หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งวางแผนการวิจัยโดยการจำลองการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation) เพื่อหาอำนาจการทดสอบที และการทดสอบคอลมอโกรอฟ สเมอร์นอฟ โดยที่กลุ่มตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงที่เหมือนกันในการทดลองบางรูปแบบ และแตกต่างกันในบางรูปแบบโดยที่ประชากรมีลักษณะการแจกแจง 3 รูปแบบ คือ ลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ แบบยูนิฟอร์ม และแบบเบ้

ก. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมี 2 กลุ่ม มีขนาดเท่ากัน โดยกำหนดให้กลุ่มตัวอย่างมีขนาด 5 และเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างอีก 5 หน่วย การทดลองเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 15 ตามลำดับ กำหนดพารามิเตอร์ μ คือ มัชฌิมเลขคณิตของประชากรมีค่าเท่ากับ 500 , σ^2 คือความแปรปรวนของประชากรมีค่าเท่ากับ 100 แผนการทดลองอธิบายด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่แทนความหมายลักษณะการแจกแจงของประชากรดังนี้ **N** หมายถึงลักษณะการแจกแจงเป็นปกติ **U** หมายถึงลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม และ **S** หมายถึงลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ แผนการทดลองดังแสดงในตารางต่อไปนี้

1. ตารางการแจกแจงของประชากรสองกลุ่มเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 5

NN	NU	NS1	NS2
UU	US1	US2	
S1S1	S2S2	S1S2	

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ตารางการแจกแจงของประชากรสองกลุ่มเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 10

NN	NU	NS1	NS2
UU	US1	US2	
S1S1	S2S2	S1S2	

3. ตารางการแจกแจงของประชากรสองกลุ่มเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 15

NN	NU	NS1	NS2
UU	US1	US2	
S1S1	S2S2	S1S2	

ข. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมี 2 กลุ่ม มีขนาดต่างกัน โดยกำหนดให้กลุ่มตัวอย่างมีขนาด (5,6) , (6,9) และ (8,16) ตามลำดับ กำหนดพารามิเตอร์ μ =500, σ^2=100 แผนการทดลองแสดงในตารางดังต่อไปนี้

1. ตารางการแจกแจงของประชากรสองกลุ่มเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด (5,6)

NN	NU	NS1	NS2
UU	US1	US2	
S1S1	S2S2	S1S2	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ตารางการแจกแจงของประชากรสองกลุ่มเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด (6,9)

NN	NU	NS1	NS2
UU	US1	US2	
S1S1	S2S2	S1S2	

3. ตารางการแจกแจงของประชากรสองกลุ่มเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด (8,16)

NN	NU	NS1	NS2
UU	US1	US2	
S1S1	S2S2	S1S2	

หมายเหตุ S1 หมายถึง ลักษณะการแจกแจงที่มีความเบ้ขนาด 0.5 ซึ่งผู้วิจัยใช้เป็นความเบ้ปานกลางแทนลักษณะของข้อมูลจริง ซึ่งสามารถใช้ศึกษาแทนได้ทั้งกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะแบบเบ้ทั้งทางบวกและทางลบ

S2 หมายถึง ลักษณะการแจกแจงที่มีความเบ้ขนาด 1.0 ซึ่งผู้วิจัยใช้เป็นความเบ้มากแทนลักษณะของข้อมูลจริง ซึ่งสามารถใช้ศึกษาแทนได้ทั้งกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะแบบเบ้ทั้งทางบวกและทางลบ

เมื่อความโด่ง (KURTOSIS) เท่ากับการแจกแจงปกติ (ตารางที่ 1)

วิธีดำเนินการทดลอง

มีลำดับในการทดลองดังนี้ คือ

1. การสร้างรูปแบบการแจกแจงของประชากรตามที่กำหนด

เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาฟอร์แทรนซึ่งใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ OS/VS1 เพื่อสร้างการแจกแจงของประชากรใน 3 ลักษณะตามแผนการทดลอง ในขั้นแรกใช้โปรแกรมสัปรูทีนที่มีชื่อว่า RANDUM ในการสร้างข้อมูลตามวิธีการของมอนติคาร์โลซิมูเลชั่น จากนั้นจึงแปลงข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ แบบยูนิฟอร์ม และแบบเบ้ ด้วยสัปรูทีน NORMAL , สัปรูทีน UNIFM และสัปรูทีน SNORML

ตามลำดับต่อไปนี้

1.1 โปรแกรมย่อยสัปรูทีน (เป็นโปรแกรมคำสั่งที่เขียนขึ้นมาเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณปัญหาเฉพาะเรื่อง แต่การทำงานต้องสัมพันธ์กับโปรแกรมหลักเสมอ) RANDUM (ชัยศิริ บัณฑิตานนท์ , 1980) เป็น scientific subroutine ที่ใช้สร้างตัวเลขสุ่ม (random number) ด้วยวิธี congruential generation method ได้ถึง 2^{29} หรือ 536,870,912 จำนวนก่อนที่จะเกิดการซ้ำของชุดตัวเลขสุ่ม และได้เลือกค่า 65539 เป็นค่าเริ่มต้น เพราะว่า Maclaren และ Marsaglia (JACM 12: 83-89) ได้ให้คำแนะนำว่าค่าเริ่มต้น 65539 เป็นค่าที่เหมาะสมกับคุณสมบัติทางสถิติที่จะนำไปทดสอบ เป็นค่าที่จะให้ชุดตัวเลขสุ่มยาวมากและมีลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 โปรแกรมนี้จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL RANDUM (IX,IY,RN) โดยที่ IX คือค่าเริ่มต้นซึ่งจะต้องกำหนดขึ้นก่อนใช้คำสั่งนี้ และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้เลขสุ่ม 1 จำนวน คือ RN ตัวอย่างของโปรแกรมสัปรูทีน RANDUM อยู่ในภาคผนวก ข.

1.2 โปรแกรมย่อยสัปรูทีน NORMAL (shannon,1975: 361-362) เป็นโปรแกรมย่อยสัปรูทีนสำหรับการสร้างลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ Marsaglia และ Bray เป็นผู้คิดขึ้นโดยมีพื้นฐานมาจากวิธีอินเวอร์สของ Box และ Muller เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วต่อการเขียนโปรแกรมมากกว่าการสร้างลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติด้วยวิธีอื่น โปรแกรมย่อยสัปรูทีนนี้จะเกิดการทำงานด้วยคำสั่ง CALL NORMAL (EX,STD,X,Y) เมื่อ EX คือ นิพจน์ฟอร์แทรนที่แทนค่ามัชฌิมเลขคณิตของประชากร STD คือ นิพจน์ฟอร์แทรนที่แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ซึ่งต้องกำหนดขึ้นก่อนที่จะใช้คำสั่ง CALL NORMAL (EX,STD,X,Y) และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้คะแนนที่มีลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ ที่มีมัชฌิมเลขคณิตของประชากรเท่ากับ EX เป็น 500 , ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรเท่ากับ STD เป็น 10 / , 2 จำนวน คือ X และ Y ตัวอย่างของโปรแกรมย่อยสัปรูทีน NORMAL อยู่ในภาคผนวก ข.

1.3 โปรแกรมย่อยสัปรูทีน UNIFM (Shannon,1975: 357) เป็นโปรแกรมย่อยสัปรูทีนสำหรับการแปลงข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบยูนิฟอร์มอยู่ในช่วง A ถึง B โดยมี EX เป็นมัชฌิมเลขคณิตของประชากรมีค่าเท่ากับ $(B+A)/2$, $(STD)^2$ เป็นความแปรปรวนของประชากรมีค่าเท่ากับ $(B-A)^2/12$

โปรแกรมย่อยสัปรูทีนนี้จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL UNIFM (A,B,Z) โดยที่ค่าของ B เท่ากับ EX+(STD×$\sqrt{3}$) และ A เท่ากับ (2×EX)-B จะถูกกำหนดขึ้นก่อนที่จะใช้คำสั่ง CALL UNIFM (A,B,Z) และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้คะแนนที่มีลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบยูนิฟอร์มที่มีมัชฌิมเลขคณิตของประชากรเท่ากับ EX เป็น 500 ความแปรปรวนของประชากรเท่ากับ $(STD)^2$ เป็น 100 , 1 จำนวน คือ Z ตัวอย่างของโปรแกรมย่อยสัปรูทีน UNIFM อยู่ในภาคผนวก ข.

1.4 โปรแกรมย่อยสัปรูทีน SNORML เป็นโปรแกรมย่อยสัปรูทีนซึ่งผู้วิจัยคำนวณมาเองสำหรับสร้างการแจกแจงของประชากรแบบเบ้ ตามวิธีของ Fleishman (1978) ที่เรียกว่า Power method ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้การแปลงฟังก์ชั่นโพลิโนเมียล $Y = a+bx+cx^2+dx^3$ หรือ $Y = ((dx+c)x+b)x+a$ เพื่อที่จะได้การแจกแจงของประชากรแบบเบ้ (skew distribution) เมื่อ x เป็นการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน โดยกำหนด a,b,c,d เป็นสัมประสิทธิ์ที่กำหนดค่าเฉลี่ยประชากร μ ความแปรปรวนประชากร σ^2 ความโด่ง และความเบ้ ซึ่งถูกกำหนดขึ้นก่อนที่จะใช้คำสั่ง CALL SNORML (AM,SD,X1,Y1) และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้งจะได้คะแนนที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน , 2 จำนวนคือ X1 และ Y1 แล้วนำคะแนน 2 จำนวนนี้คำนวณโดยการแปลงฟังก์ชั่นโพลิโนเมียล Y = ((dx+c)x+b)x+a จะได้ 2 จำนวนที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ จากการวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบเบ้เป็นสองลักษณะ คือ

1.4.1 S1 เป็นลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ปานกลาง (Moderate Skew) เมื่อความเบ้ = .5

1.4.2 S2 เป็นลักษณะการแจกแจงแบบเบ้มาก (Highly Skew) เมื่อความเบ้ = .95

ตัวอย่างของโปรแกรมย่อยสัปรูทีน SNORML อยู่ในภาคผนวก ข.

ตรวจสอบข้อมูลตามลักษณะการแจกแจงของประชากรทั้งแบบปกติ แบบยูนิฟอร์ม และแบบเบ้ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ความแปรปรวน (S^2) ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) โดยใช้สัปรูทีน VAR, SKEW และ KURTO ทดสอบข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10,000 ตัว ได้ค่าต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าสถิติของการแจกแจงของประชากรตามทฤษฎีและจากการปฏิบัติเมื่อกลุ่มตัวอย่าง 10,000 ตัว สำหรับงานวิจัยครั้งนี้

Distribution	Mean		Variance		Skewness		Kurtosis	
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ
Normal	500	499.63	100	100.94	0	0.10	3.0	2.93
Uniform	500	499.61	100	99.57	0	0.12	1.8	1.81
Moderate Skew	500	499.63	100	101.65	.50	0.50	3.0	3.05
Highly Skew	500	499.65	100	97.68	1.0	0.95	3.0	2.99

2. การคำนวณค่าวิกฤตสำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาด (5,6) , (8,16) ,(15,15)

คำนวณหา ค่าวิกฤต (**Critical region**) ของการทดสอบคอลมอโก-รอฟ สเมอร์นอฟ โดยใช้สูตรค่าประมาณ (**Approximate**) (**CONOVER ,1971: 473**) $1.63\sqrt{\frac{m+n}{mn}}$ ที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 สำหรับการทดสอบสองหาง

2.1 กลุ่มตัวอย่างขนาด (5,6) เมื่อคำนวณค่าวิกฤตด้วยสูตรค่าประมาณที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 สำหรับการทดสอบสองหางมีค่าเท่ากับ 0.987

2.2 กลุ่มตัวอย่างขนาด (8,16) เมื่อคำนวณค่าวิกฤตด้วยสูตรค่าประมาณที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 สำหรับการทดสอบสองหางมีค่าเท่ากับ 0.705

2.3 กลุ่มตัวอย่างขนาด (15,15) เมื่อคำนวณค่าวิกฤตด้วยสูตรค่าประมาณที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ สำหรับการทดสอบสองหางมีค่าเท่ากับ 0.594

หมายเหตุ : กรณีกลุ่มตัวอย่างขนาด (5,6) , (8,16) และ (15,15) ต้องคำนวณค่าวิกฤตโดยใช้สูตรค่าประมาณ นอกเหนือจากการเปิดค่าจากตาราง (**Massey ,1952**) เพราะค่าวิกฤตที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 จากตารางไม่สามารถจะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในทุกรูปแบบของการแจกแจงได้จึงได้คำนวณค่าวิกฤตจากสูตรค่าประมาณมาเพื่อการเปรียบเทียบ ค่าวิกฤตที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 ควบคู่กันไปด้วย

3. การทดลองหาความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (actual type I error) และอำนาจของการทดสอบที และคอลมอโกรอฟ สเมอร์นอฟ

เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อเดลต้า ($\mu_1-\mu_2$) มีค่าเท่ากับ 0 และหาอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25σ, 0.50σ, 0.75σ, 1.00σ, 1.25σ, 1.50σ, 1.75σ และ 2.00σ ซึ่งมีทั้งหมด 60 โปรแกรม

ขั้นตอนในการดำเนินงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไปนี้ เป็นการอธิบายให้เห็นภาพการทำงานตามขั้นตอนของโปรแกรมในการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ตามแผนการทดลองซึ่งตัวอย่างของโปรแกรมอยู่ในภาคผนวก ข.

โปรแกรมที่ 1 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองเมื่อลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็น NN และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการคำนวณหาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบที และการทดสอบคอลมอโกรอฟ สเมอร์นอฟ คอมพิวเตอร์จะเรียกตัวอย่าง 5 จำนวน จากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 คอมพิวเตอร์เรียกตัวอย่างอีก 5 จำนวนจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ มีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ 2 กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มนี้ คอมพิวเตอร์จะนำไปทำการทดสอบด้วยการทดสอบทั้งสองวิธีดังกล่าวแล้ว เริ่มด้วยการทดสอบทีคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าของทีจากสูตร ค่าทีที่ได้นี้คอมพิวเตอร์จะเก็บไว้ในรูปของจำนวนบวก นำค่าทีที่ได้ไปทดสอบความมีนัยสำคัญโดยการเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตของคะแนนทีที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.306 สำหรับการทดสอบสองหาง แล้วนับการเกิดนัยสำคัญโดยเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.355 แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ ต่อไปคอมพิวเตอร์จะทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยการทดสอบคอลมอโกรอฟ สเมอร์นอฟ โดยนำกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมารวมกันแล้วจัดอันดับ (rank) ทั้ง 10 จำนวน แล้วหาค่าผลต่างที่มากที่สุดของ cumulative probability ของทั้งสองกลุ่ม ค่าที่ได้นี้คอมพิวเตอร์จะเก็บไว้ในรูปของจำนวนบวก แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตของการทดสอบคอลมอโกรอฟ สเมอร์นอฟ

ที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.800 สำหรับการทดสอบสองหาง แล้วนับการเกิดนัยสำคัญเอาไว้

โปรแกรมจะจำลองการทดลองเช่นนี้ซ้ำ 1,000 ครั้ง ด้วยชุดของตัวเลขสุ่มชุดใหม่จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน **RANDUM** ทุก ๆ ครั้งของการทดลองซ้ำ คอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผลเปรียบเทียบจำนวนของการนับการเกิดอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองด้วยการทดสอบทั้ง 2 วิธีที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25δ ก่อนที่จะเริ่มคำนวณค่าอำนาจของการทดสอบเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25δ นั้นจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นของตัวเลขสุ่มใหม่ โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 65539 เพื่อให้เรนจ์ (**range**) ของตัวเลขสุ่มอยู่ในช่วงเดียวกันทุก ๆ ครั้งของการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นการคำนวณหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 หรือคำนวณหาอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธีเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.25δ, 0.50δ, 0.75δ, 1.00δ, 1.25δ, 1.50δ, 1.75δและ 2.00δ เมื่อกำหนดให้ค่าเริ่มต้นของตัวเลขสุ่มมีค่าเท่ากับ 65539 แล้วคอมพิวเตอร์จะเรียกตัวอย่างกลุ่มที่ 1 จากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ มีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 502.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 เรียกตัวอย่างกลุ่มที่ 2 จากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานในขั้นต่อไปเหมือนกันกับขั้นตอนที่ 1 เมื่อการทดลองครบ 1,000 ครั้ง คอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผลเปรียบเทียบจำนวนของการนับการเกิดนัยสำคัญที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 ซึ่งก็คือค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธีที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 นั่นเอง

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.50δ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 505 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.75δ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็น

แบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 507.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.00δ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 5 กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 510.0 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 6 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบทั้ง 2วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.25δ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 512.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 7 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.50δ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 7 กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 515 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 8 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.75δ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 8 กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 517.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 9 เป็นการคำนวณหาค่าของอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 2.00δ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 9 กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 520 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

โปรแกรมที่ 2 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **NN** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 ซึ่งมีขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1 แตกต่างกันเพียงขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 10

โปรแกรมที่ 3 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **NN** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 15 ซึ่งมีขั้นตอนในการ

ทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการคำนวณหาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 2 วิธี คอมพิวเตอร์จะเรียกตัวอย่าง 15 จำนวนจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 คอมพิวเตอร์เรียกตัวอย่างอีก 15 จำนวนจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ 2 กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มนี้คอมพิวเตอร์จะนำไปทดสอบด้วยการทดสอบทั้ง 2 วิธีดังกล่าว เริ่มด้วยการทดสอบที คอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าทีจากสูตร ค่าทีที่ได้คอมพิวเตอร์จะเก็บไว้ในรูปของจำนวนบวก นำค่าทีที่ได้ไปทดสอบความมีนัยสำคัญโดยการเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตของคะแนนทีที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.048 สำหรับการทดสอบสองหาง แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ และเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.763 แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ ต่อไปคอมพิวเตอร์จะทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยการทดสอบคอลมอโกรอฟ สเมอร์นอฟ โดยนำกลุ่มตัวอย่างทั้งสองมารวมกัน แล้วจัดอันดับ **(rank)** ทั้ง 30 จำนวน แล้วหาค่าผลต่างที่มากที่สุดของ **cumulative probability** ของทั้งสองกลุ่ม ค่าที่ได้นี้คอมพิวเตอร์จะเก็บไว้ในรูปของจำนวนบวก แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตของการทดสอบคอลมอโกรอฟ สเมอร์นอฟ ที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.466 สำหรับการทดสอบสองหาง แล้วนับการเกิดนัยสำคัญ และเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.533 สำหรับการทดสอบสองหาง แล้วนับการเกิดนัยสำคัญและเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตที่กำหนดระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 โดยคำนวณจากสูตร $1.63\sqrt{\frac{m+n}{mn}}$ **(CONOVER ,1971: 473)** ซึ่งเป็นค่าประมาณ **(Approximate)** มีค่าเท่ากับ 0.594 สำหรับการทดสอบสองหาง แล้วนับการเกิดนัยสำคัญเอาไว้

โปรแกรมจะจำลองการทดลองเช่นนี้ซ้ำ 1,000 ครั้ง ด้วยชุดของตัวเลขสุ่มชุดใหม่จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน **RANDUM** ทุก ๆ ครั้งของการทดลองซ้ำ คอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผลเปรียบเทียบจำนวนของการนับการเกิดอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองด้วยการทดสอบ 2 วิธี ที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.256 ก่อนที่จะเริ่มคำนวณค่าอำนาจของการทดสอบเมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.256 นั้นจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นของตัวเลขสุ่มใหม่ โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 65539 ต่อไปคอมพิวเตอร์จะเรียกตัวอย่างกลุ่มที่ 1 จากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 502.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 เรียกกลุ่มตัวอย่างที่ 2 จากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 500 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานในขั้นต่อไปเหมือนกันกับขั้นตอนที่ 1 เมื่อการทดลองครบ 1,000 ครั้ง คอมพิวเตอร์จะพิมพ์ผลเปรียบเทียบจำนวนของการนับการเกิดนัยสำคัญที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 คือค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธีที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 และ .01 นั่นเอง

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.506 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 3 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 505 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 0.756 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 507.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.006 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 5 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 510 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 6 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.256 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 6 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 512.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 7 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.506 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 7 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 515 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 8 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 1.756 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 8 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 517.5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

ขั้นตอนที่ 9 เป็นการคำนวณหาค่าอำนาจของการทดสอบ 2 วิธี เมื่อเดลต้ามีค่าเท่ากับ 2.006 ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 ต่างกันเฉพาะในขั้นตอนที่ 9 กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติมีมัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 520 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

โปรแกรมที่ 4 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **NN** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,6) ซึ่งมีขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 3

โปรแกรมที่ 5 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **NN** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (6,9) ซึ่งมีขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1

โปรแกรมที่ 6 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **NN** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (8,16) ซึ่งมีขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 3

โปรแกรมที่ 7-12 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **UU** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,5),(10,10),(15,15) (5,6),(6,9) และ (8,16) ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-6

โปรแกรมที่ 13-18 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **S1S1** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,5),(10,10),

(15,15),(5,6),(6,9) และ (8,16) ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-6

โปรแกรมที่ 19-24 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **S2S2** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,5),(10,10),(15,15),(5,6),(6,9) และ (8,16) ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-6

โปรแกรมที่ 25-30 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **NU** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,5),(10,10),(15,15),(5,6),(6,9) และ (8,16) ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-6

โปรแกรมที่ 31-36 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **NS1** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,5),(10,10),(15,15),(5,6),(6,9) และ (8,16) ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-6

โปรแกรมที่ 37-42 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **NS2** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,5),(10,10),(15,15),(5,6),(6,9) และ (8,16) ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-6

โปรแกรมที่ 43-48 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **US1** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,5),(10,10),(15,15),(5,6),(6,9) และ (8,16) ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-6

โปรแกรมที่ 49-54 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ **US2** และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,5),(10,10),(15,15),(5,6),(6,9) และ (8,16) ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-6

โปรแกรมที่ 55-60 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบ S1S2 และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ (5,5),(10,10),(15,15),(5,6),(6,9) และ (8,16) ตามลำดับ ขบวนการของโปรแกรมการทำงานทำนองเดียวกันกับโปรแกรมที่ 1-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย