บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

กานดา พูนลาภทวี. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2530.

บุษกร เพชรวิวรรธน์. สหสัมพันธ์ประเภทและวิธีการ. กรุงเทพมหานคร สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2523.

วีนัส พีชวณิชย์. ทฤษฎีความน่าจะเป็นและการประยุกต์. กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์ประกายพรึก, 2528.

สมจิต วัฒนาชยากูล. สถิติวิเคราะห์เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์ประกายพรึก, 2524.

สุภาพ วาดเขียน. เครื่องมือวิจัยทางสังคมศาสตร์ ลักษณะที่ดี ชนิด และวิธีหาคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2525.

โสภณ ชันติอาคม. สถิติสำหรับนักเศรษฐศาสตร์. กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

อำพล ธรรมเจริญ. ทฤษฎีความน่าจะเป็นและสถิติ. กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม, 2520.

เอกสารอื่น ๆ

กรรณิกา เลียงเจริญสิทธิ์. "ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไบวาริเอทนอร์มอล." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

ทองสุข สายแสงทอง. "ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ปรากฏและลักษณะการกระจายของสถิติทดสอบเอช ของ คราสคัล-แวลิส ที่ไม่ใช้ค่าแก้เมื่อมีการซ้ำของค่าสังเกตในระดับที่แตกต่างกัน." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

วีณา เตชะพนาคร. "การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับค่าทดสอบไคสแควร์ โดยการจำลองแบบ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

<u>ภาษาต่างประเทศ</u>

<u>หนังสือ</u>

Blalock, Hubert M. <u>Social Statistics.</u> 2nd ed. Singapore : McGraw-Hill Book Co-Singapore, 1981.

Bradley, James V. <u>Distribution-Free Statistical Test.</u> New Jersy: Prentice-Hall Inc., 1968.

Brownlee, K.A. <u>Statistical Theory and Methodology in Science and Engineering.</u> 2nd ed. New York : John Wiley & Sons, Inc., 1965.

Chao, Lincoln L. <u>Statistics Methods and Analyses.</u> 2nd ed. Tokyo : McGraw-Hill Kogakusha,Ltd., 1974.

Conover, W.J. <u>Practical Nonparametric Statistics.</u> 2nd ed. New York : John Wiley & Sons Inc., 1980.

Cramer, Harald. <u>Mathematical Methods of Statistics.</u> Princeton New Jersey : Princeton University Press, 1946.

Furguson, George A. <u>Statistical Analysis in Psychology and Education.</u> 5th ed. Tokyo : McGraw-Hill Kogakusha Ltd., 1981.

Gibbons, Dickinson J. Nonparametric Methods for Quantitative Analysis. New york : Holt, Rinehart and Winston Inc., 1976.

Glass, G.V., and Stanley, J.C. Statistical Methods in Education Psychology. New Jersey : Prentice-Hall, 1970.

Hays, William L. Statistics for the Social Sciences. 2nd ed. New York : Holt, Rinehart and Winston Inc., 1973.

Hogg, Robert V., and Craig, Allen T. Introduction to Mathematical Statistics. 3rd ed. New York : Macmillan Publishing Co., Inc., 1970.

Jacobson, Perry E., Jr. Introduction to Statistical Measures for the Social and Behavioral Sciences. Illinois : The Dryden Press, 1976.

Kendall, M.G. Rank Correlation Methods. 4th ed. London : Charles Griffin & Company Ltd., 1975.

__________. The Advanced Theory of Statistics. 2 vols. 5th ed. London : Charles Griffin & Company Ltd., 1952.

__________., and Stuart Alan. The Advanced Theory of Statistics. 3 vols. 2nd ed. London : Charles Griffin & Company Ltd., 1967.

Kohout, Frank J. Statistics for Social Scientists. New York : John Wiley & Sons Inc., 1974.

Korin, Basil P. Statistical Concepts for the Social Sciences. Massachusetts : Winthrop Publishers Inc., 1975

Lindeman, R.H.; Merenda, P.F.; and Gold, R.Z. Introduction to Bivariate and Multivariate Analysis. Illionis : Scott, Foresman and Company, 1980.

Marascuilo, L.A. Statistical Methods for Behavioral Science Research. New York : McGraw-Hill Inc., 1971.

_____________., and McSweeney, Maryellen. Nonparametric and Distribution-Free Methods for the Social Sciences. California : Brooks/Cole Publishing Company, 1977.

Owen, D.B. Handbook of Statistical Tables. London : Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1962.

Pearson, E.S., and Hartley, H.O. Biometrika Tables for Statisticians. 2 vols. 3th ed. University Printing House, Cambridge, 1966.

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

Siegel, Sidney. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. New York : McGraw-Hill Book Company Inc., 1956.

Yule, G.U., and Kendall, M.G. An Introduction to the Theory of Ststistics. 14th ed. London : Charles Griffin & Company Ltd., 1950.

<u>บทความ</u>

Agresti, Alan. "The Effect of Category Choice on Some Ordinal Measures of Association." <u>Journal of the American Statistical Association</u> 71 (March 1976) : 49-55.

Blalock, H.M., Jr. "Probabilistic Interpretations for the Mean Square Contingency." <u>Journal of the American Statistical Association</u> 53 (1958) : 102-106.

Brown, Morton B., and Benedetti, J.K. "Sampling Behavior of Tests for Correlation in Two-Way Contingency Tables." <u>Journal of the American Statistical Association</u> 72(June 1977) : 309-315.

Chow, Bryant; Miller, J.E.; and Dickinson, P.C. "Extension of a Monte-Carlo Comparision of Some Properties of Two Rank Correlation Coefficients in Small Samples." <u>Journal of Statistical Computation and Simulation</u> 3 (1974) : 189-195.

Cochran, W.G. "The X^2 Test of Goodness of Fit." <u>Annals of Mathematical Statistics</u> 23 (September 1952) : 315-345.

Games, Paul A. "An Improved t Table for Simultaneous Control on g Contrasts." <u>Journal of the American Statistical Association</u> 72 (September 1977) : 531-534.

Goodman, L.A., and Kruskal, W.H. "Measures of Association for Cross Classifications." <u>Journal of the American Statistical Association</u> 49 (December 1954) : 732-764.

Kendall, M.G. "A New Measure of Rank Correlation." <u>Biometrika</u> 30 (June 1938) : 81-93.

Särndal, Carl E. "A Comparative Study of Association Measures." Psychometrika 39 (June 1974) : 165-187.

Stuart, A. "Calculation of Spearman's Rho for Ordered Tow-Way Classification." The American Statistician 17 (October 1963) : 23-24.

————. "The Estimation and Comparsion of Strengths of Association in Contingency Tables." Biometrika 40 (June 1953) : 105-110.

Williams, C.A. "On the Choice of the Number and Width of Classes for the Chi-Square Test of Goodness of Fit." Journal of the American Statistical Association 45 (1950) : 77-86.

Zar, J.H. "Significance Testing of the Spearman Rank Correlation Coefficient." Journal of the American Statistical Association 67 (September 1972) : 578-580.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณช่วงความเชื่อมั่นของอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

วิธีคำนวณเกณฑ์ในการตัดสินอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ (nominate α) ซึ่งสามารถคำนวณจากช่วงความเชื่อมั่นของ p เมื่อ p หมายถึงโอกาสที่เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดังนี้

$$\hat{p} - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}} \leqslant p \leqslant \hat{p} + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$$

เมื่อ $\alpha = .05$ หรือ $\hat{p} = .05$, $\hat{q} = 1 - \hat{p} = .95$, $n = 1000$ และ $Z_{\alpha/2} = 1.96$ ดังนั้น

$$.05 - 1.96\sqrt{\frac{(.05)(.95)}{1000}} \leqslant p \leqslant .05 + 1.96\sqrt{\frac{(.05)(.95)}{1000}}$$

$$.0364917 \leqslant p \leqslant .0635083$$

เมื่อ $\alpha = .01$ หรือ $\hat{p} = .05$, $\hat{q} = 1 - \hat{p} = .99$, $n = 1000$ และ $Z_{\alpha/2} = 2.576$ ดังนั้น

$$.01 - 2.576\sqrt{\frac{(.01)(.99)}{1000}} \leqslant p \leqslant .01 + 2.576\sqrt{\frac{(.01)(.99)}{1000}}$$

$$.0081051 \leqslant p \leqslant .0181051$$

สรุปช่วงความเชื่อมั่นสำหรับ $p = .05$ คือ $.036 \leqslant p \leqslant .064$

$p = .01$ คือ $.008 \leqslant p \leqslant .018$

สำหรับเกณฑ์ของโคแครน กำหนดช่วงความเชื่อมั่นดังนี้

$p = .05$ คือ $.040 \leqslant p \leqslant .060$

$p = .01$ คือ $.007 \leqslant p \leqslant .015$

เกณฑ์ของโคแครนเป็นช่วงที่สั้นกว่าช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้ การวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้เกณฑ์ของโคแครนตัดสินการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองกับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

<u>การทดสอบลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี เปรียบเทียบกับการแจกแจงตามทฤษฎี</u>

การเปรียบเทียบการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้ง 3 วิธี กับการแจกแจงตามทฤษฎี ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การทดสอบสารูปสนิทดีไคสแควร์ (Chi-Square Test of Goodness of Fit) ซึ่งคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad ; \nu = k - 1$$

เมื่อ O_i หมายถึง ค่าความถี่ที่สังเกตได้แต่ละชั้นของข้อมูล

E_i หมายถึง ค่าความถี่ที่คาดหวังในแต่ละชั้นของข้อมูล

k หมายถึง จำนวนชั้นของข้อมูล

ν หมายถึง ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

<u>วิธีการคำนวณ</u>

1. กำหนดความกว้างของช่วงและจำนวนชั้นของความถี่ ให้เหมาะกับขนาดของข้อมูล บันทึกความถี่ที่สังเกตได้ลงในแต่ละชั้นของข้อมูล

2. คำนวณหาค่าความถี่ที่คาดหวังในแต่ละชั้นจากสูตร

$$E_i = np_i$$

เมื่อ p_i หมายถึง ความน่าจะเป็นของการแจกแจง

n หมายถึง จำนวนข้อมูล ในการวิจัยนี้หมายถึงจำนวนครั้งในการทดลอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4,000

3. คำนวณหาค่าไคสแควร์

4. การทดสอบนัยสำคัญค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้ โดยเทียบกับค่าวิกฤตของไคสแควร์ที่ได้จากตารางไคสแควร์ ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $k - 1$ ณ ระดับ $\alpha = .05$ และ .01 สำหรับค่าวิกฤตที่ใช้ทดสอบตามหัวข้อนี้ แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ 16

การทดสอบความแตกต่างระหว่างลักษณะโค้งอำนาจการทดสอบ (Power Curves) ของสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างลักษณะโค้งอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้ง 3 วิธี ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การทดสอบการแจกแจงด้วยไคสแควร์ (Chi-Square Test of Homogeneity of Distributions) ซึ่งคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c} \frac{(O_{ij}-E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad ; \quad \nu = (r-1)(c-1)$$

เมื่อ O_{ij} หมายถึง ความถี่ที่สังเกตได้ในแถวที่ i สดมภ์ที่ j

E_{ij} หมายถึง ความถี่ที่คาดหวังในแถวที่ i สดมภ์ที่ j

r หมายถึง จำนวนแถว

c หมายถึง จำนวนสดมภ์

ν หมายถึง ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

วิธีการคำนวณ

1. การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างลักษณะโค้งอำนาจการทดสอบ จะเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ครั้งละ 2 วิธี โดยให้จำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานสูญ เป็นความถี่ที่สังเกตได้ซึ่งจำแนกตามค่า ρ (จำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานสูญ หาได้จากผลคูณของอำนาจการทดสอบกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง)

2. คำนวณหาค่าความถี่ที่คาดหวังในแต่ละเซลได้จากสูตร

$$E_{ij} = \frac{R_i C_j}{n}$$

เมื่อ R_i หมายถึง ความถี่รวมในแถวที่ i

C_j หมายถึง ความถี่รวมในสดมภ์ที่ j

n หมายถึง ความถี่รวมทั้งหมด

3. คำนวณหาค่าไคสแควร์

4. การทดสอบนัยสำคัญค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้ โดยเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตของไคสแควร์ที่ได้จากตารางไคสแควร์ ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ (r-1)(c-1) ที่ระดับ α = .05

ภาคผนวก ข

<u>วิธีประมาณค่าวิกฤตของการทดสอบที โดยวิธี Linear Harmonic Interpolation</u>

ค่าจากตารางที เป็นค่าที่กำหนดตามขนาดของชั้นแห่งความเป็นอิสระซึ่งมีไม่ครบทุกขนาดของชั้นแห่งความเป็นอิสระ ในกรณีที่ต้องการค่าที่ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ ν ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ปรากฏในตาราง ต้องใช้วิธีประมาณค่าจากค่าทีในตารางที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ ν_o และ ν_1 โดย $\nu_o < \nu < \nu_1$ สูตรที่ใช้ประมาณค่ากำหนดได้ดังนี้

$$t \approx t_o(1 - \theta) + t_1(\theta)$$

เมื่อ t หมายถึง ค่าทีที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ ν

t_o หมายถึง ค่าทีที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ ν_o

t_1 หมายถึง ค่าทีที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ ν_1

$\theta = (120/\nu - 120/\nu_o)/(120/\nu_1 - 120/\nu_o)$

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมนนั้น จะใช้การทดสอบที เป็นสถิติทดสอบที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $n - 2$ โดยที่เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 150 จะต้องเปิดตารางที (งานวิจัยนี้ใช้ตารางทีของ Owen) ที่ $\nu = 150 - 2 = 148$ ซึ่งในตารางได้ระบุค่าไว้ แต่เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 200 ($\nu = 200 - 2 = 198$) ไม่สามารถหาค่าวิกฤตจากตารางได้ โดยที่ในตารางจะปรากฏค่า ν ที่ใกล้เคียงกับ 198 คือ $\nu = 150$ และ $\nu = 200$ การประมาณค่า t ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 198 สามารถคำนวณได้ดังนี้

จากสูตร $$t = t_o(1 - \theta) + t_1(\theta)$$

เมื่อ t หมายถึง ค่าทีที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 198

t_o หมายถึง ค่าทีที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 150

t_1 หมายถึง ค่าทีที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 200

โดยที่ $\theta = (120/198 - 120/150)/(120/200 - 120/150)$

$= 0.9697$

$1 - \theta = 0.0303$

ดังนั้น $t = t_o(0.0303) + t_1(0.9697)$

จากตารางที่ $\alpha = .05$; $t_o(t_{150}) = 1.9759$, $t_1(t_{200}) = 1.9719$

$t = 1.9759(0.0303) + 1.9719(0.9697$

$= 1.9720$

จากตารางที่ $\alpha = .01$; $t_o(t_{150}) = 2.6090$, $t_1(t_{200}) = 2.6006$

$t = 2.6090(0.0303) + 2.6006(0.9697)$

$= 2.6009$

นั่นคือ ในการประมาณค่าทีที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 198 ที่ $\alpha = .05$ และ .01 เท่ากับ 1.9720 และ 2.6009 ตามลำดับ

สำหรับค่าวิกฤตที่ใช้ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้ง 3 วิธี ในงานวิจัยนี้ แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ 15

<u>วิธีประมาณค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์</u>

ในการทดลองหาลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเครมเมอร์วี เปรียบเทียบกับการแจกแจงตามทฤษฎี ซึ่งมีลักษณะการแจกแจงไคสแควร์ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $(r - 1)(c - 1) = (5 - 1)(5 - 1) = 16$ นั้น ในการคำนวณหาค่าความถี่ที่คาดหวัง ($E = np$) ตามความกว้างของช่วงและจำนวนชั้นของความถี่ว่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเครมเมอร์วี ที่จัดไว้ 71 ชั้น โดยเริ่มที่ค่าไคสแควร์เท่ากับ 4.40 ไปจนถึงค่า 32.00 เพิ่มขึ้นชั้นละ 0.4 จำเป็นต้องทราบค่าความน่าจะเป็น (p) ดังกล่าวก่อน โดยที่ตารางแสดงค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์ (ใช้ตารางของ Pearson and Hartley ตารางที่ 7 หน้า 128-135) ระบุไว้ไม่ครบทุกค่า จึงต้องใช้วิธีประมาณค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์ ตามที่ผู้วิจัยต้องการโดยใช้สูตรดังนี้ (Pearson and Hartley 1966 : 13-14)

$$2p(\chi^2/\nu) = p(\chi_o^2/\nu - 4)\left(\tfrac{1}{2}\,\theta\right)^2 + p(\chi_o^2/\nu - 2)\left\{\theta - 2\left(\tfrac{1}{2}\,\theta\right)^2\right\} + p(\chi_o^2/\nu)\left\{2 - \theta + \left(\tfrac{1}{2}\,\theta\right)^2\right\}$$

เมื่อ p หมายถึง ความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์

χ^2 หมายถึง ค่าไคสแควร์ที่ต้องการหาค่าความน่าจะเป็น

χ_o^2 หมายถึง ค่าไคสแควร์จากตารางที่มีค่าใกล้เคียง χ^2 มากที่สุด

ν หมายถึง ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

$\theta = \chi^2 - \chi_o^2$

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์ ที่ไคสแควร์มีค่าเท่ากับ 4.40 ไปจนถึง 10.0 ในตารางได้กำหนดไว้แล้ว แต่ไคสแควร์ที่มีค่าเท่ากับ 10.4 ไม่ได้ระบุค่าความน่าจะเป็นไว้ ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ดังนี้

เมื่อ $\chi^2 = 10.4,\ \chi_o^2 = 10.5,\ \nu = 16$

$\theta = \chi^2 - \chi_o^2 = -0.1$

เปิดตารางไคสแควร์ที่

$$\chi_o^2/\nu-4 = \chi_o^2/16-4 = \chi_o^2/12 = 0.57218$$

$$\chi_o^2/\nu-2 = \chi_o^2/16-2 = \chi_o^2/14 = 0.72479$$

$$\chi_o^2/\nu = \chi_o^2/16 = 0.83925$$

แทนค่าต่าง ๆ ในสูตร

$$p(10.4/16) = \frac{1}{2}\left[.57218(.0025) + .72479(-.1-.005) + .83925(2+.1+.0025)\right]$$

$$= \frac{1}{2}\,(.00143-.07610\ 1.76452)$$

$$= 0.84493$$

นั่นคือ ค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์ที่ค่าไคสแควร์เท่ากับ 10.4 ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 16 มีค่าเป็น 0.84493

ภาคผนวก ค

สรุปค่าวิกฤตที่ใช้ในงานวิจัยนี้

1. การทดลองหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี ค่าวิกฤตที่ใช้จะมีความแตกต่างกันไปตามสถิติที่นำมาใช้ในการทดสอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สรุปค่าวิกฤตที่ใช้ทั้งหมด ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี จำแนกตามขนาดของกลุ่มตัวอย่างและอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

n	$t(r_c)$		$Z(\tau_c)$		$X^2(V)$	
	$\alpha = .05$	$\alpha = .01$	$\alpha = .05$	$\alpha = .01$	$\alpha = .05$	$\alpha = .01$
150	1.9761	2.6095	1.9600	2.5758	26.296	32.000
200	1.9720*	2.6009*	1.9600	2.5758	26.296	32.000
250	1.9696*	2.5958*	1.9600	2.5758	26.296	32.000

* ประมาณค่าโดยใช้วิธี linear harmonic interpolation จากภาคผนวก ข

2. การทดสอบลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี เปรียบเทียบกับการแจกแจงตามทฤษฎี ซึ่งใช้สถิติทดสอบสารูปสนิทดีไคสแควร์นั้น ค่าวิกฤตของการทดสอบนี้ได้สรุปไว้ในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบสารูปสนิทดีไคสแควร์ ที่ใช้ทดสอบลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 วิธี เปรียบเทียบกับลักษณะการแจกแจงตามทฤษฎี จำแนกตามสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

สถิติทดสอบ	จำนวนชั้น	ชั้นแห่งความเป็นอิสระ	ค่าวิกฤตของการทดสอบสารูปสนิทดีไคสแควร์	
			$\alpha = .05$	$\alpha = .01$
$t(r_c)$	54	53	70.993	79.843
$z(\tau_c)$	54	53	70.993	79.843
$\chi^2(v)$	71	70	90.531	100.425

โปรแกรม ก

```
C   ******************************************************************
C   *                                                                *
C   * THE COMPUTER PROGRAM, USED IN THIS STUDY IS WRITTEN IN FORTRAN77. *
C   * THIS PROGRAM IS DESIGNED TO TEST BIVARIATE NORMAL AND CORRELATION *
C   * COEFFICIENT OF POPULATION WHEN THE VALUE OF RHO ARE 0.0(0.1)0.9   *
C   * AND 10,000 PAIRS OF DATA.                                      *
C   *                                                                *
C   ******************************************************************
C
C
C          DESCRIPTION OF IMPORTANT VARIABLES :
C
C              N   -  NUMBERS OF POPULATION
C              EX  -  MEAN OF POPULATION
C              STD -  STANDARD DEVIATION OF POPULATION
C              RXY -  PEARSON PRODUCT MOMENT CORRELATION COEFFICIENT
C              RHO -  CORRELATION COEFFICIENT OF POPULATION
C
C
      DIMENSION X(10000),W(10000),Y(10000)
      COMMON IA
      DATA EX,STD,N/0.,1.,10000/
      DO 10 RHO = 0.0,1.0,0.1
      IA    =  65539
      SX    =  0.
      SY    =  0.
      SXX   =  0.
      SYY   =  0.
      SXY   =  0.
C   ------------------------------------------------------------------
C                 GENERATE BIVARIATE NORMAL POPULATION
C   ------------------------------------------------------------------
      DO 20 J = 1,N
      CALL NORMAL(EX,STD,Y1,Y2)
      X(J)  =  Y1
      W(J)  =  Y2
      Y(J)  =  W(J)*SQRT(1.0-RHO**2)+X(J)*RHO
C   ------------------------------------------------------------------
C              COMPUTE SUM,SUM OF SQURE AND CROSSPRODUCT
C                      OF VARIABLES X AND Y
C   ------------------------------------------------------------------
       SX    =  SX+X(J)
       SY    =  SY+Y(J)
       SXX   =  SXX+X(J)**2
       SYY   =  SYY+Y(J)**2
       SXY   =  SXY+X(J)*Y(J)
 20    CONTINUE
C   ------------------------------------------------------------------
C       COMPUTE PEARSON PRODUCT MOMENT CORRELATION COEFFICIENT
C   ------------------------------------------------------------------
       A     =  N*SXY-SX*SY
       B     =  (N*SXX-SX**2)*(N*SYY-SY**2)
       RXY   =  A/SQRT(B)
C   ------------------------------------------------------------------
C            COMPUTE MEAN,VARIANCE,SKEWNESS AND KURTOSIS
C                      OF VARIABLES X AND Y
C   ------------------------------------------------------------------
       XMEAN =  SX/N
       YMEAN =  SY/N
       CALL VAR    (X,N,XMEAN,VRX)
       CALL VAR    (Y,N,YMEAN,VRY)
       SDX = SQRT  (VRX)
       SDY = SQRT  (VRY)
       CALL SKEW   (X,N,XMEAN,SDX,SKX)
       CALL SKEW   (Y,N,YMEAN,SDY,SKY)
       CALL KURTO  (X,N,XMEAN,SDX,RKX)
       CALL KURTO  (Y,N,YMEAN,SDY,RKY)
```

```
C  /-------------------------------------------------------------------/
      WRITE (6,100) RHO,RXY
100   FORMAT (////35X,'RHO (',F3.1,') =  ',F7.4/
     *        35X,'---------------------')
      WRITE (6,200)
      WRITE (6,300) XMEAN,VRX,SKX,RKX
      WRITE (6,300) YMEAN,VRY,SKY,RKY
200   FORMAT (//15X,'MEAN',12X,'VARIANCE',10X,'SKEWNESS',
     *        10X,'KURTOSIS'//)
300   FORMAT (10X,F10.4,3(8X,F10.4))
10    CONTINUE
      STOP
      END

C
C   *******  SUBROUTINE  RANDUM  ********
C
      SUBROUTINE RANDUM(IX,IY,RN)
      COMMON IA
      IY = IX*65539
      IF (IY) 5,6,6
5     IY = IY+2147483647+1
6     RN = IY
      RN = RN*.4656613E-9
      IX = IY
      IA = IX
      RETURN
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  NORMAL  ********
C
      SUBROUTINE NORMAL (EX,STD,Y1,Y2)
      COMMON IA
10    CALL RANDUM (IA,IY,RN)
      V1 = 2.*RN-1.
      CALL RANDUM (IA,IY,RN)
      V2 = 2.*RN-1.
      S  = V1*V1+V2*V2
      IF (S.GE.1.) GOTO 10
      RNN1 = V1*SQRT ((-2.*ALOG(S))/S)
      RNN2 = V2*SQRT ((-2.*ALOG(S))/S)
      Y1 = EX+RNN1*STD
      Y2 = EX+RNN2*STD
      RETURN
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  VARIANCE  ********
C
      SUBROUTINE VAR (X,N,AMEAN,VR)
      DIMENSION X(N)
      SA = 0.
      DO 10 I = 1,N
10    SA = SA+(X(I)-AMEAN)**2
      VR = SA/N
      RETURN
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  SKEWNESS  ********
C
      SUBROUTINE SKEW (X,N,AMEAN,SD,SK)
      DIMENSION X(N)
      SA = 0.
      DO 20 I = 1,N
20    SA = SA+(X(I)-AMEAN)**3
      B  = SD**3
      SK = SA/(N*B)
      RETURN
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  KURTOSIS  ********
C
      SUBROUTINE KURTO (X,N,AMEAN,SD,RK)
      DIMENSION X(N)
      SA = 0.
      DO 30 I = 1,N
30    SA = SA+(X(I)-AMEAN)**4
      B  = SD**4
      RK = SA/(N*B)
      RETURN
      END
```

โปรแกรม B

```
C  ********************************************************************
C  *                                                                  *
C  * THE COMPUTER PROGRAM, USED IN THIS STUDY IS WRITTEN IN FORTRAN77. *
C  * IT IS DESIGNED TO COMPUTE THE ACTUAL TYPE I ERROR WHEN RHO IS 0.0 *
C  * BESIDES COMPUTING THE POWER OF TEST WHEN RHO ARE 0.1(0.1)0.9 AND  *
C  * FIND THE SAMPLING DISTRIBUTION OF CORRELATION COEFFICIENT WHEN    *
C  * RHO ARE 0.0(0.1)0.9.                                              *
C  *                                                                  *
C  ********************************************************************
C
C
C        DESCRIPTION OF IMPORTANT VARIABLES :
C
C          N   -  NUMBERS OF TIMES TO SIMULATE
C          NS  -  SAMPLE SIZE
C          MC  -  THE SMALLER OF THE NUMBERS OF ROWS OR COLUMNS
C          A   -  CELL FREQUENCIES
C          SR  -  MARGINAL FREQUENCIES OF ROWS
C          SC  -  MARGINAL FREQUENCIES OF COLUMNS
C
C
      DIMENSION X(10000),W(10000),Y(10000),A(5,5),SC(5),SR(5),
     *          RHOC(4000),TAUC(4000),CRMV(4000)
      COMMON IA
      DATA CRHO05,CRHO01,CTAU05,CTAU01,CCHI05,CCHI01,SX,SY,SZ,EX,
     *     STD,N,MC,NS/10*0.,1.,4000,5,150/
      IA  = 65539
      RHO = 0.0
      WRITE (6,100) RHO
100   FORMAT ('1'//35X,'RHO =  ',F4.1/35X,'-----------'//)
C ------------------------------------------------------------------
C            GENERATE BIVARIATE NORMAL POPULATION
C ------------------------------------------------------------------
      DO 10 I = 1,10000
      CALL NORMAL (EX,STD,Y1,Y2)
      X(I) = Y1
      W(I) = Y2
      Y(I) = W(I)*SQRT(1.0-RHO**2)+X(I)*RHO
10    CONTINUE
      DO 20 J = 1,N
C ------------------------------------------------------------------
C          GENERATE DATA INTO CONTINGENCY TABLE 5 BY 5
C ------------------------------------------------------------------
      CALL CONTIN (X,Y,NS,A)
C ------------------------------------------------------------------
C           COMPUTE CORRELATION COEFFICIENT SPEARMAN,
C                  KENDALL TAU AND CRAMER'S V
C ------------------------------------------------------------------
      CALL SPEMAN (A,SC,SR,NS,MC,RHOC(J))
      CALL KENDAL (A,NS,MC,S,TAUC(J))
      CALL SDTAUC (SC,SR,NS,SD)
      CALL CRMERV (A,SC,SR,NS,MC,CHI,CRMV(J))
C ------------------------------------------------------------------
C                    TESTS SIGNIFICANT
C ------------------------------------------------------------------
      T = ABS(RHOC(J)*SQRT((NS-2)/(1-RHOC(J)**2)))
      Z = ABS((S-1)/SD)
C ------------------------------------------------------------------
C          COUNTS OF SIGNIFICANT AT P <.05 AND P <.01
C ------------------------------------------------------------------
      IF (T   .GE.1.9761)  CRHO05 = CRHO05 + 1.
      IF (T   .GE.2.6095)  CRHO01 = CRHO01 + 1.
      IF (Z   .GE.1.9600)  CTAU05 = CTAU05 + 1.
      IF (Z   .GE.2.5758)  CTAU01 = CTAU01 + 1.
      IF (CHI.GE.26.296)  CCHI05 = CCHI05 + 1.
      IF (CHI.GE.32.000)  CCHI01 = CCHI01 + 1.
```

```
      SX = SX+RHOC(J)
      SY = SY+TAUC(J)
      SZ = SZ+CRMV(J)
20    CONTINUE
C   ------------------------------------------------------------------
C       COMPUTE ACTUAL TYPE I ERROR AT P <.05 AND P <.01
C   ------------------------------------------------------------------
      SIGRC5 = CRHO05/N
      SIGRC1 = CRHO01/N
      SIGTC5 = CTAU05/N
      SIGTC1 = CTAU01/N
      SIGV5  = CCHI05/N
      SIGV1  = CCHI01/N
C  /-----------------------------------------------------------------------/
      WRITE  (6,200)
200   FORMAT (15X,'SIGNIFICANT AT P <.05',15X,'SIGNIFICANT AT P <.01')
      WRITE  (6,300) CRHO05,CRHO01,SIGRC5,SIGRC1,
     *               CTAU05,CTAU01,SIGTC5,SIGTC1,
     *               CCHI05,CCHI01,SIGV5,SIGV1
300   FORMAT (//1X,'RHOC   ===>  ',F15.4,20X,F15.4/14X,F15.4,20X,F15.4//
     *         1X,'TAUC   ===>  ',F15.4,20X,F15.4/14X,F15.4,20X,F15.4//
     *         1X,'CRMERV===>  ',F15.4,20X,F15.4/14X,F15.4,20X,F15.4//)
C   ------------------------------------------------------------------
C       COMPUTE MEAN, VARIANCE, SKEWNESS AND KURTOSIS
C                OF CORRELATION COEFFICIENTS
C   ------------------------------------------------------------------
      XMEAN = SX/N
      YMEAN = SY/N
      ZMEAN = SZ/N
      CALL VAR    (RHOC,N,XMEAN,VRX)
      CALL VAR    (TAUC,N,YMEAN,VRY)
      CALL VAR    (CRMV,N,ZMEAN,VRZ)
      SDX = SQRT (VRX)
      SDY = SQRT (VRY)
      SDZ = SQRT (VRZ)
      CALL SKEW  (RHOC,N,XMEAN,SDX,SKX)
      CALL SKEW  (TAUC,N,YMEAN,SDY,SKY)
      CALL SKEW  (CRMV,N,ZMEAN,SDZ,SKZ)
      CALL KURTO (RHOC,N,XMEAN,SDX,RKX)
      CALL KURTO (TAUC,N,YMEAN,SDY,RKY)
      CALL KURTO (CRMV,N,ZMEAN,SDZ,RKZ)
C  /-----------------------------------------------------------------------/
      WRITE  (6,400)
      WRITE  (6,500) XMEAN,VRX,SKX,RKX
      WRITE  (6,500) YMEAN,VRY,SKY,RKY
      WRITE  (6,500) ZMEAN,VRZ,SKZ,RKZ
400   FORMAT (//15X,'MEAN',12X,'VARIANCE',10X,'SKEWNESS',
     *        10X,'KURTOSIS'//)
500   FORMAT (10X,F10.4,3(8X,F10.4))
      STOP
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  RANDUM  ********
C
      SUBROUTINE RANDUM(IX,IY,RN)
      COMMON IA
      IY = IX*65539
      IF (IY) 5,6,6
5     IY = IY+2147483647+1
6     RN = IY
      RN = RN*.4656613E-9
      IX = IY
      IA = IX
      RETURN
      END
```

```
C
C   ********  SUBROUTINE  NORMAL  ********
C
      SUBROUTINE NORMAL (EX,STD,Y1,Y2)
      COMMON IA
10    CALL RANDUM (IA,IY,RN)
      V1 = 2.*RN-1.
      CALL RANDUM (IA,IY,RN)
      V2 = 2.*RN-1.
      S  = V1*V1+V2*V2
      IF (S.GE.1.) GOTO 10
      RNN1 = V1*SQRT ((-2.*ALOG(S))/S)
      RNN2 = V2*SQRT ((-2.*ALOG(S))/S)
      Y1 = EX+RNN1*STD
      Y2 = EX+RNN2*STD
      RETURN
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  CONTINGENCY  ********
C
      SUBROUTINE CONTIN (X,Y,NS,A)
      DIMENSION X(10000),Y(10000),A(5,5)
      COMMON IA
      DO 10 I = 1,5
      DO 10 J = 1,5
10    A(I,J)  = 0.
      DO 20 II = 1,NS
      CALL RANDUM (IA,IY,RN)
      K = RN*10000
      IF (X(K).LT.-.842)                       L = 1
      IF (X(K).GE.-.842.AND.X(K).LT.-.253)     L = 2
      IF (X(K).GE.-.253.AND.X(K).LT. .253)     L = 3
      IF (X(K).GE. .253.AND.X(K).LT. .842)     L = 4
      IF (X(K).GE. .842)                       L = 5
      IF (Y(K).LT.-.842)                       M = 1
      IF (Y(K).GE.-.842.AND.Y(K).LT.-.253)     M = 2
      IF (Y(K).GE.-.253.AND.Y(K).LT. .253)     M = 3
      IF (Y(K).GE. .253.AND.Y(K).LT. .842)     M = 4
      IF (Y(K).GE. .842)                       M = 5
      A(L,M) = A(L,M)+1.
20    CONTINUE
      RETURN
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  SPEARMAN  ********
C
      SUBROUTINE SPEMAN (A,SC,SR,NS,MC,RHOC)
      DIMENSION SC(5),SR(5),A(5,5),AVR(5),AVC(5)
      SUM    = 0.
      DO 10 K = 1,5
10    SC(K)  = 0.
      DO 20 L = 1,5
      DO 20 M = 1,5
20    SC(L)  = SC(L)+A(L,M)
      AVR(1) = (SC(1)+1)/2
      AVR(2) = SC(1)+(SC(2)+1)/2
      AVR(3) = SC(1)+SC(2)+(SC(3)+1)/2
      AVR(4) = SC(1)+SC(2)+SC(3)+(SC(4)+1)/2
      AVR(5) = SC(1)+SC(2)+SC(3)+SC(4)+(SC(5)+1)/2
      DO 30 N = 1,5
30    SR(N)  = 0.
      DO 40 II = 1,5
      DO 40 JJ = 1,5
40    SR(II) = SR(II)+A(JJ,II)
      AVC(1) = (SR(1)+1)/2
      AVC(2) = SR(1)+(SR(2)+1)/2
      AVC(3) = SR(1)+SR(2)+(SR(3)+1)/2
      AVC(4) = SR(1)+SR(2)+SR(3)+(SR(4)+1)/2
      AVC(5) = SR(1)+SR(2)+SR(3)+SR(4)+(SR(5)+1)/2
      DO 50 LL = 1,5
      DO 50 MM = 1,5
50    SUM   = SUM+(AVR(LL)-AVC(MM))**2*A(LL,MM)
      RHOC = 1-((MC**2)*6*SUM)/((NS**3)*(MC**2-1))
      RETURN
      END
```

```
C
C     ********  SOBROUTINE  KENDALL  ********
C
      SUBROUTINE KENDAL (A,NS,MC,S,TAUC)
      DIMENSION SP(16),SQ(16),A(5,5)
      SP(1) = A(1,1)*(A(2,2)+A(2,3)+A(2,4)+A(2,5)+
     *                A(3,2)+A(3,3)+A(3,4)+A(3,5)+
     *                A(4,2)+A(4,3)+A(4,4)+A(4,5)+
     *                A(5,2)+A(5,3)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(2) = A(1,2)*(A(2,3)+A(2,4)+A(2,5)+A(3,3)+A(3,4)+A(3,5)+
     *                A(4,3)+A(4,4)+A(4,5)+A(5,3)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(3) = A(1,3)*(A(2,4)+A(2,5)+A(3,4)+A(3,5)+
     *                A(4,4)+A(4,5)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(4) = A(1,4)*(A(2,5)+A(3,5)+A(4,5)+A(5,5))
      SP(5) = A(2,1)*(A(3,2)+A(3,3)+A(3,4)+A(3,5)+
     *                A(4,2)+A(4,3)+A(4,4)+A(4,5)+
     *                A(5,2)+A(5,3)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(6) = A(2,2)*(A(3,3)+A(3,4)+A(3,5)+
     *                A(4,3)+A(4,4)+A(4,5)+
     *                A(5,3)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(7) = A(2,3)*(A(3,4)+A(3,5)+A(4,4)+A(4,5)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(8) = A(2,4)*(A(3,5)+A(4,5)+A(5,5))
      SP(9) = A(3,1)*(A(4,2)+A(4,3)+A(4,4)+A(4,5)+
     *                A(5,2)+A(5,3)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(10)= A(3,2)*(A(4,3)+A(4,4)+A(4,5)+
     *                A(5,3)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(11)= A(3,3)*(A(4,4)+A(4,5)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(12)= A(3,4)*(A(4,5)+A(5,5))
      SP(13)= A(4,1)*(A(5,2)+A(5,3)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(14)= A(4,2)*(A(5,3)+A(5,4)+A(5,5))
      SP(15)= A(4,3)*(A(5,4)+A(5,5))
      SP(16)= A(4,4)*A(5,5)
      SQ(1) = A(1,5)*(A(2,1)+A(2,2)+A(2,3)+A(2,4)+
     *                A(3,1)+A(3,2)+A(3,3)+A(3,4)+
     *                A(4,1)+A(4,2)+A(4,3)+A(4,4)+
     *                A(5,1)+A(5,2)+A(5,3)+A(5,4))
      SQ(2) = A(1,4)*(A(2,1)+A(2,2)+A(2,3)+A(3,1)+A(3,2)+A(3,3)+
     *                A(4,1)+A(4,2)+A(4,3)+A(5,1)+A(5,2)+A(5,3))
      SQ(3) = A(1,3)*(A(2,1)+A(2,2)+A(3,1)+A(3,2)+
     *                A(4,1)+A(4,2)+A(5,1)+A(5,2))
      SQ(4) = A(1,2)*(A(2,1)+A(3,1)+A(4,1)+A(5,1))
      SQ(5) = A(2,5)*(A(3,1)+A(3,2)+A(3,3)+A(3,4)+
     *                A(4,1)+A(4,2)+A(4,3)+A(4,4)+
     *                A(5,1)+A(5,2)+A(5,3)+A(5,4))
      SQ(6) = A(2,4)*(A(3,1)+A(3,2)+A(3,3)+
     *                A(4,1)+A(4,2)+A(4,3)+
     *                A(5,1)+A(5,2)+A(5,3))
      SQ(7) = A(2,3)*(A(3,1)+A(3,2)+A(4,1)+A(4,2)+A(5,1)+A(5,2))
      SQ(8) = A(2,2)*(A(3,1)+A(4,1)+A(5,1))
      SQ(9) = A(3,5)*(A(4,1)+A(4,2)+A(4,3)+A(4,4)+
     *                A(5,1)+A(5,2)+A(5,3)+A(5,4))
      SQ(10)= A(3,4)*(A(4,1)+A(4,2)+A(4,3)+
     *                A(5,1)+A(5,2)+A(5,3))
      SQ(11)= A(3,3)*(A(4,1)+A(4,2)+A(5,1)+A(5,2))
      SQ(12)= A(3,2)*(A(4,1)+A(5,1))
      SQ(13)= A(4,5)*(A(5,1)+A(5,2)+A(5,3)+A(5,4))
      SQ(14)= A(4,4)*(A(5,1)+A(5,2)+A(5,3))
      SQ(15)= A(4,3)*(A(5,1)+A(5,2))
      SQ(16)= A(4,2)*A(5,1)
      STP   = SP(1)+SP(2)+SP(3)+SP(4)+SP(5)+SP(6)+SP(7)+SP(8)+SP(9)
     *        +SP(10)+SP(11)+SP(12)+SP(13)+SP(14)+SP(15)+SP(16)
      STQ   = SQ(1)+SQ(2)+SQ(3)+SQ(4)+SQ(5)+SQ(6)+SQ(7)+SQ(8)+SQ(9)
     *        +SQ(10)+SQ(11)+SQ(12)+SQ(13)+SQ(14)+SQ(15)+SQ(16)
      S = STP-STQ
      TAUC  = (2*MC*S)/((NS**2)*(MC-1))
      RETURN
      END
```

```
C
C   ******** SUBROUTINE  SD.TAUC  ********
C
      SUBROUTINE SDTAUC (SC,SR,NS,SD)
      DIMENSION SC(5),SR(5)
      A = (NS**2-NS)*(2*NS+5)
      B = 0.
      C = 0.
      D = 0.
      E = 0.
      F = 9*(NS**2-NS)*(NS-2)
      G = 2*(NS**2-NS)
      U = 0.
      V = 0.
      DO 10 I = 1,5
      B = B + (SC(I)**2-SC(I))*(2*SC(I)+5)
      C = C + (SC(I)**2-SC(I))*(2*SC(I)-2)
      D = D + (SR(I)**2-SR(I))*(2*SR(I)+5)
      E = E + (SR(I)**2-SR(I))*(2*SR(I)-2)
      U = U + (SC(I)**2-SC(I))
10    V = V + (SR(I)**2-SR(I))
      P = U*V
      VARTIE = ((A-B-D)/18)+((C*E)/F)+(P/G)
      SD = SQRT(VARTIE)
      RETURN
      END

C
C   ******** SUBROUTINE  CREAMER  ********
C
      SUBROUTINE CRMERV (A,SC,SR,NS,MC,CHI,CRMV)
      DIMENSION A(5,5),E(5,5),SC(5),SR(5)
      CHI = 0.
      DO 10 I = 1,5
      DO 10 J = 1,5
      E(I,J)  = SC(I)*SR(J)/NS
10    CONTINUE
      DO 20 K = 1,5
      DO 20 L = 1,5
20    CHI   = CHI+(A(K,L)-E(K,L))**2/E(K,L)
      CRMV = SQRT(CHI/(NS*(MC-1)))
      RETURN
      END

C
C   ******** SUBROUTINE  VARIANCE  ********
C
      SUBROUTINE VAR (X,N,AMEAN,VR)
      DIMENSION X(N)
      SA = 0.
      DO 10 I = 1,N
10    SA = SA+(X(I)-AMEAN)**2
      VR = SA/N
      RETURN
      END

C
C   ******** SUBROUTINE  SKEWNESS  ********
C
      SUBROUTINE SKEW (X,N,AMEAN,SD,SK)
      DIMENSION X(N)
      SA = 0.
      DO 10 I = 1,N
10    SA = SA+(X(I)-AMEAN)**3
      B  = SD**3
      SK = SA/(N*B)
      RETURN
      END

C
C   ******** SUBROUTINE  KURTOSIS  ********
C
      SUBROUTINE KURTO (X,N,AMEAN,SD,RK)
      DIMENSION X(N)
      SA = 0.
      DO 10 I = 1,N
10    SA = SA+(X(I)-AMEAN)**4
      B  = SD**4
      RK = SA/(N*B)
      RETURN
      END
```

โปรแกรม ด

```
C   ******************************************************************
C   *                                                                *
C   * THE COMPUTER PROGRAM, USED IN THIS STUDY IS WRITTEN IN FORTRAN77. *
C   * IT IS DESIGNED TO COMPUTE THE GOODNESS OF FIT TEST OF SPEARMAN    *
C   * CORRLELATION COEFFICIENT (RC) WHEN RHO IS 0.0 AND N = 150.        *
C   *                                                                *
C   ******************************************************************
C
C
C         DESCRIPTION OF IMPORTANT VARIABLES :
C
C            EXFREQ   -  EXPECTED FREQUENCIES
C            OBFREQ   -  OBSERVED FREQUENCIES
C
C
      DIMENSION X(10000),W(10000),Y(10000),T(4000),A(5,5),
     *          EXFREQ(54),OBFREQ(54)
      COMMON IA
      DATA TOTCHI,EX,STD,MC,NS/2*0.,1.,5,150/
      DATA OBFREQ/54*0./
      DATA EXFREQ/018.8,006.0,008.0,010.0,012.8,016.0,019.6,023.6,028.8,
     *           034.8,040.8,048.0,056.0,064.0,073.2,082.4,092.0,101.6,
     *           111.2,120.4,129.2,136.8,144.4,150.0,154.4,158.0,159.2,
     *           159.2,158.0,154.4,150.0,144.4,136.8,129.2,120.4,111.2,
     *           101.6,092.0,082.4,073.2,064.0,056.0,048.0,040.8,034.8,
     *           028.8,023.6,019.6,016.0,012.8,010.0,008.0,006.0,018.8/
      RHO = 0.0
      WRITE (6,100) RHO
100   FORMAT (//25X,'RHO =  ',F4.1/25X,'------------'//)
      IA = 65539
C ------------------------------------------------------------
C         GENERATE BIVARIATE NORMAL POPULATION
C ------------------------------------------------------------
      DO 10 I = 1,10000
      CALL NORMAL (EX,STD,Y1,Y2)
      X(I) = Y1
      W(I) = Y2
      Y(I) = W(I)*SQRT(1.0-RHO**2)+X(I)*RHO
10    CONTINUE
      DO 20 J = 1,4000
C ------------------------------------------------------------
C       GENERATE DATA INTO CONTINGENCY TABLE 5 BY 5
C ------------------------------------------------------------
      CALL CONTIN (X,Y,NS,A)
C ------------------------------------------------------------
C        COMPUTE SPEARMAN CORRELATION COEFFICIENT
C ------------------------------------------------------------
      CALL SPEMAN (A,NS,MC,RHOC)
C ------------------------------------------------------------
C              TEST SIGNIFICANT BY T-TEST
C ------------------------------------------------------------
      T(J) = RHOC*SQRT((NS-2)/(1-RHOC**2))
C ------------------------------------------------------------
C              FIND OBSERVED FREQUENCIES
C ------------------------------------------------------------
      CALL OBSERV (T(J),L)
      OBFREQ(L) = OBFREQ(L)+1.
20    CONTINUE
      DO 30 K = 1,54
C ------------------------------------------------------------
C                 COMPUTE CHI-SQARE
C ------------------------------------------------------------
      CHI = (OBFREQ(K)-EXFREQ(K))**2/EXFREQ(K)
30    TOTCHI  = TOTCHI + CHI
C  /-------------------------------------------------------------------/
      WRITE (6,200)
200   FORMAT (/25X,'GOODNESS OF FIT TEST OF RHOC WHEN N = 150')
      WRITE (6,300) TOTCHI
300   FORMAT (//25X,'TOTAL OF CHISQURE =  ',F10.4)
```

```
C  -----------------------------------------------------------
C               TEST SIGNIFICANT BY CHI-SQUARE
C                   AT P < .05 AND P < .01
C  -----------------------------------------------------------
      IF (TOTCHI.GE.79.843) GOTO 40
      IF (TOTCHI.GE.70.993) GOTO 50
C  /-------------------------------------------------------------------/
      WRITE (6,600)
      GOTO 60
40    WRITE (6,400)
      GOTO 60
50    WRITE (6,500)
60    STOP
400   FORMAT (//25X,'SIGNIFICANT AT P < .01'//)
500   FORMAT (//25X,'SIGNIFICANT AT P < .05'//)
600   FORMAT (//25X,'NOT SIGNIFICANT : THE DISTRIBUTION IS FIT'//)
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  RANDUM  ********
C
      SUBROUTINE RANDUM(IX,IY,RN)
      COMMON IA
      IY = IX*65539
      IF (IY) 5,6,6
5     IY = IY+2147483647+1
6     RN = IY
      RN = RN*.4656613E-9
      IX = IY
      IA = IX
      RETURN
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  NORMAL  ********
C
      SUBROUTINE NORMAL (EX,STD,Y1,Y2)
      COMMON IA
10    CALL RANDUM (IA,IY,RN)
      V1 = 2.*RN-1.
      CALL RANDUM (IA,IY,RN)
      V2 = 2.*RN-1.
      S  = V1*V1+V2*V2
      IF (S.GE.1.) GOTO 10
      RNN1 = V1*SQRT ((-2.*ALOG(S))/S)
      RNN2 = V2*SQRT ((-2.*ALOG(S))/S)
      Y1 = EX+RNN1*STD
      Y2 = EX+RNN2*STD
      RETURN
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  CONTINGENCY  ********
C
      SUBROUTINE CONTIN (X,Y,NS,A)
      DIMENSION X(10000),Y(10000),A(5,5)
      COMMON IA
      DO 10 I = 1,5
      DO 10 J = 1,5
10    A(I,J)  = 0.
      DO 20 II = 1,NS
      CALL RANDUM (IA,IY,RN)
      K = RN*10000
      IF (X(K).LT.-.842)                        L = 1
      IF (X(K).GE.-.842.AND.X(K).LT.-.253) L = 2
      IF (X(K).GE.-.253.AND.X(K).LT. .253) L = 3
      IF (X(K).GE. .253.AND.X(K).LT. .842) L = 4
      IF (X(K).GE. .842)                        L = 5
      IF (Y(K).LT.-.842)                        M = 1
      IF (Y(K).GE.-.842.AND.Y(K).LT.-.253) M = 2
      IF (Y(K).GE.-.253.AND.Y(K).LT. .253) M = 3
      IF (Y(K).GE. .253.AND.Y(K).LT. .842) M = 4
      IF (Y(K).GE. .842)                        M = 5
      A(L,M) = A(L,M)+1.
20    CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
C
C   ********  SUBROUTINE  SPEARMAN  ********
C
      SUBROUTINE SPEMAN (A,NS,MC,RHOC)
      DIMENSION SC(5),SR(5),A(5,5),AVR(5),AVC(5)
      SUM   = 0.
      DO 10 K = 1,5
10    SC(K) = 0.
      DO 20 L = 1,5
      DO 20 M = 1,5
20    SC(L)  = SC(L)+A(L,M)
      AVR(1) = (SC(1)+1)/2
      AVR(2) = SC(1)+(SC(2)+1)/2
      AVR(3) = SC(1)+SC(2)+(SC(3)+1)/2
      AVR(4) = SC(1)+SC(2)+SC(3)+(SC(4)+1)/2
      AVR(5) = SC(1)+SC(2)+SC(3)+SC(4)+(SC(5)+1)/2
      DO 40 N = 1,5
40    SR(N) = 0.
      DO 50 II = 1,5
      DO 50 JJ = 1,5
50    SR(II) = SR(II)+A(JJ,II)
      AVC(1) = (SR(1)+1)/2
      AVC(2) = SR(1)+(SR(2)+1)/2
      AVC(3) = SR(1)+SR(2)+(SR(3)+1)/2
      AVC(4) = SR(1)+SR(2)+SR(3)+(SR(4)+1)/2
      AVC(5) = SR(1)+SR(2)+SR(3)+SR(4)+(SR(5)+1)/2
      DO 70 LL = 1,5
      DO 70 MM = 1,5
70    SUM   = SUM+(AVR(LL)-AVC(MM))**2*A(LL,MM)
      RHOC = 1-((MC**2)*6*SUM)/((NS**3)*(MC**2-1))
      RETURN
      END

C
C   ********  SUBROUTINE  OBSERVE  ********
C
      SUBROUTINE OBSERV (X,L)
      IF (X.LT.-2.60)  GOTO 31
      IF (X.LT.-2.50)  GOTO 32
      IF (X.LT.-2.40)  GOTO 33
      IF (X.LT.-2.30)  GOTO 34
      IF (X.LT.-2.20)  GOTO 35
      IF (X.LT.-2.10)  GOTO 36
      IF (X.LT.-2.00)  GOTO 37
      IF (X.LT.-1.90)  GOTO 38
      IF (X.LT.-1.80)  GOTO 39
      IF (X.LT.-1.70)  GOTO 40
      IF (X.LT.-1.60)  GOTO 41
      IF (X.LT.-1.50)  GOTO 42
      IF (X.LT.-1.40)  GOTO 43
      IF (X.LT.-1.30)  GOTO 44
      IF (X.LT.-1.20)  GOTO 45
      IF (X.LT.-1.10)  GOTO 46
      IF (X.LT.-1.00)  GOTO 47
      IF (X.LT.-0.90)  GOTO 48
      IF (X.LT.-0.80)  GOTO 49
      IF (X.LT.-0.70)  GOTO 50
      IF (X.LT.-0.60)  GOTO 51
      IF (X.LT.-0.50)  GOTO 52
      IF (X.LT.-0.40)  GOTO 53
      IF (X.LT.-0.30)  GOTO 54
      IF (X.LT.-0.20)  GOTO 55
      IF (X.LT.-0.10)  GOTO 56
      IF (X.LT. 0.00)  GOTO 57
      IF (X.LT. 0.10)  GOTO 58
      IF (X.LT. 0.20)  GOTO 59
      IF (X.LT. 0.30)  GOTO 60
      IF (X.LT. 0.40)  GOTO 61
      IF (X.LT. 0.50)  GOTO 62
      IF (X.LT. 0.60)  GOTO 63
      IF (X.LT. 0.70)  GOTO 64
      IF (X.LT. 0.80)  GOTO 65
      IF (X.LT. 0.90)  GOTO 66
      IF (X.LT. 1.00)  GOTO 67
      IF (X.LT. 1.10)  GOTO 68
      IF (X.LT. 1.20)  GOTO 69
```

```
      IF (X.LT. 1.30)  GOTO 70
      IF (X.LT. 1.40)  GOTO 71
      IF (X.LT. 1.50)  GOTO 72
      IF (X.LT. 1.60)  GOTO 73
      IF (X.LT. 1.70)  GOTO 74
      IF (X.LT. 1.80)  GOTO 75
      IF (X.LT. 1.90)  GOTO 76
      IF (X.LT. 2.00)  GOTO 77
      IF (X.LT. 2.10)  GOTO 78
      IF (X.LT. 2.20)  GOTO 79
      IF (X.LT. 2.30)  GOTO 80
      IF (X.LT. 2.40)  GOTO 81
      IF (X.LT. 2.50)  GOTO 82
      IF (X.LT. 2.60)  GOTO 83
      L = 54
      GOTO 100
31    L = 1
      GOTO 100
32    L = 2
      GOTO 100
33    L = 3
      GOTO 100
34    L = 4
      GOTO 100
35    L = 5
      GOTO 100
36    L = 6
      GOTO 100
37    L = 7
      GOTO 100
38    L = 8
      GOTO 100
39    L = 9
      GOTO 100
40    L = 10
      GOTO 100
41    L = 11
      GOTO 100
42    L = 12
      GOTO 100
43    L = 13
      GOTO 100
44    L = 14
      GOTO 100
45    L = 15
      GOTO 100
46    L = 16
      GOTO 100
47    L = 17
      GOTO 100
48    L = 18
      GOTO 100
49    L = 19
      GOTO 100
50    L = 20
      GOTO 100
51    L = 21
      GOTO 100
52    L = 22
      GOTO 100
53    L = 23
      GOTO 100
54    L = 24
      GOTO 100
55    L = 25
      GOTO 100
56    L = 26
      GOTO 100
57    L = 27
      GOTO 100
58    L = 28
      GOTO 100
59    L = 29
      GOTO 100
60    L = 30
      GOTO 100
61    L = 31
      GOTO 100
62    L = 32
      GOTO 100
63    L = 33
      GOTO 100
64    L = 34
      GOTO 100
65    L = 35
      GOTO 100
66    L = 36
      GOTO 100
67    L = 37
      GOTO 100
68    L = 38
      GOTO 100
69    L = 39
      GOTO 100
70    L = 40
      GOTO 100
71    L = 41
      GOTO 100
72    L = 42
      GOTO 100
73    L = 43
      GOTO 100
74    L = 44
      GOTO 100
75    L = 45
      GOTO 100
76    L = 46
      GOTO 100
77    L = 47
      GOTO 100
78    L = 48
      GOTO 100
79    L = 49
      GOTO 100
80    L = 50
      GOTO 100
81    L = 51
      GOTO 100
82    L = 52
      GOTO 100
83    L = 53
100   RETURN
      END
```

ประวัติผู้เขียน

นายทองดี แย้มสรวล เกิดเมื่อวันที่ 12 สิงหาคม 2499 ที่จังหวัดพระนคร-ศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาปริญญาการศึกษาบัณฑิต วิชาเอกฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตบางเขน เมื่อปีการศึกษา 2521 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2528 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งอาจารย์ 1 โรงเรียนบางปะอิน " ราชานุเคราะห์ 1 " อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา