธิ์การแปรผันของตัวอย่างจากประชากรกลุ่มที่ i

โดยนิยาม

$$v_i = \frac{S_i}{\bar{X}_i}$$

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_i}(X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n_i - 1}} \quad ; \quad i = 1,2,...,k$$

$$j = 1,2,...,n_i$$

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}}{n_i}$$

n_i คือ ขนาดของตัวอย่างกลุ่มที่ i

k คือ จำนวนกลุ่มประชากร

<u>สถิติทดสอบเบนเนต</u> (Bennett Test Statistic : BTS)

สถิติทดสอบเบนเนตนี้เสนอโดย Bennett (1976)

สถิติทดสอบเบนเนต คือ

$$BTS = (N-k)\ln\sum_{i=1}^{k}\left(\frac{d_i}{N-k}\right) - \sum_{i=1}^{k}(X_{ij}-1)\ln\left(\frac{d_i}{n_i-1}\right)$$

เมื่อ

$$d_i = \frac{n_i v_i^2}{v_i^2 + 1}$$

$$N = \sum_{i=1}^{k} n_i$$

โดยที่ BTS มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ ด้วยองศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ k - 1 (Silvey, 113)

เกณฑ์การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ α คือ จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อค่าสถิติทดสอบเบนเนตที่คำนวณได้ มากกว่า $\chi^2_{\alpha,(k-1)}$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดของโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

โปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับสร้างตัวเลขสุ่ม

```
C ********************************************** C
C **** SUBROUTINE RANDOM VARIABLE  **** C
C ********************************************** C
      SUBROUTINE RANDOM (FLY)
      INTEGER*4 IY
      COMMON /SEED/IX,KK
      IY = IX*16807
      IF (IY.LT.0)  IY = IY +2147483647 + 1
      FLY = IY
      FLY = FLY/2147483647
      IX = IY
      RETURN
      END
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ

```
C ********************************************* C
C **** FUNCTION NORMAL DISTRIBUTION **** C
C ********************************************* C
      REAL FUNCTION NORMAL (DMEAN,SIGMA)

      PI = 3.1415926
      IF (KK.EQ.1) GOTO 10
      CALL RANDOM (FLY)
      R1 = FLY
      CALL RANDOM (FLY)
      R2 = FLY
      Z1 = SQRT(-2*ALOG(R1))*COS(2*PI*R2)
      Z2 = SQRT(-2*ALOG(R1))*SIN(2*PI*R2)
      NORMAL = Z1*SIGMA + DMEAN
      KK = 1
      RETURN
   10 NORMAL = Z2*SIGMA + DMEAN
      KK = 0
      RETURN
      END
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบแกมมา

```
C ********************************************** C
C **** FUNCTION GAMMA DISTRIBUTION **** C
C ********************************************** C
      FUNCTION GAMMA (ALPHA,BETA)
      IF (ALPHA(I).GT.0.0 .AND. ALPHA(I).LT.1.0) THEN
        E = 2.7182818
        B = (E+ALPHA)/E
   10   CALL RANDOM (FLY)
        P = B*FLY
        IF (P.GT.1.0) THEN
          Y = -ALOG((B-P)/ALPHA)
          Z = Y**(ALPHA-1)
          CALL RANDOM (FLY)
          IF (FLY.LE.Z) THEN
            GAMMA = BETA*Y
          ELSE
            GO TO 10
          END IF
        ELSE
          Y = P**(1/ALPHA)
          Z = E**(-Y)
          CALL RANDOM (FLY)
          IF (FLY.LE.Z) THEN
            GAMMA = BETA*Y
          ELSE
            GO TO 10
          END IF
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      END IF
    ELSE IF (ALPHA(I).EQ.1.0) THEN
          CALL  RANDOM (FLY)
          GAMMA  =  -BETA*ALOG(FLY)
        ELSE IF (ALPHA(I).GT.1.0) THEN
              E  =  2.7182818
              A  =  1/SQRT(2*ALPHA-1)
              B  =  ALPHA-ALOG(4.0)
              Q  =  ALPHA+(1/A)
              C  =  4.5
              D  =  1+ALOG(C)
20            CALL  RANDOM (FLY)
              R1  =  FLY
              CALL  RANDOM (FLY)
              R2  =  FLY
              V   =  A*ALOG(R1/(1-R1))
              Y   =  ALPHA*(E**V)
              Z   =  (R1**2)*R2
              W   =  B+(Q*V)-Y
              T   =  W+D-(C*Z)
              IF (T.GE.0.0) THEN
                 GAMMA  =  BETA*Y
              ELSE IF (W.GE.ALOG(Z)) THEN
                    GAMMA  =  BETA*Y
                 ELSE
                    GOTO 20
              END IF
    END IF
    RETURN
    END
```

โปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบไวบูลล์

```
C ***************************************** C
C *** FUNCTION WEIBULL DISTRIBUTION  *** C
C ***************************************** C
      FUNCTION WEIBULL (ALPHA,BETA)
      CALL RANDOM (FLY)
      WEIBULL = BETA*(-ALOG(FLY))**(1.0/ALPHA)
      RETURN
      END
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว

```
C ********************************************************************************* C
C *** THIS PROGRAM FOR COMPARISION ON TEST STATISTICS FOR TESTING *** C
C *** THE EQUALITY OF COEFFICIENTS OF VARIATION USING : MBTS, LRTS, *** C
C *** WTS, ATS.  THE MONTECARLO SIMULATION TECHNIQE IS USED IN    *** C
C *** THIS PROGRAM TO CALCULATE 8,000 REPLICATIONS IN EACH CASE.  *** C
C ********************************************************************************* C
      INTEGER ROUND, D, N(2), M(2), RTOM(2), RTOL(2), RTOW(2), RTOA(2)
      REAL P1(2), P2(2), DMEAN(2), SIGMA(2), ALPHA(2), BETA(2), SUMX(2),
     *SUMSD(2), X(2,100), POMBTS(3), POLRTS(3), POWTS(3), POATS(3), C7(2),
     * C8(2), C9(2), C10(2), MLEOM1(2), MLEOM2(2)
      DOUBLE PRECISION MBTS, LRTS, SMEAN(2), S(2), S1(2), R(2), R1(3), R2(2),
     * R22(2), MLEOM(2), MLEOR, A, B, C, C1, C2, C3,C4, C5, C13, C14, C15, D(2)
      COMMON /SEED/IX,KK
      OPEN (1,FILE = 'IP.DAT')
      OPEN (2,FILE = 'C:\FORTRAN\OUTPUT1.OUT',STATUS = 'UNKNOWN')
      OPEN (3,FILE = 'C:\FORTRAN\OUTPUT2.OUT',STATUS = 'UNKNOWN')
      OPEN (4,FILE = 'C:\FORTRAN\OUTPUT3.OUT',STATUS = 'UNKNOWN')
      OPEN (5,FILE = 'C:\FORTRAN\LASTIX.OUT',STATUS = 'UNKNOWN')
      CHI01 = 6.63
      CHI05 = 3.84
      CHI10 = 2.71
      KK = 0
      NROUND = 8000
    1 READ(1,*,END=2) D, N(1), N(2), P1(1), P1(2), P2(1), P2(2)
      IX = 16807
      RTOB(1) = 0
      RTOB(2) = 0
```

```
      RTOB(3) = 0
      RTOL(1) = 0
      RTOL(2) = 0
      RTOL(3) = 0
      RTOW(1) = 0
      RTOW(2) = 0
      RTOW(3) = 0
      RTOA(1) = 0
      RTOA(2) = 0
      RTOA(3) = 0
      L = 0
      ROUND = 1
   10 IF (ROUND.LE.NROUND) THEN
        IF (D.EQ.1) THEN
          DO 15 I = 1,2
            DMEAN(I) = P1(I)
            SIGMA(I) = P2(I)
            DO 20 J = 1,N(I)
              X(I,J) = NORMAL(DMEAN(I),SIGMA(I))
   20       CONTINUE
   15     CONTINUE
        ELSE
          IF (D.EQ.2) THEN
            DO 25 I = 1,2
              ALPHA(I) = 1/(P1(I)**2)
              BETA(I) = P2(I)
              DO 30 J = I,N(I)
                X(I,J) = GAMMA(ALPHA(I),BETA(I))
   30         CONTINUE
   25       CONTINUE
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
            ELSE
              IF (D.EQ.3) THEN
                DO 35 I = 1,2
                  ALPHA(I)  = P1(I)
                  BETA(I)   = P2(I)
                  DO 40 J = 1,N(I)
                    X(I,J) = WEIBULL(ALPHA(I),BETA(I))
40                CONTINUE
35              CONTINUE
              END IF
            END IF
          END IF
          DO 45 I = 1,2
            SUMX(I) = 0.0
            SUMSD(I) = 0.0
            DO 50 J = 1,N(I)
              SUMX(I) = SUMX(I) + X(I,J)
50          CONTINUE
            SMEAN(I) = SUMX(I)/N(I)
            DO 55 J = 1,N(I)
              SUMSD(I) = SUMSD(I) + (X(I,J) - SMEAN(I))**2
55          CONTINUE
            S(I)  = SQRT(SUMSD(I)/N(I))
            R(I)  = S(I)/SMEAN(I)
            S1(I) = SQRT(SUMSD(I)/(N(I)-1))
            R1(I) = S1(I)/SMEAN(I)
45        CONTINUE
```

```
C ********************************************************************** C
C ***************  MODIFIED BENNETT TEST STATISTIC  *************** C
C ********************************************************************** C
      C1 = 0.0
      C2 = 0.0
      M  = 0
      DO 60 I = 1,2
        D(I) = N(I)*R(I)**2/(R(I)**2 + 1)
        C1  = C1 +D(I)
        C2  = C2 +(N(I)-1)*ALOG(D(I)/(N(I)-1))
   60 CONTINUE
      DO 65 I = 1,2
        M = M + N(I)
   65 CONTINUE
      MBTS  =  (M-K)*ALOG(C1/(M-K)) - C2
      IF (MBTS.GT.CHI01)  RTOM(1)  = RTOM(1) + 1
      IF (MBTS.GT.CHI05)  RTOM(2)  = RTOM(2) + 1
      IF (MBTS.GT.CHI10)  RTOM(3)  = RTOM(3) + 1
C ********************************************************************** C
C ***************  LIKELIHOOD RATIO TEST STATISTIC  *************** C
C ********************************************************************** C
      C1 = N(1)/(2*(1+R(1)**2))
      C2 = 4*(1+R(1)**2)
      C3 = N(2)/(2*(1+R(2)**2))
      C4 = 4*(1+R(2)**2)
      C5 = N(1) + N(2) - C1 - C3
      A = C3**4*C4**2 + C1**4*C2**2 - 2*C1**2*C2*C3**2*C4
      B = 2*C3**2*C4*C5**2 - 2*C1**2*C2*C5**2 + 2*C3**4*C4 -
     *    2*C1**2*C2*C3**2 - 2*C1**2*C3**2*C4 + 2*C1**4*C2 -
     *    4*C3**2*C4*C5**2
```

```
      C = C5**4 + 2*C3**2*C5**2 - 4*C3**2*C5**2 - 2*C1**2*C5**2
     *      + C3**4 - 2*C1**2*C3**2 + C1**4
      R2(1)  = (-B + SQRT(B**2 - 4*A*C))/(2*A)
      R2(2)  = (-B - SQRT(B**2 - 4*A*C))/(2*A)
      R22(1) = SQRT(R2(1))
      R22(2) = SQRT(R2(2))
      IF (R22(1).EQ.0.0 .OR. R22(2).EQ.0.0) THEN
        L = L + 1
        GOTO 10
      ELSE
        C6 = 0.0
        DO 70 I =1,2
          MLEOM1(I) = 2*(1+R(I)**2)*SMEAN(I)/(1+SQRT(1+4*(1+R(I)**2)*
     *                    R2(1)))
          MLEOM2(I) = 2*(1+R(I)**2)*SMEAN(I)/(1+SQRT(1+4*(1+R(I)**2)*
     *                    R2(2)))
   70   CONTINUE
        C7(1)  = 0.0
        C7(2)  = 0.0
        C8(1)  = 0.0
        C8(2)  = 0.0
        C11    = 0.0
        C12    = 0.0
        P1  = 3.1415926
        DO 75 I=1,2
          DO 80 J=1,N(I)
            C7(I) = C7(I) + (X(I,J) - MLEOM1(I))**2
            C8(I) = C8(I) + (X(I,J) - MLEOM2(I))**2
   80     CONTINUE
          C9(I)  = C7(I)/(MLEOM1(I)**2)
```

```
            C10(I) = C8(I)/(MLEOM2(I)**2)
            C11   = C11 + C9(I)
            C12   = C12 + C10(I)
 75       CONTINUE
          C13 =  EXP(-C11/(2*R2(1)))* (1/(SQRT(2*PI)*MLEOM1(1)*SQRT(R2(1))))
     *          **N(1)* (1/(SQRT(2*PI)*MLEOM1(2)*SQRT(R2(1))))**N(2)
          C14 =  EXP(-C12/(2*R2(2)))* (1/(SQRT(2*PI)*MLEOM2(1)*SQRT(R2(2))))
     *          **N(1)* (1/(SQRT(2*PI)*MLEOM2(2)*SQRT(R2(2))))**N(2)
          IF (C13.GT.C14) THEN
            MLEOR = SQRT(R2(1))
            MLEOM(1) = MLEOM1(1)
            MLEOM(2) = MLEOM1(2)
          ELSE
            MLEOR = SQRT(R2(2))
            MLEOM(1) = MLEOM2(1)
            MLEOM(2) = MLEOM2(2)
          END IF
          C15 = 0.0
          DO 85 I = 1,K
            C15 = C15 + N(I)*ALOG(MLEOM(I)**2*MLEOR**2/(S(I)**2))
 85       CONTINUE
        END IF
        LRTS = C15
        IF (LRTS.GT.CHI01)  RTOL(1) = RTOL(1) + 1
        IF (LRTS.GT.CHI05)  RTOL(2) = RTOL(2) + 1
        IF (LRTS.GT.CHI10)  RTOL(3) = RTOL(3) + 1
```

```
C ********************************************************************************* C
C ************************  WALD TEST STATISTIC  ************************************ C
C ********************************************************************************* C
      WTS = (R(1)-R(2))**2/(R(1)**2/(2*N(1)) + R(1)**4/N(1) + R(2)**2/(2*N(2))
     *          + R(2)**4/N(2))
      IF (WTS.GT.CHI01)  RTOW(1) = RTOW(1) + 1
      IF (WTS.GT.CHI05)  RTOW(2) = RTOW(2) + 1
      IF (WTS.GT.CHI10)  RTOW(3) = RTOW(3) + 1
C ********************************************************************************* C
C ********************  ASYMPTOTIC TEST STATISTIC  ******************************** C
C ********************************************************************************* C
      DO 90 I = 1,2
        M(I) = N(I) - 1
   90 CONTINUE
      C   = (M(1)*R1(1) + M(2)*R1(2))/(M(1)+M(2))
      ATS = (R1(1)-R1(2))**2/((1.0/M(1)+1.0/M(2))*(C**2)*(0.5+C**2))
      IF (ATS.GT.CHI01)  RTOA(1) = RTOA(1) + 1
      IF (ATS.GT.CHI05)  RTOA(2) = RTOA(2) + 1
      IF (ATS.GT.CHI10)  RTOA(3) = RTOA(3) + I
      ROUND = ROUND + 1
      GOTO 10
    ELSE
      GOTO 95
    END IF
   95 COUNT = ROUND - 1
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
C ********************************************************************** C
C ******************  CALCULATE PROB OF REJECTION  ****************** C
C ********************************************************************** C
      DO 100 I = 1,3
        POMBTS(I)  = RTOM(I)/COUNT
        POLRTS(I)  = RTOL(I)/COUNT
        POWTS(I)   = RTOW(I)/COUNT
        POATS(I)   = RTOA(I)/COUNT
  100 CONTINUE
C ********************************************************************** C
C ***************************  PRINT OUTPUT  *************************** C
C ********************************************************************** C
      WRITE(2,105) POMBTS(1),POLRTS(1),POWTS(1),POATS(1)
      WRITE(3,105) POMBTS(2),POLRTS(2),POWTS(2),POATS(2)
      WRITE(4,105) POMBTS(3),POLRTS(3),POWTS(3),POATS(3)
  105 FORMAT(4F12.5)
      GOTO 1
    2 WRITE(5,*) 'IX = ',IX
      STOP
      END
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวอรไท พลเสน เกิดวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2516 ที่ตำบลวังยาง อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2537 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย