บรรณานุกรม

ภาษาไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิทยาศาสตร์. แผนกวิชาคณิตศาสตร์, ความน่าจะเป็นและสถิติ. ๑ สิงหาคม ๒๕๒๐.

ปราณีต เจาะเกษตริน. "สถิติเบื้องต้น," โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ท่าพระจันทร์ พระนคร, ๒๕๑๒.

สุชาติ ธวัชชัย และพิสิฐ. "สถิติสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์," มิถุนายน ๒๕๑๑, หน้า ๑-๔.

ภาษาอังกฤษ

B.V. Gnedenko, The Theory of Probability. Chelsea Publishing Co., New York, 1962, pp. 384-401.

Cooper and Steinberg. "Introduction to methods of optimization," W.B. Saunders Company 1970.

C.F. Gerald, "Applied Numerical Analysis," Addison-Wesley Publishing Co. Inc., January, 1970.

D.A. Pierre, "Optimization theory with applications," New York, Jon Wiley and Sons, Inc., March, 1961.

Fox, Optimization Method For Engineering Design, "Massachusetts, Addison-Wesley publishing Co. Inc.," Nov. 1970, pp. 64.

H.W. Lilliefors, On the Kolmogorov-Sminov test for normality with mean and variance unknown, J.A.S.A., 62(1967), pp. 399-402.

N. Smirnov, Table for estimating the goodness of fit of empirical distribution, Annals of Math. Stat, 19, pp. 279-281.

Paul Cress, Paul Dirksen, J. Wesley Graham, "Fortran IV with Watfor and Watfiv", Prentice-Hall Inc. 1968, 1970.

R.W. Hamming, Numerical Methods for Scientists and Engineers, McGraw-Hill, N.Y., 1962, p. 34,389.

R. Von Mises, Mathematical theory of Probability and Statistics. Academic Press, New York, 1964, pp. 490-493.

George B. Thomas, JR. "Calculus and Analytic Geometry," Addison-Wesley Publishing Company, Inc. London, p. 207-259, 386-387, 1967.

IBM Application program System/360 Scientific Subroutine Package (360 A-CX-03X) Version III.

M.J.D. Powell. "An efficient method for finding the minimum of a function of several variables without calculating derivatives," The Computer Journal P. 155-162, 1964.

Willard I. Zangwill "Minimizing a function without calculating deriyatives" The Computer Journals p. 293-296, Nov. 1967.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

๑. แสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) จำนวน ๒๐๐๐ตัว ที่มีค่าเฉลี่ย ๔๐.๕ และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ๗.๕

```
C*************************************************************************
C  NORMAL DISTRIBUTION RANDOM NUMBER TO BE GENERATED
C*************************************************************************

C*************************************************************************
0001          DIMENSION Y(2000),C(500),Z(2000),D(2000) ,W(2000),CLALT(2000)
0002          DIMENSION B(2000),UBO(3),FREQ(20),PCT(10),STATS(5),PF(20)
0003          DIMENSION F(200),DD(200),ER(200),SN(200)
0004          DIMENSION SUM(200),PUM(200)
0005          DIMENSION MUM(20)
0006          COMMON Z,PF,CLALT
0007          REAL ME
0008          REAL MUM
0009          N=2000
0010        1 READ (1,4) IX
0011        4 FORMAT (I9)
0012          IF(IX-0) 5,2,5
0013        5 AM=40.5
0014          S=7.5
0015              DO 40 I=1,N
C*************************************************************************
C*************************************************************************
C     INITIALIZE INPUT VECTOR FOR 2,000 OBSERVATIONS
C*************************************************************************
C*************************************************************************
C
0016          CALL GAUSS(IX,S,AM,V)
C
0017          Y(I)=V
0018       40 IX=IX+1
C         WRITE(3,100) (Y(I),I=1,N)
```

```
C*************************************************************************
C  TEST FREQUENCY DISTRIBUTION OF RANDOM NUMBERS TO BE GENERATED
C*************************************************************************
C
      DO 500 I=1,N
  500 Z(I)=Y(I)
      RANGE=4.5
C
      CALL DIST(N,RANGE,INTER,ME,VAR)
C
      VAR=VAR/N
      WRITE(3,600) ME,VAR
  600 FORMAT(10X,'MEAN=',F12.6,5X,'VARIANCE=',F12.6)
      INTER=INTER-1
      NU=1
C
      CALL HIST(NU,PF,INTER)
C
C
C*************************************************************************
C     TABULATE FOR ONE VARIABLE IN AN OBSERVATION MATRIX,THE FREQUENCO
C     AND PERCENT FREQUENCY OVER GIVEN CLASS INTERVAL,IN ADDITION,
C     CALCULATE FOR THE SAME VARIABLE THE TOTAL,AVERAGE,STANDARD DEVIATION,
C     MINIMUM,AND MAXIMUM.
C*************************************************************************
C
      NV=1
      NOVAR=1
      DO 900 I=1,N
  900 B(I)=1.0
      UBO(1)=17.0
      UBO(2)=8.0
      UBO(3)=71.0
      SZ=(UBO(3)-UBO(1))/(UBO(2)-2.0)
C     WRITE(3,905) SZ
  905 FORMAT(4X,'INTERVAL FOR FIXED TO EQUAL TO',F12.6)
      INN=INTER+1
      NI=N
```

```
0040                  CALL CHISQ(ME,VAR,INN,CLALT,SN,NI,PF,ER,FF,SUM,PUM,MUM)
                C
0041                  CALL TABL(Y,B,NOVAR,UBO,FREQ,PCT,STATS,N,NV)
                C
0042                  NT=UBO(2)
0043                  WRITE(3,910)(FREQ(I),I=1,NT)
0044                  WRITE(3,920)(PCT(I),I=1,NT)
0045                  WRITE(3,940) (STATS(I),I=1,5)
0046                  NU=2
                C
0047                  CALL HIST(NU,FREQ,NT)
                C**********************************************************************
                C**********************************************************************
                C  RANDOM SAMPLING FROM RANDOM NUMBERS TO BE GENERATED
                C**********************************************************************
                C**********************************************************************
0048                  DO 321 L=1,10
0049                  R=L
0050                  NI=30
                C
0051                  CALL SMPLNG(Y,R,N,NI,C)
                C
0052                  DO 666 I=1,NI
0053              666 Z(I)=C(I)
0054                  WRITE(3,100) (Z(I),I=1,NI)
0055              100 FORMAT(10(F12.6)//)
0056                  RANGE=4.5
                C
                C**********************************************************************
                C  TEST FREQUENCY DISTRIBUTION OF RANDOM NUMBERS
                C**********************************************************************
                C
0057                  CALL DIST(NI,RANGE,INTER,ME,VAR)
                C
0058                  NN=NI-1
0059                  VAR=VAR/NN
0060                  WRITE(3,620) ME,VAR
```

```
0061          620 FORMAT(10X,'SAMPLE MEAN=',F8.2,5X,'SAMPLE VARIANCE=',F8.2)
0062              INTER=INTER-1
0063              NU=3
                  C
0064              CALL HIST(NU,PF,INTER)
                  C
0065              DO 960 I=1,N
0066          960 B(I)=0.0
0067              I1=N/NI
                  C*****************************************************************
                  C     INITIALZE INPUT VECTOR FOR 100 OBSERVATOONS
                  C*****************************************************************
0068              DO 800 I=1,NI
0069              J=R+(I-1)*I1
0070          800 B(J)=1.0
                  C
0071              CALL TABI(Y,B,NOVAR,UBD,FREQ,PCT,STATS,N,NV)
                  C
0072              WRITE(3,910)(FREQ(I),I=1,NT)
0073              WRITE(3,920)(PCT(I),I=1,NT)
0074              WRITE(3,940) (STATS(I),I=1,5)
0075              NU=4
                  C
0076              CALL HIST(NU,FREQ,NT)
                  C
0077              VAR=SQRT(VAR)
                  C
0078              CALL CHISQ(ME,VAR,INN,CLALT,SN,NI,PF,ER,FF,SUM,PUM,MUM)
                  C
                  C*****************************************************************
0079              WRITE(2,11) ME,VAR
0080              WRITE(2,22) (CLALT(I),I=1,10)
0081              WRITE(2,44) (CLALT(I),I=11,20)
0082              WRITE(2,33) (PF(I),I=1,10)
0083              WRITE(2,55) (PF(I),I=11,20)
0084           11 FORMAT(2(F9.3))
0085           22 FORMAT(10(F8.3))
0086           33 FORMAT(10(F8.3))
0087           44 FORMAT(10(F8.3))
0088           55 FORMAT(10(F8.3))
```

```
0089            WRITE(3,111)
0090            WRITE(3,222)
0091            WRITE(3,333)
0092            WRITE(3,444)
0093            WRITE(3,555)
0094            WRITE(3,111)
0095            DO 99 I=1,INTER
0096         99 WRITE(3,999) CLALT(I),CLALT(I+1),PF(I),ER(I),SUM(I),PUM(I),MUM(I)
0097            WRITE(3,444)
0098            WRITE(3,111)
0099            WRITE(3,777) FF
0100        321 WRITE(3,444)
0101            GOTO 1
0102          2 CONTINUE

0103        111 FORMAT(132H ----------
               1----------
               2----------)
0104        222 FORMAT(45X,'(O)',16X,'(E)',42X,'2',21X,'2')
0105        333 FORMAT(5X,'LOWER LIMIT',5X,'UPPER LIMIT',11X,'OBSERVE',6X,'
               1EXPECTED',15X,'(O - E)',10X,'(O - E)',10X,'(O - E)')
0106        444 FORMAT(120X,'--------')
0107        555 FORMAT(42X,'FREQUENCY',10X,'FREQUENCY',52X,'E')
0108        777 FORMAT(112X,'CHI-SQUARE=',F12.6)
0109        999 FORMAT(3X,F12.6,3X,F12.6,7X,F12.6,3X,F18.6,3X,F18.6,2X,F18.6,2X,
               1F18.6)
0110        910 FORMAT(5X,8(F8.2,5X)//)
0111        920 FORMAT(5X,8(F8.2,5X)//)
0112        940 FORMAT(5X,'TOTAL=',F12.6,5X,'AVERAGE=',F12.6,5X,'STANDARD=',F12.6,
               15X,'MINIMUM=',F12.6,5X,'MAXIMUM=',F12.6)
           C*****************************************************************
0113            STOP
0114            END
```

๑.๒ แสดงสับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสุ่มตัวอย่างจากประชากรโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ

```
0001                SUBROUTINE SMPLNG(Y,R,N,NI,X)
0002                DIMENSION X(1),Y(1)
0003                I1=N/NI
0004                DO 1 I=1,NI
0005                J=R+(I-1)*I1
0006              1 X(I)=Y(J)
0007                RETURN
0008                END
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๑.๓ แสดงสับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณหาค่าความถี่ในแต่ละช่วงของข้อมูลโดยใช้ช่วงห่างแต่ละช่วง ๔.๕

```
      C*************************************************************************
      C  FREQUENCY  DISTRIBUTION  PROGRAM
      C*************************************************************************
      C
0001        SUBROUTINE DIST(N,RANGE,INTER,ME,VAR)
      C
0002        COMMON X,JF,CLALT
0003        DIMENSION X(2000),JF(20),CLALT(2000)
0004        REAL JF
0005        REAL ME
0006        DO 220I=2,N
0007        IF (X(I)-X(I-1)) 200,220,220
0008      200 TERM=X(I)
0009        IM=I-1
0010        DO 240 J=1,IM
0011        L=I-J
0012        IF(TERM-X(L)) 260,280,280
0013      260 X(L+1)=X(L)
0014      240 CONTINUE
0015        X(1)=TERM
0016        GO TO 220
0017      280 X(L+1)=TERM
0018      220 CONTINUE
0019        SS=0.0
0020        SUM=0.0
0021        DO 400 I=1,N
0022        SUM=SUM+X(I)
0023      400 SS=SS+X(I)**2
0024        ME=SUM/N
0025        VAR=SS-(SUM**2)/N
0026         DO 1 I=1,N
0027         JF(I)=0
0028        1 CLALT(I)=0
0029         CLALT(1)=X(1)
0030         J=2
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
0031          40 CLALT(J)=CLALT(J-1)+RANGE
0032             IF(CLALT(J)-X(N))130,2,2
0033         130 J=J+1
0034             GO TO 40
0035           2 INTER=J
0036             IOTFQ=0
0037             DO 36 I=1,N
               C*******************************************************************
               C*******************************************************************
               C*******************************************************************
0038             K=2
0039           4 IF (X(I)-CLALT(K))11,11,13
0040          13 K=K+1
0041             GO TO 4
0042          11 JF(K-1)=JF(K-1)+1
0043          36 IOTFQ=IOTFQ+1
               C  WRITE(3,3)
0044           3 FORMAT(10X,11HLOWER LIMIT,5X,11HUPPER LIMIT,5X,9HFREQUENCY//)
0045             M=INTER-1
               C  DO 46 I=1,M
               C 46 WRITE(3,20) CLALT(I),CLALT(I+1),JF(I)
0046          20 FORMAT(10X,3(F12.6,5X))
               C  WRITE(3,21) IOTFQ
0047          21 FORMAT(2X,'TOTAL FREQUENCY IS',I15//)
0048             WRITE(3,31) M
0049          31 FORMAT(10X,'NUMBER OF INTERVALS =',I10//)
0050             RETURN
0051             END
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๑.๔ แสดงสับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างเลขสุ่มแบบปกติ

```
0001            SUBROUTINE GAUSS(IX,S,AM,V)
0002            A=0.0
0003            IY=0
0004            Y=0.0
0005            DO 50 I=1,12
0006            CALL RANDU(IX,IY,Y)
0007            IX=IY
0008         50 A=A+Y
0009            V=(A-6.0)*S+AM
0010            RETURN
0011            END
```

๑.๕ แสดงสับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างเลขสุ่มแบบสม่ำเสมอ

```
0001            SUBROUTINE RANDU(IX,IY,Y)
0002            IY=IX*65539
0003            IF(IY)5,6,6
0004          5 IY=IY+2147483647+1
0005          6 Y=IY
0006            Y=Y*.4656613E-9
0007            RETURN
0008            END
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒. แสดงโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้วิธีการค้นหาตัวแปรเดียว (Univariate Search)

```
C*************************************************************************
C       UNISER
C*************************************************************************
C
C*************************************************************************MM44
C       ONE-DIMENSIONAL SEARCH
C*************************************************************************MM44
C*
0001          DIMENSION X(2),E(2,2),FU(2),FSTAR(2),XSTAR(4),XX(2)
0002          DIMENSION W(30),O(30),ER(30),SUM(30),FMUM(30),PUM(30)
0003          DIMENSION F(30),DD(30)
0004          REAL KCHECK
0005          E(1,1)=1.0
0006          E(1,2)=0.0
0007          E(2,1)=0.0
0008          E(2,2)=1.0
0009          N=2
0010          NU=1
0011        1 READ(1,3) (X(I),I=1,N)
0012        3 FORMAT(2(F9.3))
0013          WRITE(3,900) (X(I),I=1,N)
0014          IF(X(1).EQ.0.0) GO TO 220
0015          READ(1,2) JK
0016        2 FORMAT(I3)
0017          IK=JK-1
0018          READ(1,44)  (W(I),I=1,JK)
0019          READ(1,445) (O(I),I=1,IK)
C*************************************************************************
0020          WRITE(3,77)
0021          WRITE(3,888) (W(I),I=1,JK)
0022          WRITE(3,889)
0023          WRITE(3,446) (O(I),I=1,IK)
C*************************************************************************
0024         44 FORMAT(10(F8.3))
0025        445 FORMAT(10(F8.3))
0026        446 FORMAT(5X,7(F18.6))
0027         77 FORMAT(40X,'INTERVALS OF DATA')
```

```
0057              FSTAR(2)=FU(1)
0058              XSTAR(3)=XX(1)
0059              XSTAR(4)=XX(2)
0060              XSTAR(3)=X(1)
0061              XSTAR(4)=X(2)
                C*************************************************************************
0062              CALL CHISQ(X,NX,JK,W,NI,O,ER,SUM,FMUM,PUM,FF)
                C*************************************************************************
0063           33 WRITE(3,111)
0064              WRITE(3,222)
0065              WRITE(3,333)
0066              WRITE(3,444)
0067              WRITE(3,555)
0068              WRITE(3,111)
0069              DO 99 I=1,INTER
0070           99 WRITE(3,999) W(I),W(I+1),O(I),ER(I),SUM(I),PUM(I),FMUM(I)
0071              WRITE(3,444)
0072              WRITE(3,111)
0073              WRITE(3,777) FF
0074          321 WRITE(3,444)
0075              WRITE(3,11)  NX,XSTAR(3),XSTAR(4),FSTAR(2)
                C*************************************************************************
0076           11 FORMAT(5X,'NX=',I5,5X,'X1=',F18.6,5X,'X2=',F18.6,5X,'FUNCTION=',
                 1F18.6)
0077              KK=KK+1
0078              IF(FSTAR(1).GT.FSTAR(2)) GO TO 40
0079              XSTAR(1)=X(1)
0080              XSTAR(2)=X(2)
                C*************************************************************************
0081              CALL CHISQ(X,NX,JK,W,NI,O,ER,SUM,FMUM,PUM,FF)
                C*************************************************************************
0082              WRITE(3,111)
0083              WRITE(3,222)
0084              WRITE(3,333)
0085              WRITE(3,444)
0086              WRITE(3,555)
0087              WRITE(3,111)
0088              DO 91 I=1,INTER
0089           91 WRITE(3,999) W(I),W(I+1),O(I),ER(I),SUM(I),PUM(I),FMUM(I)
```

```
0090            WRITE(3,444)
0091            WRITE(3,111)
0092            WRITE(3,777) FF
0093            WRITE(3,444)
0094            WRITE(3,11)  NX,XSTAR(1),XSTAR(2),FSTAR(1)
              C*************************************************************************
0095            NU=NU+1
              C*************************************************************************
0096            CALL HIST(NU,ER,IK)
              C*************************************************************************
0097            GO TO 95
0098          100 FU(1)=FU(2)
0099            I=2
0100            XX(1)=X(1)
0101            XX(2)=X(2)
0102            GO TO 80
0103          200 KCHECK=-1.0
0104            X(1)=XX(1)
0105            X(2)=XX(2)
0106            I=2
0107            GOTO 80
0108          300 FSTAR(1)=FU(1)
0109            XSTAR(1)=XX(1)
0110            XSTAR(2)=XX(2)
0111            XSTAR(1)=X(1)
0112            XSTAR(2)=X(2)
              C*************************************************************************
0113            CALL CHISQ(X,NX,JK,W,NI,O,ER,SUM,FMUM,PUM,FF)
              C*************************************************************************
0114            WRITE(3,111)
0115            WRITE(3,222)
0116            WRITE(3,333)
0117            WRITE(3,444)
0118            WRITE(3,555)
0119            WRITE(3,111)
0120            DO 92 I=1,INTER
0121           92 WRITE(3,999) W(I),W(I+1),O(I),ER(I),SUM(I),PUM(I),FMUM(I)
```

```
0122            WRITE(3,444)
0123            WRITE(3,111)
0124            WRITE(3,777) FF
0125            WRITE(3,444)
0126            WRITE(3,11)  NX,XSTAR(1),XSTAR(2),FSTAR(1)
0127            KK=KK+1
0128            IF(KK.GE.2) GO TO 500
0129        340 K=2
0130            X(1)=XX(1)
0131            X(2)=XX(2)
0132            GO TO 60
0133        500 IF(FSTAR(2).GT.FSTAR(1)) GO TO 340
0134            XSTAR(3)=X(1)
0135            XSTAR(4)=X(2)
          C*************************************************************************
0136            CALL CHISQ(X,NX,JK,W,NI,O,ER,SUM,FMUM,PUM,FF)
          C*************************************************************************
0137            WRITE(3,111)
0138            WRITE(3,222)
0139            WRITE(3,333)
0140            WRITE(3,444)
0141            WRITE(3,555)
0142            WRITE(3,111)
0143            DO 93 I=1,INTER
0144         93 WRITE(3,999) W(I),W(I+1),O(I),ER(I),SUM(I),PUM(I),FMUM(I)
0145            WRITE(3,444)
0146            WRITE(3,111)
0147            WRITE(3,777) FF
0148            WRITE(3,444)
0149        111 FORMAT(132H  ----------------------------------------------------
               1----------------------------------------------------------------
               2----------)
0150        222 FORMAT(45X,'(O)',16X,'(E)',42X,'2',21X,'2')
0151        333 FORMAT(5X,'LOWER LIMIT',5X,'UPPER LIMIT',11X,'OBSERVE', 6X,'
               1EXPECTED',15X,'(O - E)',10X,'(O - E)',10X,'(O - E)')
0152        444 FORMAT(120X,'-------')
0153        555 FORMAT(42X,'FREQUENCY',10X,'FREQUENCY',52X,'E')
0154        777 FORMAT(112X,'CHI-SQUARE=',E12.6)
0155        999 FORMAT(3X,F12.6,3X,F12.6,7X,F12.6,3X,F18.6,3X,F18.6,2X,F18.6,2X,
               1F18.6)
```

```
0156            WRITE(3,11)  NX,XSTAR(3),XSTAR(4),FSTAR(2)
0157            NU=NU+1
               C*************************************************************************
0158            CALL HIST(NU,ER,IK)
               C*************************************************************************
0159             95 GOTO 161
0160            220 STOP
0161            END
```

๒.๑ แสดงสับโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณค่าไคสแควร์ (χ^2)

```
0001            SUBROUTINE CHISQ(X,NX,N,W,NI,O,ER,SUM,FMUM,PUM,FF)
0002            DIMENSION W(30),F(30),DD(30),X(2),O(30),SUM(30),FMUM(30),ER(30),
               1PUM(30)
0003            NX=NX+1
0004            DO 1 I=1,N
0005            X1=(W(I)-X(1))/X(2)
0006            CALL NDTR(X1,Y1,D)
0007            F(I)=Y1
0008           1 DD(I)=D
0009            DO 2I=2,N
0010           2 ER(I-1)=F(I)-F(I-1)
0011            INTER=N-1
0012            FF=0.0
0013            DO 3 I=1,INTER
0014            ER(I)=NI*ER(I)
0015            SUM(I)=O(I)-ER(I)
0016            IF(SUM(I).GE.0.000001) GO TO 900
0017            SUM(I)=-1*SUM(I)
0018          900 PUM(I)=SUM(I)**2
0019            IF(ER(I).LE.0.000001) GO TO 44
0020            FMUM(I)=PUM(I)/ER(I)
0021            FF=FF+FMUM(I)
0022            GO TO 3
0023           44 FF=99999
0024            GOTO 33
```

```
0025              3 CONTINUE
0026             33 WRITE(3,111)
                C    WRITE(3,222)
                C    WRITE(3,333)
                C    WRITE(3,444)
                C    WRITE(3,555)
                C    WRITE(3,111)
                C    DO 99 I=1,INTER
                C 99 WRITE(3,999) W(I),W(I+1),O(I),ER(I),SUM(I),PUM(I),FMUM(I)
0027                 WRITE(3,444)
                C    WRITE(3,111)
0028                 WRITE(3,777) FF
0029            321  WRITE(3,444)
0030            111  FORMAT(132H   ----------------------------------------------------
                    1----------------------------------------------------------------
                    2-----------)
0031            222  FORMAT(45X,'(O)',16X,'(E)',42X,'2',21X,'2')
0032            333  FORMAT(5X,'LOWER LIMIT',5X,'UPPER LIMIT',11X,'OBSERVE',6X,'
                    1EXPECTED',15X,'(O - E)',10X,'(O - E)',10X,'(O - E)')
0033            444  FORMAT(120X,'-------')
0034            555  FORMAT(42X,'FREQUENCY',10X,'FREQUENCY',52X,'E')
0035            777  FORMAT(112X,'CHI-SQUARE=',F12.6)
0036            999  FORMAT(5X,F12.6,3X,F12.6,7X,F12.6,3X,F13.6,3X,F13.6,2X,F13.6,2X,
                    1F13.6)
0037                 END
0038                 ENDIF
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(๑) ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม GAUSS ๒๐๐๐ ตัว โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ๔๐.๖๒๗ และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ๗.๔๙๙

43.883484	33.227453	35.000046	34.652466	47.879761
27.304947	45.344315	31.848694	40.113388	49.851364
40.722748	42.515015	25.567108	57.531586	42.568222
39.063339	36.967789	33.348358	52.245377	32.431015
46.661499	41.017395	45.425446	43.955826	43.488403
24.342270	41.461304	39.750854	49.657852	41.589355
37.762451	37.579620	47.623230	42.363052	56.670029
33.731049	41.957245	34.480560	49.831879	42.394455
46.226593	33.347046	27.577423	45.034500	24.867096
41.330475	53.292709	44.766281	37.558853	34.636734
35.295486	38.230301	38.600998	40.184677	28.710083
47.467361	58.786819	39.980957	27.342560	54.293747
42.278824	40.495117	48.055481	39.676102	50.983551
44.534698	57.643173	38.106445	41.426743	45.619980
49.706558	41.977249	31.628220	37.359222	31.528183
40.956268	42.977036	45.323578	33.447266	31.361755
34.606354	38.922104	35.734650	48.037292	47.768417
30.776672	37.967773	46.226837	42.709671	33.597092
45.905838	45.949829	43.045731	39.556091	35.864548
43.875992	40.136215	29.664246	39.091324	45.200500
39.960068	35.645004	31.140228	43.018921	42.490234
51.809799	46.246948	35.202164	43.568848	36.932861

40.859726	39.037689	41.761246	43.671860	46.125870
29.093231	33.300476	36.211563	25.440262	35.688110
42.801498	36.041290	34.659668	32.376907	33.352478
50.743881	43.947556	33.114548	44.535767	50.490143
44.648956	41.631317	36.802963	37.413620	43.665604
38.307922	28.349640	54.985886	42.830780	49.550476
59.490601	39.891388	33.284515	44.665482	29.534790
33.902374	42.348419	42.734802	43.660263	43.254089
37.900803	39.490692	32.289246	40.519592	35.251511
31.690826	45.463074	41.484894	54.017075	41.493256
44.717255	32.023834	37.495758	35.831406	39.956390
44.973175	27.042358	48.289139	46.329285	42.007614
28.943298	53.475662	56.103851	50.514648	31.291748
51.400589	33.042130	45.469727	43.362427	31.848907
41.775330	33.811172	44.986740	43.756027	39.678772
48.815186	55.927689	47.082733	43.746918	39.470901
40.254990	42.190231	34.968460	29.855286	43.219910
26.715027	42.701035	46.008270	35.630432	42.444107
34.046646	50.307556	35.726151	34.689835	28.226303
48.343872	43.553284	41.664902	45.955170	45.795776
35.339722	46.357498	36.317520	27.804672	47.869949
38.406082	43.641937	50.849960	37.860168	45.974609
51.875916	49.623810	41.333130	40.127365	38.961227
48.906403	32.993301	49.204025	46.208817	30.440674

40.180450	40.712158	43.315109	40.976624	37.249512
40.914520	46.668365	37.930573	40.363464	29.698715
44.964142	33.204971	39.292679	41.915573	26.844864
48.569748	46.395401	43.597748	30.728394	41.663864
38.492767	46.334381	41.682892	57.870514	41.243805
41.646362	45.801956	52.191956	48.520416	40.361145
39.579590	41.124619	39.282440	36.987839	39.285172
37.034058	24.452560	41.592224	22.838516	42.530029
48.791351	44.171768	51.684662	44.841354	42.772324
39.030411	47.669250	55.191040	56.956802	26.653900
34.913254	43.171204	46.369125	38.084564	36.687897
51.118118	44.871384	39.296387	39.789993	38.487183
32.038589	45.569901	48.916641	33.728027	32.533768
48.367432	51.040298	46.159256	42.982681	39.707840
47.283890	37.843735	48.849045	44.041656	54.795700
45.463486	41.309509	45.126083	41.124420	39.694534
49.128479	25.399902	31.094086	47.082245	28.033463
50.358582	41.179169	54.415909	50.089661	37.929184
28.879532	40.604172	28.075241	45.345474	29.595383
61.049606	39.856262	38.522827	31.002335	39.524109
45.261719	43.933228	42.426483	40.043594	22.958420
37.980347	36.719177	36.243210	32.326050	38.874512
42.132217	33.252167	42.832321	33.507645	46.692795
39.568863	48.407669	31.828293	30.078552	31.435806
39.320526	53.716690	40.492386	37.214661	34.052185

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

26.050751	52.174164	39.386368	51.108170	43.960663
32.144714	42.376831	37.975204	43.190628	38.874496
33.078796	42.681641	52.131622	30.405258	49.771057
24.953903	46.293732	30.491760	52.538834	44.918808
40.181198	47.976608	30.149094	24.978531	29.167419
48.665344	39.425430	44.185654	43.869888	47.201355
49.623001	40.118118	39.525314	41.440933	41.803711
50.754364	40.364456	44.328232	48.211044	51.348068
43.987274	48.270386	41.645172	38.803406	30.737869
49.512329	34.837814	48.549911	33.079468	35.011887
44.827469	43.917511	39.969437	29.314850	42.334122
38.011505	51.234268	43.929855	43.634552	28.087631
26.944611	41.703400	37.437042	34.926956	39.290253
36.194901	46.756592	44.710999	34.455124	56.051682
48.289841	33.396591	44.492325	41.883957	49.290039
28.591080	39.199036	50.639801	36.942093	58.927048
40.491623	39.980194	47.737579	35.937576	41.780533
35.153976	49.349625	40.931091	39.845474	40.872955
47.508118	41.866455	51.710159	35.686783	42.874512
37.727875	41.517532	33.857971	40.416885	37.899979
49.904633	42.236954	36.285034	34.042709	53.377670
39.637070	34.685303	46.966537	33.686966	46.209564
49.755753	46.007202	54.701996	35.318481	47.441055
25.900894	54.286377	40.415863	37.367493	38.659210
41.172867	44.416580	52.218063	45.444031	21.838425

42.562912	32.803925	33.672577	37.206085	38.474213
42.019073	45.882935	31.817429	50.268478	31.230042
47.060822	28.358017	41.480652	46.317886	40.394653
40.409256	42.296158	33.408005	32.910599	53.984192
53.925797	35.744919	44.847733	51.902481	27.980728
60.567215	44.033066	38.165451	48.347488	43.482605
37.756516	47.331039	25.563065	22.843079	29.645874
56.388840	58.689850	44.119537	44.041718	46.635117
32.190491	49.277298	37.872726	50.547684	45.303192
43.650620	45.030258	48.661118	38.916412	37.817963
35.743683	53.941559	37.444092	41.976959	38.455215
31.161758	38.200546	45.319275	36.695007	41.276245
28.275436	32.905899	30.956085	25.795990	53.908890
32.541779	25.569260	48.663788	42.366302	41.651077
45.578400	28.128967	36.313629	51.652145	41.115173
46.122543	30.692017	42.332382	39.274170	35.132126
34.593216	36.223434	40.987823	42.577057	35.634201
40.475937	45.401505	45.183167	39.332397	33.734848
36.748459	48.358093	55.980652	35.514114	46.224838
35.566040	50.022171	33.071915	41.364624	60.202789
46.925491	35.785553	47.914780	44.970901	37.559677
47.026398	39.210083	46.254410	32.569061	51.035080
50.548248	53.494171	49.248428	37.296280	38.564896
43.562531	45.917953	39.913834	40.608429	42.638565
51.298157	49.485764	41.615280	23.082977	38.884979

52.268875	48.977051	40.702271	41.388519	25.823074
50.480560	43.986237	45.792068	36.659622	34.543182
49.467010	45.990753	31.856049	38.908920	32.391098
47.194366	39.671402	53.597092	46.373962	41.575607
28.921524	37.777512	45.275391	40.145035	38.353745
49.145370	42.574203	52.126190	28.522156	35.796173
38.243393	41.830399	26.162445	48.100876	35.625107
28.031952	43.566910	38.080811	50.805618	33.342941
35.459549	41.282684	31.990326	56.088501	35.870941
43.653641	41.378784	49.681503	40.013397	35.916183
54.539703	29.497787	36.155762	37.943161	59.785889
52.251068	44.998550	40.632904	37.549362	30.367950
31.548996	52.784042	37.256226	48.862915	49.495819
42.970688	44.201691	37.213379	33.084564	38.917297
33.925217	48.734589	46.492249	46.873688	49.085281
37.454742	38.202698	23.490128	36.334641	32.489853
52.881180	42.692200	43.195084	42.418930	45.749771
50.055954	32.432526	42.158737	34.462158	37.182816
33.932129	49.839111	25.978561	66.074554	41.573105
31.177582	25.940964	38.508392	45.103836	36.354675
33.047928	42.911896	47.016846	44.388824	48.429688
48.738022	34.423843	55.011276	40.023102	35.840149
40.930542	45.541275	49.446625	48.847031	43.511978
47.760864	36.375458	34.037827	39.387177	44.790009
37.916367	36.217041	40.394394	32.961533	42.982742

45.152817	35.917801	32.701492	53.076309	45.412048
42.327591	32.042694	48.724136	45.419632	43.173492
37.417572	27.731369	49.565094	49.019379	56.775208
37.268234	41.700806	48.485641	37.215073	32.249161
39.517029	32.624390	39.361969	34.707703	28.916946
41.794373	44.241196	38.171509	40.891617	47.535965
37.653320	32.037399	48.394989	51.946152	34.549408
33.446320	43.218887	52.053604	43.405838	44.158417
45.368088	41.693665	38.099457	44.927902	52.435150
50.883209	27.282410	42.378159	48.975632	42.695847
41.257248	48.376740	45.882904	42.636765	43.852036
29.410263	52.263306	35.517868	39.295074	35.959549
47.310959	34.832596	44.090149	39.374573	34.682968
39.631165	36.391373	46.249344	36.874298	43.895309
40.378296	25.297195	52.092804	45.913437	45.630844
36.725418	41.134232	42.655624	46.504303	46.610565
34.257217	39.148605	44.004456	48.773224	35.558304
35.350693	47.662354	29.153244	32.346863	43.026886
39.909454	35.184525	49.520233	57.623795	30.452652
27.670120	23.938660	45.144684	35.649261	32.657303
38.800110	49.024475	35.381882	45.812347	55.515701
49.504684	27.433609	41.795807	43.084183	40.508545
36.862885	51.137283	39.967422	39.015839	35.378510
49.610550	43.465027	34.438080	40.714722	27.608536
49.089493	50.493347	36.006119	52.018265	37.441345

45.993546	28.339493	46.016373	44.346893	47.515869
29.863434	52.110092	46.107056	41.705750	54.340256
44.416245	52.100525	48.604538	42.555893	42.551346
31.985352	37.247772	32.884277	42.313599	35.194992
40.040039	35.662125	47.557785	50.313232	49.630081
27.564117	42.070465	44.449356	43.285889	43.477753
28.944672	32.612900	29.769455	43.378510	39.955154
49.588959	36.211975	34.204712	39.933319	46.812866
42.488831	41.732529	33.642258	44.245407	58.094498
44.951096	37.651535	49.747757	34.017502	45.437424
37.212555	38.456528	37.115738	46.731369	40.633209
44.658646	34.491013	33.710724	43.653107	43.666412
52.864380	34.466187	31.318512	28.692657	30.451019
39.676254	39.857254	42.725433	36.335266	26.982391
38.553864	37.903320	39.845566	37.863968	44.124512
42.390182	54.929504	37.013199	40.091980	49.750305
44.528900	41.710190	38.660721	28.323456	34.954529
26.197983	37.591827	43.099609	50.261505	36.057465
59.577957	32.594345	39.123932	32.582413	49.118515
43.223480	41.710129	37.154541	46.894501	43.678253
49.057556	43.118408	34.143539	39.300323	42.447784
47.656448	32.034897	43.956741	32.781570	46.164063
43.544556	29.414886	39.953720	41.624496	40.330032
54.717606	42.228302	38.983841	39.605515	28.058121
38.113434	47.026169	46.016861	31.154999	33.236404
35.248383	31.016571	43.627243	42.218658	33.235291

28.885574	56.065430	45.925217	35.352325	36.193130
18.372345	33.725296	44.137268	45.082657	40.658630
48.706635	29.615448	37.399658	44.147339	36.430573
52.272507	44.765091	35.930603	26.921341	38.150787
30.450287	35.844666	46.541138	43.224274	41.251984
40.845016	37.364990	45.273575	44.367233	49.381119
39.055832	43.260925	41.768585	33.271683	40.739487
36.705231	34.578979	37.079620	35.379669	42.557022
24.946640	44.986786	29.152969	37.073441	55.420242
27.669418	35.823914	32.693329	45.823883	41.672684
26.119858	42.412109	42.631989	28.786057	42.106079
36.656906	40.844406	50.417999	49.060806	35.161453
30.861420	41.971237	42.350006	33.841110	45.358582
39.717590	41.802689	44.167908	18.662018	40.173019
26.085693	50.045502	36.123016	39.472595	32.078735
47.184158	35.993469	35.245590	21.749420	52.475845
51.300537	35.990372	34.028244	38.369110	46.721771
32.949463	36.683670	39.744232	25.460205	39.484558
48.196945	35.788010	31.119171	47.951447	19.637299
41.868958	37.077377	39.075012	39.036728	28.912247
38.364075	36.324432	40.765244	30.274612	46.033707
25.287888	47.405746	38.619507	36.541260	38.047760
36.628876	52.791977	51.116928	35.055542	40.568390
42.193726	47.641586	42.006882	35.195709	31.158112
37.521225	39.216553	39.695313	33.325134	42.562363

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

52.363968	32.668045	38.535812	26.501816	43.589828
43.820984	36.216202	37.886292	40.803955	35.850754
47.733887	36.865067	49.296661	35.808014	28.735703
30.142075	52.415070	39.893723	37.612610	43.259109
35.937775	37.834335	42.374680	39.970993	49.950043
44.756638	35.026169	44.120285	60.718887	43.062836
40.940491	36.512497	42.567810	29.305450	30.735123
39.291061	54.752075	38.562515	34.646759	42.812241
48.333572	26.312363	39.406204	45.020248	25.555725
42.808792	42.613373	38.322128	41.718704	47.455887
39.612411	41.462845	34.554337	30.683228	47.866470
26.400299	51.100967	45.820709	33.832977	25.180191
39.578735	38.473694	27.338379	41.811172	46.264236
20.897873	33.453400	46.639755	44.865921	21.374283
34.367798	30.725403	43.398758	41.084442	36.265457
30.215378	33.559311	25.985260	41.199509	38.219879
52.600891	48.684006	33.967117	36.687012	50.208405
47.813293	51.484650	43.277771	55.373383	32.406235
34.662643	45.740982	28.269028	38.771225	47.780655
41.288452	42.125137	34.867096	32.862503	45.969818
52.603210	27.178101	44.051086	36.547623	34.671387
47.588821	46.983475	42.372314	36.979324	35.259293
48.165863	42.257187	41.233459	40.999893	51.848572
26.353470	39.071854	41.646423	54.401077	35.525253
33.939163	46.934998	38.687027	50.724564	42.961700

44.154327	35.874847	40.091629	36.859192	34.346451
45.217865	41.540115	36.807816	31.182205	28.536362
48.901016	37.404221	43.299149	45.173431	35.933929
36.160431	41.922760	48.153870	41.173798	33.957657
30.241302	36.058975	42.306091	29.421219	37.781036
39.901855	33.041550	43.295609	39.781036	57.502167
47.491379	45.319412	41.568344	32.861176	42.042114
38.600418	42.932785	38.036926	39.730728	31.490524
55.002167	42.518936	42.119553	39.460754	34.617172
42.603439	53.671387	56.976273	36.206314	48.268341
31.124268	51.871445	26.161072	25.048157	42.866760
57.224731	34.710831	45.909027	45.812805	38.233673
52.797714	45.623779	37.276657	44.090057	33.951950
32.646774	56.847992	44.854736	38.666489	45.989166
30.766953	38.332779	41.272232	52.093658	28.798965
29.448334	44.313004	51.709610	41.109894	47.119675
42.920456	51.767990	40.141052	56.134277	41.689194
44.756485	42.483994	41.523727	34.051636	40.594315
43.255814	47.938736	26.653214	31.007492	55.473907
39.024170	48.727051	43.903473	51.931137	49.294067
33.969452	40.246521	42.070648	43.506516	24.914291
43.432495	28.861084	31.038834	39.808548	36.163834
55.671417	52.762482	44.487045	44.824692	50.646011
32.918015	44.247482	43.855804	23.579681	35.990112
40.725372	55.129623	37.792511	36.082657	48.769318

35.668137	34.778824	34.769501	32.087845	47.989090
34.077347	42.309708	43.057434	34.817123	39.166107
39.555832	42.536926	35.009445	38.592331	34.706039
43.961288	28.448761	43.022430	34.171219	42.571991
35.418091	34.616821	44.450317	47.292282	58.475861
36.405212	51.505066	30.101959	39.330978	54.161316
45.135086	32.912506	33.217606	40.778091	35.852982
34.442001	38.270355	33.142548	49.259125	42.090210
34.899261	49.010880	45.416870	41.313553	47.664688
41.377228	43.439133	32.366257	38.822372	46.135101
37.634323	34.703140	41.635818	53.395920	42.368607
27.700836	38.323288	43.247452	35.232208	48.912964
36.987595	38.052795	34.684433	32.855942	38.788300
44.325455	34.428680	37.884094	39.816574	47.104416
42.787643	38.064651	40.470184	34.328918	54.578033
37.552750	39.828568	36.213654	45.485703	27.466400
37.527802	29.623718	33.940704	40.261520	28.135605
44.825165	47.005096	38.793640	45.815598	45.303116
47.213394	30.590179	26.263489	36.980850	41.063721
40.683563	48.350189	47.707245	39.727783	45.404175
41.025696	49.637985	49.777740	22.576614	45.827957
36.110291	45.061035	35.894531	38.757797	38.518051
36.075592	34.295776	29.653931	45.686829	34.344711
56.337357	41.567963	43.248749	24.292068	44.570358
52.639374	38.017654	32.616669	49.915054	35.470551

44.949585	37.992188	39.106888	25.526352	40.482147
39.683472	39.759186	34.756027	54.287582	31.926987
44.937973	46.437302	33.582596	27.879303	38.700729
31.114410	31.609207	55.316208	33.317810	46.138321
29.509827	38.507492	48.647476	35.041534	43.202301
32.592239	39.010818	39.413315	42.754822	37.953537
45.066910	43.274475	36.760971	32.093704	45.687637
49.952484	44.214767	39.009140	27.332855	31.456528
28.089600	44.865982	31.196228	31.669693	39.635864
47.003464	37.877701	37.128906	39.986450	38.752472
40.227524	49.943680	29.297577	41.677811	38.680054
35.004028	40.625641	26.338379	26.257645	53.381607
44.302551	49.162277	50.445480	31.704666	32.310577
36.821732	42.566650	49.033081	27.657364	50.608047
37.157120	38.733444	33.751022	40.806717	38.840790
37.853897	36.274902	36.072403	46.704376	31.499298
42.081390	31.662735	43.095978	51.083862	24.658630
37.244934	38.841980	46.418213	46.113007	40.838516
46.875763	45.558594	46.139313	40.929657	46.310913
33.206940	30.613800	48.279938	34.630219	41.028137
35.969437	42.801285	29.560562	44.524979	41.070786
27.931091	48.448013	39.913147	29.089111	47.507004
42.632721	45.996170	41.877274	22.642242	34.323990
38.540497	24.344818	38.600296	50.975327	49.650497

34.073380	44.607315	38.442764	32.378967	46.852005
31.456497	35.243118	57.884766	37.805923	43.368515
43.208252	41.815125	53.951645	29.002853	31.351700
37.873489	41.143494	44.450653	44.712280	46.882492
40.948700	37.609726	41.229385	41.158813	35.022385
30.059570	51.117676	48.888397	29.482559	36.436188
36.242218	51.001221	49.285110	28.807312	41.993500
35.546494	50.098877	43.547287	49.162369	44.567474
51.332840	46.670074	52.159286	42.143387	44.489182
23.540894	43.942627	46.424286	44.143295	48.177383
50.761230	42.361206	46.181213	41.194687	34.795197
58.660034	33.920670	36.733246	40.343567	54.739578
24.986053	34.333954	45.699692	35.106537	35.683319
38.313080	55.026031	43.730469	52.875137	44.637177
47.729156	53.418793	35.855789	50.298401	47.834808
50.191971	45.726166	32.689072	35.862854	42.658173
48.101746	40.694687	45.173569	47.307602	49.351196
35.614822	29.529785	38.300949	41.240982	35.380310
31.945709	47.302368	34.452148	46.182373	35.958801
37.656494	32.722305	50.862656	45.350616	36.545761
42.220749	40.788239	41.021896	39.365509	35.923370
47.726486	27.867538	34.099014	45.487762	33.220261
44.151505	40.692368	43.128128	47.962738	35.881989
45.429611	40.990311	38.672546	31.186234	40.307739
40.526764	44.968658	52.185715	47.411469	41.871643

37.479218	43.484726	32.813034	33.824783	48.105423
51.953842	47.177734	47.289291	42.694824	48.472748
38.332733	40.850571	51.571945	44.579330	37.115204
40.856186	40.930527	46.274399	29.919113	42.803955
42.208374	40.896729	50.569916	28.217239	48.962463
43.997879	32.199844	41.519669	48.743942	41.217392
41.622665	41.910324	47.472992	57.657608	33.708847
55.238663	33.814117	32.258820	40.760544	48.379547
27.752670	42.867798	23.721024	49.007965	31.617096
43.380096	46.941345	23.340424	43.900940	37.520233
31.952652	35.181244	27.970795	28.696259	41.540375
44.203781	48.771576	44.282150	36.126312	39.734741
36.773865	37.835648	32.715256	44.370392	30.156189
33.928802	47.612564	53.323013	57.140976	38.130371
36.194107	47.361496	32.601196	46.253159	25.173569
39.686356	52.435074	38.729156	39.477570	32.804764
35.441360	34.984451	44.120636	27.905533	25.194046
35.314331	43.580093	41.734131	41.917618	37.758209
38.671249	40.967682	31.861923	39.974579	20.922302
41.589798	26.677200	33.616135	49.449249	43.266006
40.289093	28.704697	35.331055	46.218231	40.773575
40.506256	50.984589	45.600143	49.732101	46.405853
62.039551	40.872025	46.666443	40.282806	34.213593

39.738770	49.869263	38.050751	35.034576	35.374222
55.925751	43.967407	38.531845	43.545303	53.866928
37.822464	39.825592	49.181091	31.163330	43.963928
42.602173	43.392273	25.060898	52.608902	45.010834
32.846176	41.955963	44.218735	49.038727	34.141693
44.270264	36.373718	47.385925	38.184570	49.825867
40.648499	40.340347	34.561966	28.720337	34.486755

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(๒) ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม SAMLNG ๒๐๐ ตัว โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ๓๙.๔๘๗ และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ๗.๘๓๐

39.730728	36.206314	45.812805	38.666489	41.109894
39.727783	38.757797	24.292068	26.501816	35.808014
41.084442	36.687012	38.771225	36.547623	40.999893
54.287582	33.317810	42.754822	27.332855	45.082657
18.662018	21.749420	25.460205	39.036728	36.541260
44.245407	46.731369	28.692657	37.863968	28.323456
31.163330	49.038727	28.720337	45.419632	37.215073
46.504303	32.346863	35.649261	43.084183	40.714722
41.194687	35.106537	50.298401	41.388519	38.908920
46.873688	42.418930	66.074554	44.388824	48.847031
50.268478	32.910599	48.347488	44.041718	38.916412
32.569061	40.608429	33.824783	44.579330	28.217239
38.803406	29.314850	34.926956	41.883957	35.937576
44.712280	29.482559	49.162369	40.363464	30.728394
41.124420	50.089661	31.002335	32.326050	30.078552
35.831406	50.514648	43.756027	29.855286	34.689835
47.962738	47.411469	36.445511	44.185165	45.351837
42.360779	49.084366	48.180695	35.075058	34.817123
43.955826	42.363052	45.034500	40.184677	39.676102
57.140976	39.477570	41.917618	49.449249	49.732101
49.007965	28.696259	31.182205	41.173798	39.781036
34.051636	51.931137	39.808548	23.579681	45.815598
39.970993	29.305450	45.020248	30.683228	41.811172
50.724564	53.395920	32.855942	34.328918	40.261520
26.921341	44.367233	35.379669	45.823883	49.060806
35.195709	44.346893	42.555893	50.313232	43.378510
32.582413	39.300323	41.624496	31.154999	35.034576
40.891617	43.405838	48.975632	39.295074	36.874298
51.083862	40.929657	44.524979	22.642242	42.143387
40.145035	48.100876	56.088501	37.943161	48.862915

32.961533	39.986450	26.257645	27.657364	46.704376
36.695007	42.366302	39.274170	39.332397	41.364624
57.657608	51.108170	30.405258	24.978531	41.440933
35.686783	34.042709	35.318481	45.444031	37.805923
48.520416	22.838516	56.956802	39.789993	42.982681
43.671860	32.376907	37.413620	44.665482	40.519592
27.804672	40.127365	47.307602	46.182373	39.365509
38.607986	48.022018	40.157928	41.790466	45.744629
34.171219	39.330978	49.259125	34.652466	57.531586
37.359222	48.037292	39.556091	43.018921	36.126312

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลการศึกษาจากข้อมูลตัวอย่างขนาด ๓๐ ตัว จำนวน ๑๐ ชุด

ตารางที่ ๑ เปรียบเทียบค่าสถิติทดสอบไคสแควร์เดิมกับค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ใหม่

ตัวอย่างที่	Conventional Methods			Optimization Methods		
	$\bar{X}$	S	χ^2	$\bar{X}^*$	S^*	χ^{2*}
1	40.545	7.521	5.637	39.995	8.561	4.982
2	38.822	8.268	9.051	37.661	9.488	7.283
3	40.464	7.759	12.703	40.214	9.269	10.774
4	42.444	6.290	6.655	42.364	6.779	6.423
5	43.051	8.704	2.390	43.081	9.963	1.870
6	39.022	6.370	1.060	39.232	6.836	0.859
7	43.001	7.221	16.857	40.749	8.821	12.626
8	38.191	7.837	5.392	38.981	9.767	3.749
9	40.025	7.113	4.242	39.605	7.683	3.973
10	40.704	7.089	3.362	39.954	7.539	2.990

จากตารางที่ ๑ จะพบว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ใหม่มีค่าต่ำกว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์เดิมทุก ๆ ตัวอย่าง ซึ่งมีจำนวน ๑๐ ชุด

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย
S คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
χ^2 คือ ค่าไคสแควร์
} มาจากวิธีที่หนึ่ง (Conventional Methods)

$\bar{X}^*$ คือ ค่าเฉลี่ย
S^* คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
χ^{2*} คือ ค่าไคสแควร์
} มาจากวิธีที่สอง (Optimization Methods)

ตารางที่ ๒ เปรียบเทียบผลการยอมรับและปฏิเสธสมมติฐานของค่าไคสแควร์ที่ได้จาก ๒ วิธี ในระดับความมีนัยสำคัญ (α) ระดับต่าง ๆ

ตัวอย่างที่	d.f	χ^2	χ^{2*}	$\alpha = 0.01$		$\alpha = 0.025$		$\alpha = 0.05$	
				χ^2	χ^{*2}	χ^2	χ^{*2}	χ^2	χ^{2*}
1	3	5.637	4.982	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
2	5	9.051	7.283	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
3	4	12.703	10.774	ยอมรับ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ปฏิเสธ
4	3	6.655	6.423	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
5	5	2.390	1.870	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
6	3	1.060	0.859	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
7	4	16.857	12.626	ปฏิเสธ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ปฏิเสธ	ปฏิเสธ	ปฏิเสธ
8	3	5.392	3.749	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
9	4	4.242	3.973	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
10	4	3.362	2.990	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ

จากตารางจะพบว่า ตัวอย่างที่ ๑, ๒, ๔, ๕, ๖, ๘, ๙, ๑๐ ให้ผลการทดสอบสมมติฐานคล้ายกันคือ ยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้แต่แรก

สำหรับตัวอย่างที่ ๓ ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.025$ ถ้าใช้การหาค่าไคสแควร์โดยใช้วิธีที่หนึ่ง (วิธี Conventional Methods) อาจจะปฏิเสธสมมติฐาน แต่ถ้าใช้ไคสแควร์ที่ได้จากวิธีที่สอง (วิธี Optimization Methods) ผลการทดสอบจะยอมรับสมมติฐานจะเห็นว่าการใช้ Optimization Methods ช่วยลดความผิดพลาดแบบที่ ๑

ตารางที่ ๓ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จาก ๒ วิธี

ตัวอย่างที่	$\bar{X}$	$\bar{X}^*$	ทดสอบ $\bar{X}^*$ กับ μ	ทดสอบ $\bar{X}$ กับ μ
1	40.545	39.995	-0.323	0.034
2	38.822	37.661	-1.639	-1.111
3	40.464	40.214	-0.169	-0.025
4	42.444	42.364	1.508	1.695
5	48.051	43.081	1.425	1.607
6	39.022	39.232	-1.016	-1.271
7	43.001	40.749	0.155	1.899
8	38.191	38.981	-0.939	-1.614
9	40.025	39.605	-0.638	-0.365
10	40.704	39.954	-0.397	0.158

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จาก ๒ วิธี โดยใช้ผลการทดสอบแบบสติวเด้นท์ที (t-test) ระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละวิธีกับค่าเฉลี่ยของประชากรที่สร้างขึ้น μ=40.627 ค่าสถิติทดสอบ t จากตารางที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ $t_{29} = 2.045$ ค่าสถิติทดสอบ t จากตัวอย่างทั้ง ๑๐ ชุด ซึ่งได้มาจากค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธี ผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานที่ว่า $H_o : \mu = 40.627$ ทุกตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการศึกษาจากข้อมูลตัวอย่างขนาด ๕๐ จำนวน ๔๐ ชุด

ตารางที่ ๔ เปรียบเทียบค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากวิธี Conventional Method กับ Optimization Methods

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ค่าความเบี่ยงเบน S	ค่าไคสแควร์ χ^2	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}^*$	ค่าความเบี่ยงเบน S^*	ค่าไคสแควร์ χ^{2*}
1	42.336	7.308	3.795	42.146	8.177	2.940
2	41.283	7.724	6.300	40.833	8.703	5.230
3	41.217	7.290	3.397	41.017	8.039	2.586
4	41.098	7.134	4.085	40.718	7.683	3.713
5	40.189	7.052	3.445	39.919	7.522	3.044
6	40.076	8.436	0.753	40.266	8.855	0.617
7	39.488	6.999	6.580	38.498	7.368	5.904
8	41.642	6.676	3.481	42.012	6.776	3.323
9	40.786	7.566	4.183	41.136	7.755	3.953
10	42.151	8.271	4.039	41.951	9.021	3.400
11	40.885	8.099	3.817	40.125	9.409	2.270
12	41.643	6.445	2.890	41.583	6.695	2.760
13	40.484	6.783	4.826	40.884	7.843	3.839
14	39.373	8.228	24.588	40.072	9.347	17.824
15	40.121	7.629	2.019	40.091	8.028	1.802
16	40.819	8.325	7.850	40.469	10.235	5.284
17	41.895	8.186	8.397	41.805	8.945	7.894
18	40.758	6.756	4.245	40.518	6.955	4.125
19	41.053	6.506	6.885	41.003	7.185	6.134
20	39.578	7.375	4.057	39.768	7.524	3.960
21	40.013	6.721	2.398	39.963	7.871	1.044
22	40.750	6.603	4.614	40.120	6.722	4.137
23	41.006	7.745	4.128	39.915	8.885	2.826
24	39.540	7.372	3.131	40.010	8.112	2.428

ตารางที่ ๔ (ต่อ)

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ค่าความเบี่ยงเบน S	ค่าไคสแควร์ χ^2	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}^*$	ค่าความเบี่ยงเบน S^*	ค่าไคสแควร์ χ^{2*}
25	41.791	7.716	10.285	41.181	8.105	9.743
26	39.839	7.603	13.728	38.969	9.282	10.420
27	41.050	7.292	4.588	41.080	7.721	4.386
28	40.165	7.412	4.507	39.655	8.392	3.583
29	39.209	8.028	5.028	38.369	9.897	3.287
30	40.295	7.554	5.334	39.975	8.944	3.649
31	40.524	8.460	10.648	40.874	8.950	10.072
32	40.922	6.379	6.925	40.602	6.608	6.618
33	40.707	7.089	4.046	40.167	8.548	2.286
34	39.935	8.601	7.102	39.4	9.701	6.272
35	40.862	7.698	14.104	40.902	9.237	11.739
36	40.322	8.549	14.174	39.422	10.329	11.359
37	40.957	7.063	3.379	41.107	7.993	2.472
38	40.453	6.733	7.530	40.873	6.793	7.340
39	40.865	7.648	1.638	40.955	7.858	1.584
40	39.285	8.405	4.243	38.925	8.425	4.159

จากตารางที่ ๔ จะพบว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ใหม่ (χ^{2*}) มีค่าต่ำกว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์เดิม (χ^2) ทุก ๆ ตัวอย่างที่นำมาทดสอบทั้งหมด ๔๐ ชุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๕ เปรียบเทียบผลการยอมรับและปฏิเสธสมมติฐานของค่าไคสแควร์ที่ได้จาก ๒ วิธีในระดับความมีนัยสำคัญ ระดับต่าง ๆ

ตัวอย่าง	d.f	χ^2	χ^{2*}	$\alpha = 0.01$		$\alpha = 0.025$		$\alpha = 0.05$	
				χ^2	χ^{2*}	χ^2	χ^{2*}	χ^2	χ^{2*}
1	5	3.795	2.940	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
2	5	6.300	5.230	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
3	5	3.397	2.586	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
4	4	4.085	3.713	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
5	5	3.445	3.044	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
6	5	0.753	0.617	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
7	4	6.480	5.904	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
8	5	3.481	3.323	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
9	6	4.183	3.953	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
10	6	4.039	3.400	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
11	5	3.817	2.270	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
12	4	2.890	2.760	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
13	3	4.826	3.839	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
14	8	24.588	17.824	ปฏิเสธ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ปฏิเสธ
15	6	2.019	1.802	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
16	5	7.850	5.284	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
17	5	8.397	7.894	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
18	4	4.245	4.125	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
19	4	6.885	6.134	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
20	6	4.057	3.960	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
21	4	2.398	1.044	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
22	4	4.614	4.137	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
23	5	4.128	2.826	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
24	5	3.131	2.428	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
25	5	10.285	9.743	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
26	4	13.728	10.420	ปฏิเสธ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ปฏิเสธ

ตารางที่ ๔ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	d.f	χ^2	χ^{2*}	$\alpha = 0.01$		$\alpha = 0.025$		$\alpha = 0.05$	
				χ^2	χ^{2*}	χ^2	χ^{2*}	χ^2	χ^{2*}
27	4	4.588	4.286	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
28	4	4.507	3.583	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
29	4	5.888	3.187	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
30	4	5.334	3.649	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
31	7	10.648	10.072	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
32	4	6.925	6.618	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
33	4	4.046	2.286	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
34	5	7.102	6.272	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
35	5	14.104	11.739	ยอมรับ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ปฏิเสธ
36	5	14.174	11.359	ยอมรับ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ปฏิเสธ
37	4	3.379	2.472	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
38	4	7.530	7.340	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
39	5	1.638	1.584	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
40	6	4.243	4.159	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ

จากตารางจะพบว่าตัวอย่างที่ ๑๔, ๒๖ ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ และ $\alpha = 0.025$ ผลจะปฏิเสธสมมติฐานถ้าใช้ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากวิธีที่หนึ่ง และผลการทดสอบจะยอมรับสมมติฐานถ้าใช้ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากวิธีที่สอง

สำหรับตัวอย่างที่ ๓๔, ๓๖ ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.025$ ผลจะปฏิเสธสมมติฐานถ้าใช้ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากวิธีที่หนึ่ง (χ^2) และผลการทดสอบจะยอมรับสมมติฐานถ้าใช้ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากวิธีที่สอง (χ^{2*})

ตัวอย่างอื่น ๆ ให้ผลการทดสอบคล้ายกันคือ ยอมรับสมมติฐาน ยกเว้นตัวอย่างที่ ๑๔, ๒๖, ๓๕, ๓๖ ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ให้ผลการทดสอบคล้ายกันคือ ปฏิเสธสมมติฐานไม่ว่าค่าไคสแควร์จะใช้วิธีการหาค่าไคสแควร์แบบใด

ตารางที่ ๖ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากทั้ง ๒ วิธี

ตัวอย่าง	$\bar{X}$	$\bar{X}^*$	ทดสอบ $\bar{X}^*$ กับ μ (t-test)	ทดสอบ $\bar{X}$ กับ μ (t-test)
1	42.336	42.146	1.429	1.759
2	41.283	40.833	0.272	0.711
3	41.217	41.017	0.029	0.693
4	41.098	40.718	-0.177	0.597
5	40.189	39.919	-0.714	-0.312
6	40.076	40.266	-0.191	-0.355
7	39.488	38.498	-1.923	-1.022
8	41.642	42.012	1.584	1.211
9	40.786	41.136	0.587	0.269
10	42.151	41.95	1.146	1.412
11	40.885	40.125	-0.282	0.337
12	41.643	41.583	1.144	1.255
13	40.484	40.884	1.379	-0.016
14	39.373	40.072	-1.366	-0.968
15	40.121	40.091	-0.844	-0.351
16	40.819	40.469	-0.022	0.271
17	41.895	41.805	1.050	1.206
18	40.758	40.518	0.020	0.272
19	41.053	41.003	0.496	0.602
20	39.578	39.768	-0.687	-0.883

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๖ (ต่อ)

ตัวอย่าง	$\bar{X}$	$\bar{X}^*$	ทดสอบ $\bar{X}^*$ กับ (t-test)	ทดสอบ $\bar{X}$ กับ (t-test)
21	40.013	39.963	-0.482	-0.512
22	40.750	40.120	-0.906	0.269
23	41.006	39.915	-1.186	0.463
24	39.540	40.010	-0.427	-0.920
25	41.791	41.181	0.594	1.184
26	39.839	38.969	-1.167	-0.615
27	41.050	41.080	0.532	0.535
28	40.165	39.655	-0.712	-0.319
29	39.209	38.369	-1.523	-1.137
30	40.295	39.975	-0.415	-0.191
31	40.525	40.874	0.297	0.022
32	40.922	40.602	0.111	0.469
33	40.707	40.167	0.276	0.208
34	39.935	39.485	-0.739	-0.464
35	40.862	40.920	0.309	0.334
36	40.322	39.422	-0.738	-0.147
37	40.957	41.107	0.538	0.459
38	40.453	40.873	0.390	-0.049
39	40.865	40.955	0.411	0.339
40	39.285	38.925	-1.321	-1.021

ผลการทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบแบบ t จะพบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากการใช้วิธี Optimization Method และวิธี Conventional Method ให้ผลไม่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของประชากร μ=40.627 ทั้ง ๒ วิธี

ผลการศึกษาจากข้อมูลตัวอย่างขนาด ๑๐๐ จำนวน ๒๐ ชุด

ตารางที่ ๗ เปรียบเทียบค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ได้จากวิธี Conventional Method กับวิธี Optimization Method

ตัวอย่างที่	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ค่าความเบี่ยงเบน S	ค่าไคสแควร์ χ^2	ค่าเฉลี่ยใหม่ $\bar{X}^*$	ค่าความเบี่ยงเบนใหม่ S^*	ค่าไคสแควร์ที่ถูก optimize χ^{2*}
1	41.175	7.082	8.707	41.055	7.351	8.476
2	41.016	7.153	12.834	40.626	8.072	10.380
3	41.112	7.483	7.352	41.341	8.213	5.905
4	40.319	7.259	14.583	40.859	7.868	12.163
5	40.990	7.398	22.714	40.760	7.733	22.035
6	39.959	7.99	7.611	39.918	8.729	6.573
7	40.269	7.153	16.007	39.749	7.653	15.139
8	40.904	7.056	5.677	41.264	9.836	4.339
9	39.997	7.795	10.252	39.757	8.619	8.392
10	41.223	7.936	11.973	41.043	8.505	11.158
11	40.705	8.242	12.322	40.755	8.751	11.483
12	41.282	6.389	15.628	41.492	7.299	11.991
13	40.595	6.903	17.147	40.845	8.512	12.008
14	39.654	8.379	27.756	39.844	8.998	25.905
15	40.492	7.632	7.755	40.362	7.862	7.631
16	40.570	8.4	17.695	39.950	9.379	15.540
17	41.426	7.620	7.339	41.526	8.380	6.125
18	40.605	6.712	20.465	40.225	7.801	15.083
19	40.959	7.065	8.718	40.749	7.504	7.899
20	39.431	7.867	13.465	39.851	8.727	11.314

จากตารางที่ ๗ จะพบว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ใหม่ (χ^{2*}) มีค่าต่ำกว่าค่าสถิติทดสอบไคสแควร์เดิมทุก ๆ ตัวอย่าง ซึ่งมีจำนวน ๒๐ ชุด

ตารางที่ ๔ เปรียบเทียบผลการยอมรับและปฏิเสธสมมติฐานของค่าไคสแควร์ที่ได้จาก ๒ วิธี ในระดับความมีนัยสำคัญระดับต่าง ๆ

ตัวอย่างที่	d.f	χ^2	χ^{2*}	$\alpha = 0.01$		$\alpha = 0.025$		$\alpha = 0.05$	
				χ^2	χ^{2*}	χ^2	χ^{2*}	χ^2	χ^{2*}
1	11	8.707	8.476	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
2	10	12.834	10.380	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
3	11	7.352	5.905	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
4	12	14.583	12.163	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
5	12	22.714	22.035	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ปฏิเสธ
6	12	7.671	6.573	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
7	11	16.007	15.139	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
8	10	5.677	4.339	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
9	13	10.252	8.392	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
10	13	11.973	11.158	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
11	15	12.322	11.483	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
12	9	15.628	11.991	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
13	8	17.147	12.008	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ยอมรับ
14	16	27.756	25.905	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ยอมรับ
15	12	7.755	7.631	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
16	12	17.695	15.540	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
17	11	7.339	6.125	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
18	11	20.465	15.083	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ยอมรับ
19	12	8.718	7.897	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ
20	12	13.465	11.314	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ

จากตารางที่ ๘ จะพบว่าตัวอย่างที่ ๑, ๒, ๓, ๔, ๕, ๖, ๗, ๘, ๙, ๑๐, ๑๑, ๑๒, ๑๕, ๑๖, ๑๘, ๑๙, ๒๐ ให้ผลการทดสอบสมมติฐานคล้ายกัน คือยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้แต่แรก ในระดับความมีนัยสำคัญ = 0.01, 0.025 สำหรับตัวอย่างที่ ๕ ณ ระดับความมีนัยสำคัญ = 0.05 ปฏิเสธสมมติฐานทั้ง ๒ วิธี สำหรับตัวอย่างที่ ๑๓, ๑๔, ๑๘ ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05 ถ้าใช้การหาค่าไคสแควร์โดยวิธีที่หนึ่ง (Conventional Method) ผลการทดสอบจะปฏิเสธสมมติฐาน แต่ถ้าใช้ไคสแควร์ที่ได้จากวิธีที่สอง (Optimization Method) ผลการทดสอบจะยอมรับสมมติ-ฐาน จะเห็นว่าการใช้ Optimization Method ช่วยลดความผิดพลาดแบบที่ ๒

ตารางที่ ๙ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จาก ๒ วิธี

ตัวอย่างที่	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}^*$	ทดสอบ $\bar{X}^*$ กับ μ (t-test)	ทดสอบ $\bar{X}$ กับ μ (t-test)
1	41.175	41.055	0.757	0.955
2	41.016	40.626	0.158	0.723
3	41.112	41.341	1.024	0.818
4	40.319	40.859	0.457	-0.250
5	40.990	40.760	0.338	0.664
6	39.959	39.918	-0.666	-0.677
7	40.269	39.749	-0.982	-0.323
8	40.904	41.264	0.640	0.574
9	39.997	39.757	-0.861	-0.644
10	41.223	41.043	0.640	0.913
11	40.705	40.755	0.293	0.250
12	41.282	41.492	1.359	1.226
13	40.595	40.845	0.407	0.139
14	39.654	39.844	-0.728	-1.009
15	40.492	40.362	-0.226	-0.010
16	40.570	39.950	-0.587	0.085
17	41.426	41.526	1.226	1.217
18	40.605	40.225	-0.353	0.158
19	40.959	40.749	0.332	0.650
20	39.431	39.851	-0.743	-1.358

ผลการทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบแบบ t จะพบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากการใช้วิธี Optimization Method และวิธี Conventional Method ให้ผลไม่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของประชากร μ=40.627 ทั้ง ๒ วิธี

ประวัติผู้เขียน

นางสาววิไลพร ธรรมเนียมอินทร์ เกิดเมื่อวันที่ ๑๘ สิงหาคม พ.ศ. ๒๔๙๗ สำเร็จปริญญาศิลปศาสตร์บัณฑิต (สถิติ) จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา พ.ศ. ๒๕๑๘ และเข้าศึกษาต่อที่แผนกสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา ๒๕๒๐ เข้าทำงานเป็นอาจารย์ที่วิทยาลัยการค้า เมื่อปีการศึกษา ๒๕๑๙ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำคณะวิชาเศรษฐศาสตร์ วิทยาลัยการค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย