บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งวางแผนการวิจัยโดยการจำลองการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชั่น เพื่อหาอำนาจของการทดสอบทั้ง 4 วิธี โดยที่กลุ่มตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงทั้งเหมือนกันและแตกต่างกันใน 3 รูปแบบ คือ ลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ เป็นแบบยูนิฟอร์ม และโลจิสติค กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมี 2 กลุ่ม และมีขนาดเท่ากัน กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างมีขนาด 5 และเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างอีก 5 หน่วยการทดลองเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 15 ตามลำดับ กำหนดพารามิเตอร์ μ คือ มัชฌิมเลขคณิตของประชากรมีค่าเท่ากับ 500 σ^2 คือ ความแปรปรวนของประชากรมีค่าเท่ากับ 100 แผนการทดลองอธิบายด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่แทนความหมายลักษณะการแจกแจงของประชากรดังนี้ N หมายถึงลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ U หมายถึงลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม และ L หมายถึงลักษณะการแจกแจงแบบโลจิสติค ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

1. ตารางการแจกแจงของประชากรสองกลุ่มเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 5

NN	NU	NL
UU	UL	
LL		

2. ตารางการแจกแจงของประชากรสองกลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 10

NN	NU	NL
UU	UL	
LL		

3. ตารางการแจกแจงของประชากรสองกลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 15

NN	NU	NL
UU	UL	
LL		

<u>วิธีดำเนินการทดลอง</u>

มีลำดับในการทดลองดังนี้ คือ

1. การสร้างรูปแบบการแจกแจงของประชากรตามที่กำหนด

เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาฟอร์แทรนซึ่งใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ 370/3031 เพื่อสร้างการแจกแจงของประชากรใน 3 ลักษณะตามแผนการทดลอง ในขั้นแรกต้องใช้โปรแกรมสัปรูทีนที่มีชื่อว่า RANDOM ในการสร้างข้อมูลตามวิธีการของมอนติคาร์โลซิมูเลชั่น จากนั้นจึงแปลงข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ, ยูนิฟอร์ม และโลจิสติคด้วยสัปรูทีน NORMAL, สัปรูทีน UNIFM และสัปรูทีน LOGIS ตามลำดับดังต่อไปนี้

1.1 สัปรูทีน RANDOM (ชัยศิริ บัณฑิตานนท์, 1980) เป็น scientific subroutine ที่ใช้สร้างตัวเลขสุ่ม (random number) ด้วยวิธี congruential generation method ได้ถึง 2^{29} หรือ 536,870,912 จำนวนก่อนที่จะเกิดการซ้ำของชุด

ตัวเลขสุ่ม และได้เลือกค่า 65539 เป็นค่าเริ่มต้น เพราะว่า Maclaren และ Marsaglia (JACM 12: 83-89) ได้ให้คำแนะนำว่า ค่าเริ่มต้น 65539 เป็นค่าที่เหมาะสมกับคุณสมบัติทางสถิติที่จะนำไปทดสอบ เป็นค่าที่จะให้ชุดของตัวเลขสุ่มยาวมากและมีลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มอยู่ในช่วง o ถึง 1 โปรแกรมนี้จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL RANDOM (IX, IY, RN) โดยที่ IX คือ ค่าเริ่มต้นซึ่งจะต้องกำหนดขึ้นก่อนใช้คำสั่งนี้ และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้เลขสุ่ม 1 จำนวนคือ RN ตัวอย่างของสับรูทีน RANDOM อยู่ในภาคผนวก ข.

1.2 สับรูทีน NORMAL (Shanon 1975: 361-362) เป็นสับรูทีนสำหรับการสร้างลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ Marsaglia และ Bray เป็นผู้คิดขึ้นโดยมีพื้นฐานมาจากวิธีอินเวอร์สของ Box และ Muller เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วต่อการเขียนโปรแกรมมากกว่าการสร้างลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติด้วยวิธีอื่น สับรูทีนนี้จะเกิดการทำงานด้วยคำสั่ง CALL (EX,STD,X,Y) เมื่อ EX คือ นิพจน์ฟอร์แทนที่แทนค่ามัชฌิมเลขคณิตของประชากร STD คือ นิพจน์ฟอร์แทนที่แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรซึ่งต้องกำหนดขึ้นก่อนที่จะใช้คำสั่ง CALL NORMAL (EX, STD,X,Y) และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้คะแนนที่มีลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติที่มีมัชฌิมเลขคณิตของประชากรเท่ากับ EX, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรเท่ากับ STD 2 จำนวนคือ X และ Y ตัวอย่างของสับรูทีน NORMAL อยู่ในภาคผนวก ข.

1.3 สับรูทีน UNIFM (Shannon 1975: 357) เป็นสับรูทีนสำหรับการแปลงข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบยูนิฟอร์มอยู่ในช่วง A ถึง B โดยมี EX เป็นมัชฌิมเลขคณิตของประชากรมีค่าเท่ากับ (B+A)/2, $(STD)^2$ เป็นความแปรปรวนของประชากรมีค่าเท่ากับ $(B-A)^2/12$ สับรูทีนนี้จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL UNIFM (A,B,z) โดยที่ค่าของ B เท่ากับ EX + (STD x $\sqrt{3}$) และ A เท่ากับ (2xEX)-B จะถูกกำหนดขึ้นก่อนที่จะใช้คำสั่ง CALL UNIFM (A,B,z) และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้คะแนนที่มีลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบยูนิฟอร์มที่มีมัชฌิมเลขคณิตของประชากรเท่ากับ EX, ความแปรปรวนของประชากรเท่ากับ $(STD)^2$ 1 จำนวนคือ Z ตัวอย่างของสับรูทีน UNIFM อยู่ในภาคผนวก ข.

1.4 สับรูทีน LOGIS เป็นสับรูทีนสำหรับการแปลงข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบโลจิสติค สับรูทีนนี้จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL LOGIS (EX,STD,G) เมื่อ EX คือนิพจน์ฟอร์แทนที่แทนค่ามัชฌิมเลขคณิตของประชากร, STD คือนิพจน์ฟอร์แทนที่แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรซึ่งต้องกำหนดขึ้นก่อนที่จะใช้คำสั่ง CALL LOGIS (EX,STD,G) และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้คะแนนที่มีลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบโลจิสติคซึ่งมีมัชฌิมเลขคณิตของประชากรเท่ากับ EX, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ STD 1 จำนวนคือ G ตัวอย่างของสับรูทีน LOGIS อยู่ในภาคผนวก ข.

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ตรวจสอบข้อมูลเพื่อให้ได้ค่ามัชฌิมเลขคณิต, ความแปรปรวนเป็นไปตามที่กำหนดไว้ และเพื่อให้ได้ค่าของความโด่ง, ความเบ้เป็นไปตามทฤษฎี ซึ่งได้เสนอผลวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าสถิติของการแจกแจงของประชากรตามทฤษฎีและจากการปฏิบัติเมื่อกลุ่มตัวอย่าง 10,000 ตัวสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

Distribution	Mean		Variance		Skewness		Kurtosis	
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ
Normal	500	500.027	100	100.814	0	-0.019	3.0	2.931
Uniform	500	500.006	100	99.448	0	-0.001	1.8	1.802
Logistic	500	500.005	100	100.358	0	-0.005	4.2	4.535

2. การคำนวณค่าวิกฤตสำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

คำนวณหาเขตวิกฤต (critical region) ของการทดสอบของวิลค็อกซอน, การทดสอบของเทอร์ี่-โฮฟฟ์ดิง และการทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5

2.1 หาเขตวิกฤตของการทดสอบของวิลค็อกซอน สำหรับการทดสอบสองหางค่าวิกฤต (critical values) จะมีทั้งหมดเท่ากับ $\alpha \binom{10}{5}/2$ ค่า เมื่อรู้จำนวนค่าวิกฤตแล้วหาเขตวิกฤตของการทดสอบโดยการหาผลรวมของ 5 อันดับจากอันดับทั้งหมด 10 อันดับด้วยกัน เรียงลำดับผลรวมที่ได้จากน้อยไปหามาก จากผลรวมที่เรียงลำดับแล้วตัดค่าจากน้อยที่สุด (หรือมากที่สุด) เท่ากับ $\alpha \binom{10}{5}/2$ ค่าเป็นเขตวิกฤต ได้ว่าค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 18 เป็นเขตวิกฤตของการทดสอบของวิลค็อกซอนที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 เขตวิกฤตคือค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15

2.2 หาเขตวิกฤตของการทดสอบของ เทอรี่-โฮฟฟ์ดิง สำหรับการทดสอบสองหางค่าวิกฤตจะมีทั้งหมดเท่ากับ $\alpha \binom{10}{5}/2$ ค่า เมื่อรู้จำนวนค่าวิกฤตแล้วก็หาเขตวิกฤตของการทดสอบโดยการหาผลรวมของค่า Expected Normal Scores 5 จำนวน จากค่า Expected Normal Scores ทั้งหมด 10 จำนวน เรียงลำดับของผลรวมที่ได้จากน้อยไปหามาก จากผลรวมที่เรียงลำดับแล้วตัดค่าจากน้อยที่สุด (หรือมากที่สุด) เท่ากับ $\alpha \binom{10}{5}/2$ ค่าเป็นเขตวิกฤต ได้ว่าค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 2.92 เป็นเขตวิกฤตของการทดสอบของ เทอรี่-โฮฟฟ์ดิงที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 เขตวิกฤตคือค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3.70

2.3 หาเขตวิกฤตของการทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน สำหรับการทดสอบสองหางค่าวิกฤตจะมีทั้งหมดเท่ากับ $\alpha \binom{10}{5}/2$ ค่า เมื่อรู้จำนวนค่าวิกฤตแล้วก็หาเขตวิกฤตของการทดสอบโดยการหาผลรวมของค่า Inverse - Normal Scores 5 จำนวน จากค่า Inverse - Normal Scores ทั้งหมด 10 จำนวน เรียงลำดับของผลรวมที่ได้จากน้อยไปหามาก จากผลรวมที่เรียงลำดับแล้วตัดค่าจากน้อยที่สุด (หรือมากที่สุด) เท่ากับ $\alpha \binom{10}{5}/2$ ค่าเป็นเขตวิกฤต ได้ว่าค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 2.60 เป็นเขตวิกฤตของการทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน ที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 เขตวิกฤตคือค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3.31

3. การทดลองหาความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (actual type I error) และอำนาจของการทดสอบทั้ง 4 วิธี

เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อเดลต้า $(\mu_1 - \mu_2)$ มีค่าเท่ากับ 0 และหาอำนาจของการทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25σ , 0.50σ , 0.75σ , 1.00σ , 1.25σ , 1.50σ และ 1.75σ ซึ่งมีทั้งหมด 18 โปรแกรม

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไปนี้ เป็นการอธิบายให้เห็นภาพการทำงานตามขั้นตอนของโปรแกรมในการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ตามแผนการทดลองซึ่งตัวอย่างของโปรแกรมอยู่ในภาคผนวก ข

โปรแกรมที่ 1 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็น NN และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการคำนวณหาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 4 วิธี คอมพิวเตอร์จะเรียกตัวอย่าง 5 จำนวนจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 คอมพิวเตอร์เรียกตัวอย่างอีก 5 จำนวนจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ มีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มนี้คอมพิวเตอร์จะนำไปทำการทดสอบด้วยการทดสอบทั้ง 4 วิธีดังกล่าวแล้ว เริ่มด้วยการทดสอบที คอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าของทีจากสูตร ค่าทีที่ได้นี้คอมพิวเตอร์จะเก็บไว้ในรูปของจำนวนบวก นำค่าทีที่ได้ไปทดสอบความมีนัยสำคัญโดยการเปรียบเทียบกับเขตวิกฤตของคะแนนทีที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.306 สำหรับการทดสอบสองหาง แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ และเปรียบเทียบกับเขตวิกฤตที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.355 แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ ต่อไปคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าอันดับ (rank) ของตัวอย่างทั้ง 10 จำนวน จำนวน ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยการทดสอบของวิลค็อกซอน โดยการนำค่าอันดับของแต่ละกลุ่มมารวมกันจะได้ผลรวมของอันดับ 2 จำนวนด้วยกัน นำค่าผลรวมที่น้อยกว่ามาเป็นค่าที่ต้องเปรียบเทียบกับเขตวิกฤตของการทดสอบของวิลค็อกซอนที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 ถ้าค่าผลรวมที่น้อยกว่าตกอยู่ในเขตวิกฤตให้

นับการเกิดนัยสำคัญเอาไว้ ต่อไปคอมพิวเตอร์จะทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองด้วยการทดสอบของเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง เริ่มด้วยการแทนค่าอันดับด้วยค่า Expected Normal Scores ซึ่งในการทดลองครั้งนี้จะใช้ค่า Expected Normal Scores ที่เป็นจำนวนเต็มเพื่อง่ายต่อการคำนวณและการที่จะให้เครื่องคอมพิวเตอร์เก็บเลขทศนิยมไว้ในหน่วยความจำนั้น คอมพิวเตอร์จะเปลี่ยนค่าที่ต้องการเก็บให้เป็นค่า floating point ด้วยเลขฐาน 16 ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าที่ต้องการเก็บไว้ในหน่วยความจำคลาดเคลื่อนไปเพียงจุดทศนิยมเล็ก ๆ ได้ การที่ค่า Expected Normal Scores เปลี่ยนค่าไปแม้แต่เพียงเล็กน้อยจะมีผลทำให้การทดสอบผิด เพราะว่า เขตวิกฤตเมื่อกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5 คำนวณมาจากวิธีการของ Fisher Exact Test ต่อไปคอมพิวเตอร์จะคำนวณผลรวมของค่า Expected Normal Scores ของแต่ละกลุ่ม นำค่าผลรวมที่มากกว่ามาเป็นค่าที่ต้องการเปรียบเทียบกับเขตวิกฤตของการทดสอบของเทอรี่-โฮฟฟ์ดิงที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 ถ้าค่าผลรวมที่มากกว่าตกอยู่ในเขตวิกฤตให้นับการเกิดนัยสำคัญเอาไว้ ต่อไปคอมพิวเตอร์จะทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองด้วยการทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน เริ่มด้วยการแทนค่าอันดับด้วยค่า Inverse-Normal Scores ที่เป็นจำนวนเต็มด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับการแทนค่าอันดับด้วยค่า Expected Normal Scores ที่เป็นจำนวนเต็ม คำนวณผลรวมของค่า Inverse-Normal Scores ของแต่ละกลุ่ม นำค่าผลรวมที่มากกว่ามาเป็นค่าที่ต้องเปรียบเทียบกับเขตวิกฤตของการทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน ที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 ถ้าค่าผลรวมที่มากกว่าตกอยู่ในเขตวิกฤตให้นับการเกิดนัยสำคัญเอาไว้

โปรแกรมจะจำลองการทดลองเช่นนี้ซ้ำ 1,000 ครั้งด้วยชุดของตัวเลขสุ่มชุดใหม่จากสับรูทีน RANDOM ทุก ๆ ครั้งของการทดลองซ้ำ คอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผลเปรียบเทียบจำนวนของการนับการเกิดอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองด้วยการทดสอบทั้ง 4 วิธีที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 4 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25σ ก่อนที่จะเริ่มคำนวณค่าอำนาจของการทดสอบเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25σ นั้น จะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นของตัวเลขสุ่มใหม่ โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 65539 เพื่อให้เรนจ์

(range) ของตัวเลขสุ่มอยู่ในช่วงเดียวกันทุก ๆ ครั้งของการคำนวณไม่ว่าจะเป็นการคำนวณหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 หรือคำนวณหาอำนาจของการทดสอบทั้ง 4 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25σ , 0.50σ , 0.75σ , 1.00σ , 1.25σ 1.50σ และ 1.75σ เมื่อกำหนดให้ค่าเริ่มต้นของตัวเลขสุ่มมีค่าเท่ากับ 65539 แล้วคอมพิวเตอร์จะเรียกตัวอย่างกลุ่มที่ 1 จากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 502.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 เรียกตัวอย่างกลุ่มที่ 2 จากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานในขั้นต่อไปเหมือนกันกับขั้นตอนที่ 1 เมื่อการทดลองครบ 1,000 ครั้งคอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผล ปรียบเทียบจำนวนของการนับการเกิดนัยสำคัญที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 ซึ่งก็คือค่าอำนาจของการทดสอบ 4 วิธีที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 นั่นเอง

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 4 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.50σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 3 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 505 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.75σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 4 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 507.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.00σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 5 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 510 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 6 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.25σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 6 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 512.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 7 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่า เท่ากับ 1.50σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 7 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิต เท่ากับ 515 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 8 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่า เท่ากับ 1.75σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 8 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิต เท่ากับ 517.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

โปรแกรมที่ 2 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ NN และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 ซึ่งมีขั้นตอนในการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการคำนวณหาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 4 วิธี คอมพิวเตอร์จะเรียกตัวอย่าง 10 จำนวนจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิต เท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 คอมพิวเตอร์เรียกตัวอย่างอีก 10 จำนวนจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิต เท่ากับ 500 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มนี้คอมพิวเตอร์จะนำไปทดสอบด้วยการทดสอบทั้ง 4 วิธีดังกล่าวแล้ว เริ่มด้วยการทดสอบที คอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าทีจากสูตร ค่าทีที่ได้คอมพิวเตอร์จะ เก็บไว้ในรูปของจำนวนบวก นำค่าทีที่ได้ไปทดสอบความมีนัยสำคัญโดยการเปรียบเทียบกับ เขตวิกฤตของคะแนนทีที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 ซึ่งมีค่า เท่ากับ 2.101 สำหรับการทดสอบสองทาง แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ และเปรียบเทียบกับ เขตวิกฤตที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 ซึ่งมีค่า เท่ากับ 2.878 แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ ต่อไปคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าอันดับ (rank) ของตัวอย่างทั้ง 10 จำนวน ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยการทดสอบของวิลค็อกซอน โดยการนำค่าอันดับของแต่ละกลุ่มมารวมกันจะได้ผลรวมของอันดับ 2 จำนวนด้วยกัน ให้ค่าผลรวมที่น้อยกว่า

เป็น TR1 ต่อไปคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าซี (z) ของการทดสอบของวิลค้อกซอน โดยใช้สูตร

$$Z = \frac{TR1 - n(n+m+1)/2}{\sqrt{(nm/12)\ (n+m+1)}}$$

ค่าซีที่คำนวณได้นี้คอมพิวเตอร์จะเก็บไว้ในรูปของจำนวนบวก นำค่าซีที่ได้ไปทดสอบความมีนัยสำคัญโดยการเปรียบเทียบกับเขตวิกฤตของคะแนนซีที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.96 สำหรับการทดสอบสองทาง แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ และเปรียบเทียบกับเขตวิกฤตที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.58 แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ ต่อไปคอมพิวเตอร์จะทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยการทดสอบของเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง เริ่มด้วยการแทนค่าอันดับด้วยค่า Expected Normal Scores ที่เป็นจำนวนเต็ม คำนวณผลรวมของค่า Expected Normal Scores ของแต่ละกลุ่ม ให้ค่าผลรวมที่น้อยกว่าเป็น IT1 หาร IT1 ด้วย 100 เพื่อให้ค่าผลรวมของ Expected Normal Scores เป็นทศนิยมเหมือนเดิม และให้ IT1/100 เป็นค่าของ T1 ต่อไปคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าซี (z) ของการทดสอบของเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง โดยใช้สูตร

$$Z = \frac{T1}{\sqrt{Var(T1)}}$$

ค่าซีที่คำนวณได้นี้คอมพิวเตอร์จะเก็บไว้ในรูปของจำนวนบวก นำค่าซีที่ได้ไปทดสอบความมีนัยสำคัญโดยการเปรียบเทียบกับเขตวิกฤตของคะแนนซีที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 แล้วนับการเกิดนัยสำคัญเอาไว้ ต่อไปคอมพิวเตอร์จะทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองด้วยการทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน เริ่มด้วยการแทนค่าอันดับด้วยค่า Inverse-Normal Scores ที่เป็นจำนวนเต็ม คำนวณผลรวมของค่า Inverse Normal Scores ของแต่ละกลุ่ม ให้ค่าผลรวมที่น้อยกว่าเป็น ITV1 หาร ITV1 ด้วย 100 เพื่อให้ค่าผลรวมของ Inverse-Normal Scores เป็นทศนิยมเหมือนเดิม และให้ ITV1/100 เป็นค่าของ TV1 ต่อไปคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าซี (z) ของการทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน โดยการใช้สูตร

$$Z = \frac{TV1}{\sqrt{Var(TV1)}}$$

ค่าซีที่คำนวณได้นี้คอมพิวเตอร์จะเก็บไว้ในรูปของจำนวนบวก นำค่าซีที่ได้ไปทดสอบความมีนัยสำคัญโดยการเปรียบเทียบกับเขตวิกฤตของคะแนนซีที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 แล้วนับการเกิดนัยสำคัญเอาไว้

โปรแกรมจะจำลองการทดลองเช่นนี้ซ้ำ 1,000 ครั้ง ด้วยชุดของตัวเลขสุ่มชุดใหม่จากสัปรุทีน RANDOM ทุก ๆ ครั้งของการทดลองซ้ำ คอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผลเปรียบเทียบจำนวนของการนับการเกิดอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองด้วยการทดสอบทั้ง 4 วิธีที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 4 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25σ ก่อนที่จะเริ่มคำนวณค่าอำนาจของการทดสอบเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25σ นั้น ต้องกำหนดให้ค่าเริ่มต้นของตัวเลขสุ่มให้มีค่าเท่ากับ 65539 ต่อไปคอมพิวเตอร์จะเรียกตัวอย่างกลุ่มที่ 1 จากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 502.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 เรียกกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 จากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานในขั้นต่อไปเหมือนกันกับขั้นตอนที่ 1 เมื่อการทดลองครบ 1,000 ครั้งคอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผลเปรียบเทียบจำนวนของการนับการเกิดนัยสำคัญที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 ซึ่งก็คือค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 4 วิธีที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 นั่นเอง

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 4 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.50σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 3 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 505 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.75σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 4 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 507.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.00σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 5 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 510 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 6 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.25σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 6 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 512.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 7 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.50σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 7 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 515 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 8 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.75σ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 8 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 517.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

โปรแกรมที่ 3 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ NN และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 15 ซึ่งมีขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 2

โปรแกรมที่ 4-6 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ UU และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-3

โปรแกรมที่ 7-9 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ LL และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-3

I16576004X

โปรแกรมที่ 10-12 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ NU และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนอง เดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-3

โปรแกรมที่ 13-15 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ NL และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนอง เดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-3

โปรแกรมที่ 16-18 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ UL และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนอง เดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย