บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

## แผนการดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ดำเนินการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation) เพื่อศึกษาลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี เมื่อกำหนดค่า $\rho = 0.0, 0.1, \ldots, 0.9$ ลักษณะการแจกแจงของสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 วิธี เปรียบเทียบกับลักษณะการแจกแจงตามทฤษฎี เมื่อสมมติฐานสูญเป็นจริง ($\rho = 0$) ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 วิธี โดยกำหนดให้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการทดลองเท่ากับ 150, 200 และ 250 ตัวแปรที่ศึกษามีลักษณะการแจกแจงแบบปกติสองตัวแปร (Bivariate Normal Distribution) กำหนดพารามิเตอร์ $\mu_1, \mu_2$ คือค่าเฉลี่ยของตัวแปร X และ Y ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 0 $\sigma_1^2, \sigma_2^2$ คือความแปรปรวนของตัวแปร X และ Y ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 1 และกำหนดแผนการทดลองที่มีลักษณะแบบแผนที่สามารถใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินการทดลอง

| $\rho$ | $r_c$ | | | | | | $\tau_c$ | | | | | | V | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{X}$ | $S^2$ | SK | KU | T & P | | $\bar{X}$ | $S^2$ | SK | KU | T & P | | $\bar{X}$ | $S^2$ | SK | KU | T & P | |
| | | | | | $\alpha=.05$ | $\alpha=.01$ | | | | | $\alpha=.05$ | $\alpha=.01$ | | | | | $\alpha=.05$ | $\alpha=.01$ |
| 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

หมายเหตุ $\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ย
$S^2$ หมายถึง ค่าความแปรปรวน
SK หมายถึง ค่าความเบ้
KU หมายถึง ค่าความโด่ง
T & P หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง และอำนาจการทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## วิธีดำเนินการทดลอง

การสร้างและจำลองการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการดำเนินการทดลอง โดยดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอนสรุปได้ตามแผนผัง ดังต่อไปนี้

แผนภาพที่ 8 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

จากแผนผังการดำเนินการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนการดำเนินการทดลองโดยละเอียด ซึ่งจะอธิบายในลักษณะการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ตามขั้นตอนดังนี้

1. การสร้างรูปแบบการแจกแจงและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรตามที่กำหนด

เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบปกติสองตัวแปร ในขั้นแรกใช้โปรแกรมย่อยสับรูทีน (Subroutine Subprogram) ที่มีชื่อว่า RANDUM ซึ่งมีลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) ในการสร้างข้อมูลตามวิธีการของมอนติคาร์โลซิมูเลชั่น จากนั้นจึงแปลงข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติด้วยโปรแกรมย่อยสับรูทีนที่มีชื่อ NORMAL ขั้นสุดท้ายจะเป็นการแปลงข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน NORMAL ให้มีความสัมพันธ์กันตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร ( $\rho$ ) ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นจากสมการ $Y_i = \rho X_i + \sqrt{1-\rho^2} \cdot W_i$ ; $i = 1,2,..,n$ จากสมการนี้ค่า X และ Y จะมีการแจกแจงแบบปกติสองตัวแปรตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร ซึ่งจะเสนอรายละเอียดตามลำดับดังต่อไปนี้

1.1 โปรแกรมย่อยสับรูทีน RANDUM (Shannon 1975 : 353-354) เป็น scientific subroutine ที่ใช้สร้างตัวเลขสุ่ม (random number) ด้วยวิธี congruential generation method ได้ถึง $2^{29}$ หรือ 536,870,912 จำนวน ก่อนที่จะเกิดการซ้ำของชุดตัวเลขสุ่ม และได้เลือกค่า 65539 เป็นค่าเริ่มต้น ทั้งนี้ Maclaren และ Marsaglia ได้ให้คำแนะนำว่าค่าเริ่มต้น 65539 เป็นค่าที่จะให้ชุดของตัวเลขสุ่มยาวมากและมีลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 โปรแกรมนี้จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL RANDUM (IX,IY,RN) โดยที่ IX คือค่าเริ่มต้นซึ่งจะต้องกำหนดขึ้นก่อนใช้คำสั่งนี้ และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้เลขสุ่ม 1 จำนวน คือ RN ตัวอย่างของโปรแกรมย่อยสับรูทีน RANDUM อยู่ในภาคผนวก ง.

1.2 โปรแกรมย่อยสับรูทีน NORMAL (Shannon 1975 : 361-362) เป็นโปรแกรมย่อยสับรูทีนสำหรับสร้างลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ

Marsaglia และ Bray เป็นผู้คิดขึ้นโดยมีพื้นฐานมาจากวิธีอินเวอร์ส ของ Box และ Muller เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วต่อการเขียนโปรแกรมมากกว่าการสร้างการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติด้วยวิธีอื่น โปรแกรมย่อยสับรูทีนนี้จะเกิดการทำงานด้วยคำสั่ง CALL NORMAL (EX,STD,Y1,Y2) เมื่อ EX คือนิพจน์ภาษาฟอร์แทรนที่แทนค่าเฉลี่ยของประชากร STD คือนิพจน์ภาษาฟอร์แทรนที่แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ซึ่งต้องกำหนดขึ้นก่อนที่จะใช้คำสั่ง CALL NORMAL (EX,STD,Y1,Y2) และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้ข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรเท่ากับ 1 2 จำนวน คือ Y1 และ Y2 ซึ่งข้อมูล 2 จำนวนนี้จะเป็นอิสระจากกัน แต่เมื่อต้องการให้ข้อมูลดังกล่าวมีการแจกแจงแบบปกติสองตัวแปรและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรตามที่ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดขึ้น ต้องมีการแปลงข้อมูลก่อนโดยที่ผู้วิจัยให้ตัวแปร X แทนค่า Y1 และตัวแปร W แทนค่า Y2 และใช้สมการ $Y_i = \rho X_i + \sqrt{1-\rho^2} \cdot W_i$; $i = 1,2,\ldots,n$ เป็นสมการแปลงข้อมูลจากตัวแปร X และ W ซึ่งตัวแปรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระจากกัน ให้เป็นตัวแปรใหม่คือตัวแปร X และ Y ซึ่งการแจกแจงของตัวแปรทั้งสองมีลักษณะเป็นการแจกแจงแบบปกติสองตัวแปรและมีความสัมพันธ์กันตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรตามที่ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนด ตัวอย่างของโปรแกรมย่อยสับรูทีน NORMAL และสมการแปลงข้อมูลของตัวแปรทั้งสองให้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรตามที่กำหนด อยู่ในภาคผนวก ง.

จากการสร้างรูปแบบการแจกแจงและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรตามที่กำหนดนั้น ผู้วิจัยได้ตรวจสอบข้อมูลตามลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบปกติสองตัวแปรและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรที่ต้องการศึกษาว่ามีลักษณะสอดคล้องกับการปฏิบัติเพียงไร โดยค่าสถิติของการตรวจสอบลักษณะการแจกแจงจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ย (Mean) ความแปรปรวน (Variance) ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) ซึ่งคำนวณหาได้จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน VAR, SKEW และ KURTO จากข้อมูลจำนวน 10,000 คู่ ถ้าค่าสถิติของการแจกแจงของประชากรแบบปกติสองตัวแปรเป็นไปตามทฤษฎีแล้ว ตัวแปรทั้งสองจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1 ค่าความเบ้เท่ากับ 0 และค่าความโด่งเท่ากับ 3 ที่ทุก ๆ ค่าของ $\rho = 0.0,0.1,\ldots,0.9$ ผลการตรวจสอบข้อมูลลักษณะดังกล่าว ได้แสดงในตารางที่ 2 สำหรับตัวอย่างโปรแกรมการตรวจสอบข้อมูลดังกล่าวนี้ อยู่ในภาคผนวก ง. โปรแกรม A

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรที่ต้องการศึกษา กับค่าที่ได้จากการปฏิบัติ จากการสร้างตัวแปร 10,000 คู่ และค่าสถิติการแจกแจงของประชากรแบบปกติสองตัวแปร

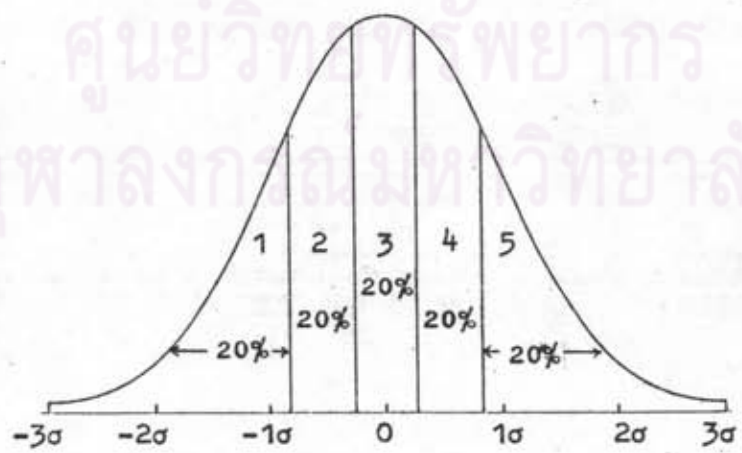
| $\rho$ (ที่ศึกษา) | $\rho$ (ปฏิบัติ) | ตัวแปร | ค่าสถิติการแจกแจงของประชากร | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ค่าเฉลี่ย | ความแปรปรวน | ความเบ้ | ความโด่ง |
| 0.00 | -0.0009 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0157 | 0.9899 | -0.0001 | 3.0045 |
| 0.10 | 0.1005 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0164 | 0.9900 | -0.0004 | 3.0051 |
| 0.20 | 0.2020 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0169 | 0.9907 | -0.0006 | 3.0044 |
| 0.30 | 0.3033 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0173 | 0.9919 | -0.0011 | 3.0020 |
| 0.40 | 0.4044 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0174 | 0.9937 | -0.0022 | 2.9971 |
| 0.50 | 0.5048 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0174 | 0.9961 | -0.0042 | 2.9887 |
| 0.60 | 0.6049 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0172 | 0.9991 | -0.0076 | 2.9759 |
| 0.70 | 0.7046 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0166 | 1.0028 | -0.0127 | 2.9579 |
| 0.80 | 0.8038 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0156 | 1.0070 | -0.0200 | 2.9343 |
| 0.90 | 0.9022 | X | 0.0077 | 1.0180 | -0.0478 | 2.8789 |
| | | Y | 0.0138 | 1.0120 | -0.0304 | 2.9050 |

2. การสร้างข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอันดับในรูปตารางการณ์จร 5 X 5

การสร้างข้อมูลในลักษณะดังกล่าวนี้ ใช้โปรแกรมย่อยสับรูทีน CONTIN ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับการสร้างข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอันดับในรูปตารางการณ์จร 5 X 5 โปรแกรมย่อยสับรูทีน CONTIN นี้จะทำการสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติสองตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรตามที่กำหนด จำนวน 10,000 คู่ โดยใช้โปรแกรมย่อยสับรูทีน RANDUM มาจัดลงในพื้นที่ใต้โค้งของการแจกแจงแบบปกติของทั้งสองตัวแปร แล้วกำหนดให้อยู่ในรูปของมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ จากค่าต่ำสุดไปหาค่าสูงสุดของพื้นที่ใต้โค้งดังนี้คือ น้อยที่สุด = 1 น้อย = 2 ปานกลาง = 3 มาก = 4 และมากที่สุด = 5 โดยที่แต่ละส่วนคิดเป็น 20 % ของพื้นที่ใต้โค้งดังนี้

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| น้อยที่สุด | (1) | มีค่าอยู่ระหว่าง | $-3.000\sigma$ | ถึง | $-0.843\sigma$ |
| น้อย | (2) | มีค่าอยู่ระหว่าง | $-0.842\sigma$ | ถึง | $-0.252\sigma$ |
| ปานกลาง | (3) | มีค่าอยู่ระหว่าง | $-0.253\sigma$ | ถึง | $0.252\sigma$ |
| มาก | (4) | มีค่าอยู่ระหว่าง | $0.253\sigma$ | ถึง | $0.841\sigma$ |
| มากที่สุด | (5) | มีค่าอยู่ระหว่าง | $0.842\sigma$ | ถึง | $3.000\sigma$ |

ดังแผนภาพที่ 9 ซึ่งแสดงการจัดข้อมูลลงในพื้นที่ใต้โค้งเพียงตัวแปรเดียว สำหรับตัวอย่างของโปรแกรมย่อยสับรูทีน CONTIN อยู่ในภาคผนวก ง. โปรแกรม B




แผนภาพที่ 9 การกำหนดมาตราส่วนประเมินค่าตามขนาดพื้นที่ใต้โค้งของการแจกแจงแบบปกติ

3. การคำนวณหาค่าวิกฤตสำหรับการทดสอบที่ที่ใช้ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ศึกษากับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ขนาด 150,200 และ 250 จึงทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการใช้ค่าวิกฤตจากตารางมาตรฐาน โดยเฉพาะการทดสอบที (t - test) ที่ใช้ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน ค่าวิกฤตจากตารางที่กำหนดตามขนาดของชั้นแห่งความเป็นอิสระ (ชั้นแห่งความเป็นอิสระที่ใช้ในงานวิจัยนี้เท่ากับ n - 2 เมื่อ n หมายถึงขนาดของกลุ่มตัวอย่าง) และค่าวิกฤตจากตารางที่ดังกล่าวไม่ครอบคลุมทุกกรณีในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะกลุ่มตัวอย่างขนาด 200 และ 250 ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการคำนวณประมาณค่าวิกฤตของการทดสอบตามที่ Games (1977 : 197) ได้เสนอแนะให้ใช้วิธีประมาณค่าวิกฤตด้วยวิธี Linear Harmonic Interpolation วิธีนี้จะให้ค่าใกล้เคียงมากกว่าการประมาณด้วยวิธี Linear Interpolation โดยเฉพาะกรณีที่การประมาณค่านั้นต้องประมาณค่าจากชั้นแห่งความเป็นอิสระที่แตกต่างกันมาก ๆ สูตรที่ใช้ในการประมาณค่าวิกฤตตามวิธี Linear Harmonic Interpolation คือ $t_0(1-\theta) + t_1(\theta)$ รายละเอียดวิธีการคำนวณและค่าวิกฤตที่ประมาณได้ แสดงในภาคผนวก ข.

4. การทดลองหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ และลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี

เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อ $\rho = 0$ หาอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 วิธี เมื่อ $\rho = 0.1, 0.2, \ldots, 0.9$ และหาลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้ง 3 วิธี โดยศึกษาจากค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ความเบ้ และความโด่ง เมื่อ $\rho = 0.0, 0.1, \ldots, 0.9$ ตัวอย่างของโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ง. โปรแกรม B

5. การทดลองหาลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี เปรียบเทียบกับการแจกแจงตามทฤษฎี

การแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน

เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี ตามทฤษฎี (เมื่อ $\rho = 0$) จะมีลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบเป็นการแจกแจงที (Student's t-distribution) การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) และการแจกแจงไคสแควร์(Chi-square distribution) ตามลำดับ การทดสอบลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้ง 3 วิธี เมื่อเปรียบเทียบกับการแจกแจงตามทฤษฎีจะใช้สถิติทดสอบสารูปสนิทดีไคสแควร์ (Chi-Square Test of Goodness of Fit) เป็นสถิติทดสอบ ตามที่ Williams (1950 : 77-86) ได้เสนอแนะว่าในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สถิติทดสอบสารูปสนิทดีไคสแควร์มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบสารูปสนิทดีของคอลมอโกรอฟสเมอร์นอฟ

เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ การแจกแจงที่สามารถประมาณได้ด้วยการแจกแจงแบบปกติ (Hays 1973 : 395) ด้วยเหตุที่การทดลองครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ การแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมนซึ่งมีลักษณะการแจกแจงที จึงสามารถประมาณได้ด้วยการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นการกำหนดช่วงและจำนวนชั้นความถี่ที่คาดหวัง (Expected frequency) ของค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมนและเคนดอลเทา จะกำหนดจากการแจกแจงแบบปกติที่มีความกว้างของช่วงและจำนวนชั้นของความถี่เท่ากัน โดยเริ่มจัดค่าสถิติทดสอบ (Z) ที่ค่า -3.00 ไปจนถึงค่า 3.00 เพิ่มขึ้นชั้นละ 0.1 ซึ่งมีจำนวน 62 ชั้น เพื่อหาค่าความถี่ที่คาดหวัง และความถี่ที่สังเกตได้ (Observed frequency) ตามที่ Cochran (1952 : 315-345) ได้เสนอว่าในการปฏิบัติทั่วไปมักจะใช้จำนวนช่วงระหว่างชั้นเท่า ๆ กัน จำนวนชั้นควรแปรตามขนาดของข้อมูล และถ้าชั้นใดมีความถี่ที่คาดหวังน้อยกว่า 5 ก็จะรวมเข้าด้วยกัน ดังนั้นในทางปฏิบัติจะสามารถจัดจำนวนชั้นของความถี่ที่คาดหวังโดยเริ่มที่ค่า -2.60 ไปจนถึงค่า 2.60 เพิ่มขึ้นชั้นละ 0.1 จะมีจำนวน 54 ชั้น ส่วนการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเครมเมอร์วี ซึ่งตามทฤษฎีจะมีลักษณะการแจกแจงไคสแควร์ ที่ขั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $(r-1)(c-1) = 16$ สามารถกำหนดความกว้างของช่วงและจำนวนชั้นของความถี่ค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเครมเมอร์วี โดยเริ่มจัดค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ค่า 4.40 ไปจนถึงค่า 32.00 เพิ่มขึ้นชั้นละ 0.4 มีจำนวน 71 ชั้น เพื่อหาค่าความถี่ที่คาดหวังและความถี่ที่สังเกตได้ โดยที่ตารางแสดงค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์

ไม่ได้เสนอค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์ไว้ละเอียดพอตามขนาดความกว้างของช่วงความถี่ที่กำหนด จึงต้องใช้วิธีการ interpolation เพื่อให้ได้ค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์ตามที่กำหนดไว้ ตัวอย่างวิธีการและสูตรในการ interpolation นี้แสดงในภาคผนวก ข.

การคำนวณหาค่าความถี่ที่คาดหวังในแต่ละชั้น หาได้จากผลคูณของความน่าจะเป็นจากตารางการแจกแจงแบบปกติ หรือการแจกแจงไคสแควร์ที่ $\nu$ = 16 กับจำนวนครั้งของการทดลอง ( 4,000 ครั้ง) และหาค่าความถี่ที่สังเกตได้จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน OBSERV ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แล้วใช้สถิติทดสอบสารูปสนิทดีไคสแควร์เป็นสถิติทดสอบ ซึ่งสูตรและวิธีการคำนวณสถิติทดสอบสารูปสนิทดีไคสแควร์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก.

การดำเนินงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไปนี้ เป็นการอธิบายให้เห็นภาพการทำงานตามขั้นตอนของโปรแกรมในการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง โดยนำเสนอเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 ใช้โปรแกรมในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 30 โปรแกรม ตอนที่ 2 ใช้โปรแกรมในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 9 โปรแกรม ตัวอย่างของโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ง. โปรแกรม B และ C ซึ่งจะเสนอขั้นตอนการดำเนินงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังนี้

<u>ตอนที่ 1</u> เสนอการดำเนินงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการทดลองหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ และลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเลรมเมอร์วี

โปรแกรมที่ 1 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองการทดลอง เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 150 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรเท่ากับ 0 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการสร้างลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบปกติสองตัวแปรและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรตามที่ผู้วิจัยกำหนด ( $\rho$ = 0) โดยที่การแจกแจงแบบปกติสองตัวแปรของประชากรนั้นมีค่าพารามิเตอร์ $\mu = 0$ และ $\sigma^2 = 1$ ทั้งสองตัวแปร และใช้โปรแกรมย่อยสับรูทีน NORMAL และ RANDUM ในการสร้างลักษณะการแจกแจงของประชากรดังกล่าว จำนวน 10,000 คู่ ซึ่งแต่ละคู่จะมีเลขจำนวนเต็ม

กำกับอยู่ตั้งแต่คู่ที่ 1 ถึงคู่ที่ 10,000 ค่าของตัวแปร X และ Y แต่ละคู่นั้นสร้างได้จากสมการ $Y_i = \rho X_i + \sqrt{1-\rho^2}.W_i$ โดยที่ $i = 1,2,\ldots,n$ เมื่อ $X_i$ และ $W_i$ เป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระจากกัน ส่วน $Y_i$ ที่ได้จากสมการจะมีการแจกแจงแบบปกติและมีความสัมพันธ์กับตัวแปร $X_i$ ตาม $\rho$ ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอันดับในรูปตารางการ์จร 5 X 5 โดยใช้โปรแกรมย่อยสับรูทีน CONTIN จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL CONTIN (X,Y,NS,A) เมื่อ X และ Y คือตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบปกติสองตัวแปร และมีค่า $\rho$ ตามที่กำหนด จำนวน 10,000 คู่ NS คือขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเท่ากับ 150 และ A คือข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นมามีลักษณะเป็นอันดับในรูปตารางการ์จร 5 X 5 ตามขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา โปรแกรมย่อยสับรูทีน CONTIN นี้จะทำงานร่วมกับโปรแกรมย่อยสับรูทีน RANDUM ในการสุ่มตัวอย่างมาจัดลงในพื้นที่ใต้โค้งของการแจกแจงแบบปกติของตัวแปรทั้งสองในรูปมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ โปรแกรมย่อยสับรูทีน RANDUM จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL RANDUM (IA,IY,RN) จากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้เลขสุ่ม 1 จำนวน คือ RN เลขสุ่มนี้จะเป็นเลขทศนิยมมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เนื่องจากการสุ่มตัวอย่างดังกล่าวต้องการเลขสุ่มที่เป็นเลขจำนวนเต็มมีค่าระหว่าง 1 ถึง 10,000 เพื่อนำไปสุ่มค่า X และ Y จากประชากรจำนวน 10,000 คู่อีกทีหนึ่ง เพื่อนำมาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง การทำให้ RN ซึ่งเป็นเลขทศนิยม เปลี่ยนเป็นเลขจำนวนเต็มทำได้โดยใช้นิพจน์ K = RN * 10000 ในโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน ค่า K ที่ได้นี้จะเป็นเลขจำนวนเต็มมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10,000 แล้วนำค่า K นี้ไปใช้เป็นตัว subscript ของตัวแปร X และ Y ซึ่งคอมพิวเตอร์จะไปนำเอาค่าของตัวแปรตาม subscript จากหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์มาเป็นตัวอย่าง ดังเช่นถ้า K มีค่าเท่ากับ 12 คอมพิวเตอร์ก็จะไปนำค่าของตัวแปร X และ Y คู่ที่ 12 หรืออาจเขียนเป็น X(12) และ Y(12) จากประชากร มาจัดลงในพื้นที่ใต้โค้งของการแจกแจงแบบปกติของตัวแปรทั้งสอง ในรูปของมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ เป็นต้น การนำตัวแปรที่สุ่มได้มาจัดลงในพื้นที่ใต้โค้งของการแจกแจงแบบปกติของตัวแปรทั้งสองในรูปของมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับนี้ จะนำเอาค่าของตัวแปร X และ Y ที่สุ่มได้มาเปรียบเทียบกับค่าของพื้นที่ใต้โค้งของการแจกแจงแบบปกติทีละตัวแปร

โดยที่ถ้าค่า X (หรือ Y) อยู่ระหว่าง $-3.000\sigma$ ถึง $-0.843\sigma$ ให้ X (หรือ Y) มีค่า = 1
ถ้าค่า X (หรือ Y) อยู่ระหว่าง $-0.842\sigma$ ถึง $-0.252\sigma$ ให้ X (หรือ Y) มีค่า = 2
ถ้าค่า X (หรือ Y) อยู่ระหว่าง $-0.253\sigma$ ถึง $0.252\sigma$ ให้ X (หรือ Y) มีค่า = 3
ถ้าค่า X (หรือ Y) อยู่ระหว่าง $0.253\sigma$ ถึง $0.841\sigma$ ให้ X (หรือ Y) มีค่า = 4
ถ้าค่า X (หรือ Y) อยู่ระหว่าง $0.842\sigma$ ถึง $3.000\sigma$ ให้ X (หรือ Y) มีค่า = 5

เมื่อได้ค่า X และ Y ในรูปของมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับแล้ว นำค่าของ X และ Y ที่ได้ไปกำหนดเป็นค่าของแถว (row) และค่าของสดมภ์ (column) ตามลำดับ โดยที่ตารางการณ์จรนี้มี 5 แถวและ 5 สดมภ์ ค่าของ X และ Y จะแปรเปลี่ยนอยู่ในรูปของคู่ลำดับดังนี้คือ (1,1), (1,2),..., (5,5) ซึ่งคู่ลำดับแต่ละชุดจะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของเซล (cell) ในตารางการณ์จรนี้มีทั้งหมด 25 เซล การจัดค่า X และ Y ในรูปของมาตราส่วนประเมินค่าหากมีค่าตรงกับคู่ลำดับใด ก็จะนับความถี่ของเซลหรือคู่ลำดับนั้น ๆ ไว้ และจะกระทำซ้ำเช่นนี้จนได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างครบเท่าที่ต้องการศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคำนวณหาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 วิธี โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังกล่าวจะใช้โปรแกรมย่อยสับรูทีน 3 โปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาตามลำดับดังนี้คือ SPEMAN, KENDAL และ CRMERV ต่อไปโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้ทั้ง 3 วิธีมาทำการทดสอบความมีนัยสำคัญ โดยเริ่มจากค่าสัมประสิทธิ์ $r_c$ จะใช้สถิติทดสอบที่จากสูตร $t = r_c\sqrt{(n-2)}/\sqrt{(1-r_c^2)}$ ค่าสัมประสิทธิ์ $\tau_c$ จะใช้สถิติทดสอบซีจากสูตร $Z = (S-1)/SD$ ( SD คำนวณได้จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน SDTAUC) และค่าสัมประสิทธิ์ V จะทดสอบจากค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน CRMERV จากนั้นนำค่าสถิติทดสอบทั้ง 3 ค่าไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ ( $\alpha$ ) เท่ากับ .05 และ .01 ของแต่ละค่าสถิติทดสอบ แล้วนับการเกิดนัยสำคัญเอาไว้ ก่อนจะจำลองการทดลองซ้ำในครั้งต่อไป โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการหาผลบวกของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละวิธีไว้ เพื่อนำไปใช้หาลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้ง 3 วิธี ในขั้นตอนที่ 4 ต่อไป

โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะจำลองการทดลองตามขั้นตอนที่ 2 และ 3 ซ้ำ 4,000 ครั้ง ด้วยชุดของตัวเลขสุ่มชุดใหม่จากสับรูทีน RANDUM ทุก ๆ ครั้งของการทดลองซ้ำ แล้วคอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผลเปรียบเทียบจำนวนของการนับการเกิดอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลอง ที่ระดับ $\alpha = .05$ และ $.01$

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการทดลองหาลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำผลบวกของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แต่ละวิธี ที่ได้จำลองการทดลองจากขั้นตอนที่ 3 ครบจำนวน 4,000 ครั้ง มาหาลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละวิธี โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ความเบ้ และความโด่ง สำหรับการคำนวณหาค่าความแปรปรวน ความเบ้ และความโด่ง จะคำนวณโดยใช้โปรแกรมย่อยสับรูทีน VAR, SKEW และ KURTO ตามลำดับ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผลการคำนวณค่าสถิติเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละวิธีออกมา

โปรแกรมที่ 2-10 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เพื่อคำนวณหาค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ และลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้ง 3 วิธี เมื่อ $\rho = 0.1, 0.2, \ldots, 0.9$ กระบวนการทำงานของโปรแกรมจะทำงานทำนองเดียวกับโปรแกรมที่ 1 แตกต่างกันเฉพาะค่า $\rho$

โปรแกรมที่ 11-20 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 200 กระบวนการทำงานของโปรแกรมจะทำงานทำนองเดียวกับโปรแกรมที่ 1-10 แตกต่างกันเฉพาะขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

โปรแกรมที่ 21-30 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 250 กระบวนการทำงานของโปรแกรมจะทำงานทำนองเดียวกับโปรแกรมที่ 1-10 แตกต่างกันเฉพาะขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 เสนอการทำเนินงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทดลองหาลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครมเมอร์วี เปรียบเทียบกับการแจกแจงตามทฤษฎี

โปรแกรมที่ 31 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองการทดลองลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เมื่อ $\rho = 0$ และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 150 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1-2 เป็นขั้นตอนจำลองการทดลอง ที่มีกระบวนการทำงานเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 และ 2 ในโปรแกรมที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน และหาค่าความถี่ที่สังเกตได้ของค่าสถิติทดสอบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน โดยใช้โปรแกรมย่อยสับรูทีน SPEMAN ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แล้วโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้ มาคำนวณหาค่าสถิติทดสอบจากสูตร $t = r_c\sqrt{(n-2)}/\sqrt{(1-r_c^2)}$ จากนั้นจะนำค่าสถิติทดสอบที่ได้มาจัดช่วงและจำนวนชั้น เพื่อหาค่าความถี่ที่สังเกตได้ ซึ่งกำหนดช่วงและจำนวนชั้นของค่าสถิติทดสอบ ช่วงละ 0.1 เริ่มจากค่า -2.60 ไปจนถึงค่า 2.60 จำนวน 54 ชั้น โดยใช้โปรแกรมย่อยสับรูทีน OBSERV ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในการหาค่าความถี่ที่สังเกตได้ของค่าสถิติทดสอบ ก่อนจะจำลองการทดลองซ้ำในครั้งต่อไป โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการหาผลรวมค่าความถี่ที่สังเกตของค่าสถิติทดสอบที่ได้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะจำลองการทดลองตามขั้นตอนที่ 2 และ 3 ซ้ำ 4,000 ครั้ง ด้วยชุดของตัวเลขสุ่มชุดใหม่ทุก ๆ ครั้งของการทดลองซ้ำ

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการทดลองหาลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เปรียบเทียบกับการแจกแจงตามทฤษฎี ซึ่งมีลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบเป็นการแจกแจงที่นั้น การทดสอบลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบดังกล่าวจะใช้สถิติทดสอบสารูปสนิทดีไคสแควร์ โดยคำนวณค่าความถี่ที่คาดหวังจากตารางความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติที่กำหนดช่วงและจำนวนชั้นของค่าสถิติทดสอบตามขั้นตอนที่ 3 และนำค่าความถี่ที่สังเกตได้ ซึ่งคำนวณได้จากขั้นตอนที่ 3

มาทดสอบตามสูตร $\chi^2 = \Sigma[(O-E)^2/E]$ แล้วนำค่าไคสแควร์ที่ได้ไปทดสอบความมีนัยสำคัญ โดยเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ K - 1 (เมื่อ K แทนจำนวนชั้นของความถี่) ที่ระดับ $\alpha = .05$ และ .01 แล้วคอมพิวเตอร์จะพิมพ์ค่าไคสแควร์จากสถิติทดสอบสารูปสนิทดี พร้อมผลการทดสอบความมีนัยสำคัญ

โปรแกรมที่ 32-33 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 200 และ 250 กระบวนการทำงานของโปรแกรมจะทำงานทำนองเดียวกับโปรแกรมที่ 31 แตกต่างกันเฉพาะขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

โปรแกรมที่ 34-36 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเคนดอลเทา เมื่อ $\rho = 0$ และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 150, 200 และ 250 กระบวนการทำงานของโปรแกรมจะทำงานทำนองเดียวกับโปรแกรมที่ 31-33 แตกต่างกันที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเคนดอลเทา ซึ่งคำนวณได้จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน KENDAL และสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเคนดอลเทา ใช้สูตร $Z = (S-1)/SD$

โปรแกรมที่ 37-39 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองลักษณะการแจกแจงค่าสถิติทดสอบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเครมเมอร์วี เมื่อ $\rho = 0$ และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 150, 200 และ 250 กระบวนการทำงานของโปรแกรมจะทำงานทำนองเดียวกับโปรแกรมที่ 31-33 แตกต่างกันที่สถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งใช้ค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน CRMERV การกำหนดช่วงและจำนวนชั้นของค่าสถิติทดสอบ โดยแบ่งช่วงละ 0.4 เริ่มจากค่า 4.40 ไปจนถึงค่า 32.00 จำนวน 71 ชั้น เพื่อหาค่าความถี่ที่คาดหวังและความถี่ที่สังเกตได้ของค่าสถิติทดสอบ และการหาค่าความถี่ที่คาดหวังของค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ ที่คำนวณจากผลคูณของจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง กับค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคสแควร์ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $(r-1)(c-1) = 16$