ความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ

นายสามารถ พันคง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ROBUSTNESS OF T-TEST WITH NON-NORMAL POPULATION DISTRIBUTION

Mr. Samad Phunkhong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Educational Statistics
Department of Educational Research and Psychology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ
โดย	นายสามารถ พันคง
สาขาวิชา	สถิติการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะครุศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณี แกมเกตุ)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์)

สามารถ พันคง : ความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ (ROBUSTNESS OF T-TEST WITH NON-NORMAL POPULATION DISTRIBUTION), อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์, 139 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ) และ 2) ศึกษาค่าความเบ้ ค่าความโด่งที่ทำให้สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง ภายใต้ข้อกำหนดของขนาดตัวอย่างกรณีประชากร 1 กลุ่ม และประชากร 2 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน n_1 = 10, 30, 60 และกรณีประชากร 2 กลุ่มที่มีขนาดต่างกัน n_1 = 10, 30, 60 $n_2 = n_1$x130%, n_1x150% ระดับนัยสำคัญ α = .01, .05, .10 ค่าความเบ้ sk = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 ค่าความโด่ง ku = 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 10.0 จำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติ คาร์โล ซิมูเลชั่น จากโปรแกรม MATLAB คำสั่ง pearsrnd โดยแต่ละสถานการณ์ทำการทดลองซ้ำ 5,000 ครั้ง

ผลการวิจัยที่สำคัญสรุปได้ว่า

1) สถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงประชากรเป็นโค้งปกติจำนวน 1,047 สถานการณ์ จาก 1,125 สถานการณ์

2) จากสถานการณ์ในการศึกษาทั้งหมดของแต่ละค่าความเบ้ พบว่า

2.1) กรณีมีประชากร 1 กลุ่ม สถิติทดสอบทีมีความแกร่งที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, และ 1.0 โดยสามารถทดสอบได้ 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์ และ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.2) กรณีมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกันและกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน สถิติทดสอบทีมีความแกร่งที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยสามารถทดสอบได้ 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์ 88.89 เปอร์เซ็นต์ และ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.3) กรณีมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกันและกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์ สถิติทดสอบทีมีความแกร่งที่ความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยสามารถทดสอบได้ 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 97.78 เปอร์เซ็นต์, 96.30 เปอร์เซ็นต์ และ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.4) กรณีมีประชากร 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระกันและกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ สถิติทดสอบทีมีความแกร่งที่ความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยสามารถทดสอบได้ 100 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน

2.5) กรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน สถิติที่มีความแกร่งที่ความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 โดยสามารถทดสอบได้ 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 95.56 เปอร์เซ็นต์, 92.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3) สำหรับข้อมูลที่มีค่าความเบ้สูง สถิติทดสอบทีจะแกร่งเมื่อข้อมูลนั้นมีค่าความโด่งสูง หรือกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ หรือเป็นการทดสอบที่ใช้ระดับนัยสำคัญสูง

ภาควิชา วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา สถิติการศึกษา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2552

5183403427 : MAJOR EDUCATIONAL STATISTICS

KEYWORDS: T-TEST/ NON-NORMAL DISTRIBUTION/ ROBUSTNESS/ VIOLATE ASSUMTION/ MONTE CARLO SIMULATION

SAMAD PHUNKHONG : ROBUSTNESS OF T-TEST WITH NON-NORMAL POPULATION DISTRIBUTION. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SUCHADA BOWARNKITIWONG, Ph.D., 139 pp.

The main objectives for this research were to examine robustness of the t-test when populations violate the assumption of normality and to examine the skewness and kurtosis that keep the t-test robust. For one sample and two equal samples (n_i = 10, 30, 60) and two unequal samples n_1 = 10, 30, 60 $n_2 = n_1 \times 130\%$ and $n_1 \times 150\%$, skewness = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0, kurtosis = 3, 4, 5, 6 and 10, alpha = .01, .05 and .10, the Monte Carlo Simulation experiment was repeated 5,000 times.

The results showed that :

1) The t-test was robust against the normal distribution assumption accounting for 1,047 of 1,125 cases.

2) For all case of studies regard as

2.1) For one population, T-test was robust when skewness = 0, 0.5 and 1.0 with 100%, 100% and 88.89%, respectively.

2.2) For two independent populations with equal sample sizes, T-test was robust when skewness = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 with 100%, 100%, 100%, 100%, 88.89% and 88.89%, respectively.

2.3) For two independent populations with unequal sample sizes 30%, T-test was robust when skewness = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 with 100%, 100%, 100%, 97.78%, 96.30% and 88.89%, respectively.

2.4) For two independent populations with unequal sample sizes 50%, T-test was robust when skewness = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 with 100% at all.

2.5) For two dependent populations, T-test was robust when skewness = 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 with 100%, 100%, 100%, 95.56% and 92.59%, respectively.

3) For high skewness, T-test was robust when data had high kurtosis or large sample size or high significance level.

Department : Educational Research and Psychology Student's Signature : Samad

Field of Study : Educational Statistics Advisor's Signature : Suchada

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและการช่วยเหลืออย่างที่สุดจากท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา รวมทั้งให้กำลังใจนับตั้งแต่หาหัวข้อวิทยานิพนธ์จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณี แกมเกตุ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์ ในฐานะประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณครู-อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ตั้งแต่ต้นถึงปัจจุบัน

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้เป็นกำลังใจในทุกครั้งที่รู้สึกเหนื่อยล้า ขอขอบคุณ น.ส.เสาวรส ยิ่งวรรณะ น.ส.ถมรัตน์ ศิริภาพ น.ส.สุภาวดี คำนาดี น.ส.กุณฑีรา อารีกุล น.ส.หนึ่งฤทัย มะลาไวย์ และนายสิวะโชติ ศรีสุทธิยากร ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการแก้ปัญหาต่าง ๆ การใช้โปรแกรม และคำพูดดี ๆ ที่ก่อให้เกิดกำลังใจในการทำงาน และสุดท้ายคือขอบคุณสำหรับความปรารถนาดีที่มีให้กันเสมอมา

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถิติคือศาสตร์ของการเรียนรู้ข้อมูล (science of data learning) โดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้รู้จักข้อมูลที่มีอยู่เป็นอย่างดี ยิ่งเรียนรู้หรือรู้จักข้อมูลมาก ก็จะทำให้นักวิจัยสามารถตัดสินใจดำเนินการบางสิ่งสู่แนวทางที่ถูกต้องได้มากยิ่งขึ้น มีเทคนิคในการเรียนรู้ข้อมูลมากขึ้นสามารถควบคุมการเรียนรู้หรือการวิจัยให้มีคุณภาพตรงตามจุดประสงค์ของการวิจัย สำหรับสถิติที่นับว่ามีบทบาท และถูกนำไปใช้ในงานวิจัยบ่อยที่สุดนับตั้งแต่อดีตมาจนปัจจุบัน คือตัวสถิติที่เรียกว่า “สถิติทดสอบที หรือ student t-test ($t = \dfrac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$)” ซึ่งมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบทีองศาแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom) เท่ากับ n-1

สถิติทดสอบที (t – test หรือ Student t-test) คือสถิติที่ใช้สำหรับทดสอบเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร จัดเป็นสถิติชนิดพาราเมตริกซ์ (parametric statistical test) พัฒนาขึ้นโดยนักสถิติชื่อว่า W.S. Gosset เพื่อใช้ในกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร โดยใช้ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง (S) ในการประมาณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร (σ) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร S = $\sqrt{\dfrac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$ สำหรับการนำสถิติทดสอบทีไปใช้นั้นสามารถจำแนกการนำไปใช้ออกได้เป็น 3 กรณี คือ 1) การทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม (one sample t-test) 2) การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (independent sample t-test) และ 3) การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่ม ไม่เป็นอิสระจากกัน (paired sample t-test) ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นในการทดสอบ (basic assumption) 3 ประการ ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่างได้มาด้วยวิธีการสุ่มจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงปกติ (normal distribution)

2) ข้อมูลหรือค่าของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิจัยนั้นต้องได้มาจากการสุ่มอย่างแท้จริง (random sampling) คือข้อมูลหรือค่าของหน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยต้องเป็นอิสระจากกัน

3) ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของกลุ่มประชากรในกรณีที่มีประชากรกลุ่มเดียว หรือความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มเท่ากัน ในกรณีที่มีประชากร 2 กลุ่ม

เนื่องจากในสถานการณ์จริงข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่มิได้เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นข้อที่ 1 “กลุ่มตัวอย่างได้มาด้วยวิธีการสุ่มจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal Distribution)” กล่าวคือข้อมูลจริงมักมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ ซึ่งสอดคล้องกับข้อสรุปจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยของนักวิจัยเช่น วีรวรรณ ศักดาจิวะเจริญ (2544) กล่าวไว้ว่า

ข้อมูลโดยทั่วไปจะมีการแจกแจงแบบเบ้ขวาหรือเบ้ซ้าย แต่ส่วนมากจะพบข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวามากกว่าข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และชูศรี วงศ์รัตนะ (2550) กล่าวว่าข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมอาจมีการแจกแจงแบบเบ้ หรือโด่งแตกต่างจากโค้งการแจกแจงปกติ และไม่สามารถทราบได้ว่ากลุ่มประชากรนั้นมีขนาดความแปรปรวนเท่าใด หรือกลุ่มประชากร 2 กลุ่มมีขนาดความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ เพราะขนาดกลุ่มประชากรมีขนาดใหญ่มากเกินความสามารถของนักวิจัยจะดำเนินการเก็บข้อมูลให้ครบได้ทั้งหมด ดังนั้นถ้านักสถิติหรือผู้ทำงานวิจัยนำข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติไปทำการศึกษาด้วยวิธีการทางสถิติที่มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบปกติแล้ว ก็จะทำให้ผลที่ได้จากการศึกษาหรือจากงานวิจัยนั้นมีความคลาดเคลื่อน (อภิชาติ ลือชัย, 2546) ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาดังกล่าวก่อนการวิเคราะห์ผล เพื่อให้สามารถดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปแล้ว ทำให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น วิธีการที่ได้รับความนิยมมีอยู่ 2 วิธี คือ 1) การแปลงข้อมูลให้สอดรับกับข้อตกลงเบื้องต้นของตัวสถิติทดสอบเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ต่อด้วยสถิติชนิดพาราเมตริกซ์นั้นได้ หรือ 2) การเลือกตัวสถิติอื่น ๆ ที่เรียกว่า สถิตินอนพาราเมตริกซ์ (nonparametric statistic) ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยไม่สนใจถึงลักษณะของการแจกแจงของประชากร (distribution free) และมีแนวโน้มในการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์สูง แต่มีอำนาจในการทดสอบต่ำ (Boneau, 1960) อีกทั้งไม่เป็นที่รู้จักของกลุ่มผู้วิจัยโดยทั่วไป

จากปัญหาและความบกพร่องของตัวสถิติทีที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้นักวิจัยหลาย ๆ ท่านได้พยายามศึกษาเพื่อขจัดปัญหาเหล่านั้นให้หมดไป โดยบางท่านศึกษาในลักษณะของการพัฒนาตัวสถิติให้มีความแกร่งในการทดสอบมากยิ่งขึ้น บางท่านศึกษาในลักษณะของการบรรยายถึงขอบเขต หรือการกำหนดกรอบการใช้ตัวสถิติทดสอบนั้น ๆ ตัวอย่างเช่นการศึกษาของนภัสวรรณ ชาติวัฒนานนท์ (2540) ได้ทำการศึกษาหาขนาดตัวอย่างสำหรับสถิติทดสอบทีเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม กรณีไม่ทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร และประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ ผลการวิจัยพบว่า

1) เมื่อสัมประสิทธิ์ความโด่งของการแจกแจงประชากรใกล้เคียงปกติ และประชากรมีการแจกแจงเข้าใกล้สมมาตร จะได้ว่าขนาดตัวอย่าง n มีค่าประมาณ 22 หน่วยตัวอย่างที่สามารถประมาณการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบทีด้วยการแจกแจงทีได้ ทั้งนี้ถ้าค่าความเบ้มีค่ามากกว่า .2 จะได้ว่าขนาดตัวอย่าง n ควรมีค่ามากขึ้น

2) เมื่อค่าความโด่งของการแจกแจงประชากรมากกว่าปกติการแจกแจงของสถิติทดสอบทีจะลู่เข้าสู่การแจกแจงทีได้เร็ว ซึ่งถ้าค่าความเบ้มีค่าใกล้ 0 จะได้ว่าขนาดตัวอย่าง n มีค่าประมาณ 20 หน่วยตัวอย่าง

3) เมื่อประชากรมีการแจกแจงที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ จะสามารถประมาณการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบทีได้ด้วยการแจกแจงที เมื่อใช้ขนาดตัวอย่าง n ที่มากพอ

ธนากร อนันต์สิทธินนท์ (2545) ศึกษาหาขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติซี และตัวสถิติที เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ และแบบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ ในการหาขนาดตัวอย่างจะทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด แต่ถ้าขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมมีค่าเท่ากันในสถานการณ์เดียวกันจะเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นแทน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

1) ประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติและไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้ในช่วง 0-2 ขนาดตัวอย่าง 19–32 ใช้ตัวสถิติที และขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 33 ขึ้นไปใช้ตัวสถิติซี แต่เมื่อระดับความเชื่อมั่นกับค่าความเบ้ลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณตัวสถิติทั้งสองลดลง

2) ค่าความเบ้จะส่งผลต่อขนาดตัวอย่างในทิศทางเดียวกันคือเมื่อค่าความเบ้เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างของตัวสถิติทั้งสองมีขนาดมากขึ้นเช่นกัน

อัญชนา ลีลาจรัสกุล (2541) ทำการศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียวที่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยใช้สถิติทดสอบทีสถิติทดสอบทีของจอห์นสัน สถิติทดสอบทีของลิงเชน และสถิติทดสอบแบบผสมของซัดตันโดยศึกษาถึงอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 สำหรับทุกขนาดตัวอย่างสถิติทดสอบแบบผสมของซัดตันมีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดทุกระดับความเบ้

2. ที่ระดับนัยสำคัญ .05 หรือ .10 ผลสรุปที่ได้เหมือนกัน คือเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กและปานกลาง ($10 \leq n \leq 30$) สถิติทดสอบแบบผสมของซัดตันมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อระดับค่าความเบ้อยู่ในช่วง .25 ถึง .50 และสถิติทดสอบทีของลิงเชน มีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อระดับความเบ้อยู่ในช่วง .50 ถึง 2.50 แต่เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ($30 \leq n \leq 70$) สถิติทดสอบแบบผสมของซัดตันมีอำนาจการทดสอบสูงสุดที่ทุกระดับความเบ้

3. อำนาจการทดสอบแปรผันตามระดับนัยสำคัญและขนาดตัวอย่าง

จงจิต มารุ่งสิริกุล (2548) ได้ทำการศึกษาเรื่องการแก้ไขปัญหาข้อมูลตอบสนองของแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดที่ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยการแปลงข้อมูลเพื่อหารูปแบบการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนมีระดับความเบ้ ความโด่งและความแปรปรวนที่ต่างกันให้มีการแจกแจงปกติและเป็นไปตามเงื่อนไขการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลการศึกษาสามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. ที่ระดับความเบ้น้อยมีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติและค่าความแปรปรวนเท่ากันภายหลังการแปลงข้อมูลมากกว่าที่ระดับ ความเบ้มาก การแปลงข้อมูลด้วยค่า λ = .5 จะให้ค่าความสำเร็จมากในกรณีเบ้ขวาที่ระดับความเบ้น้อย การแปลงข้อมูลด้วยค่า λ = 0 จะให้ค่าความสำเร็จมกในกรณีเบ้ขวาที่ระดับความเบ้มาก ยกเว้นกรณีที่มีสัมประสิทธิ์ความแปรผันน้อย การแปลงด้วยค่า λ = 0, λ = -.5 และ λ = -1.0 จะให้ค่าความสำเร็จมาก ส่วนกรณีเบ้ซ้าย การแปลงด้วยค่า λ = 1.5 และ λ = 2.0 จะให้ค่าความสำเร็จสูง

2. ที่ระดับความเบ้เดียวกัน กรณีที่มีค่าความโด่งมากจะให้ค่าความสำเร็จน้อยกว่ากรณีอื่น ๆ และความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะน้อย

3. เมื่อสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่าสูงขึ้น ความสามารถในการควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะลดลง

อรไท พลเสน (2549) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงที่ไม่สมมาตรด้วยตัวประมาณแจ็คไนฟ์และตัวประมาณบูทสเตร็บ โดยสนใจที่จะเพิ่มอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงที่มีค่าความเบ้เป็นบวก เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก ของ Ling Chen ($T_2 = \sqrt{n}(\bar{x}-\mu_0)/S + \hat{\beta}_1\left[1+2\left\{\sqrt{n}(\bar{x}-\mu_0)/S\right\}^2\right]/(6\sqrt{n}) + \hat{\beta}_1^2\left[\sqrt{n}(\bar{x}-\mu_0)/S + 2\left\{\sqrt{n}(\bar{x}-\mu_0)/S\right\}^3\right]/(9n)$) โดยการแทนค่า $\overline{X}$, S และ $\hat{\beta}_1$ ของ T_2 ด้วยตัวประมาณแจ็คไนฟ์และตัวประมาณบูทสแตร็บ ซึ่งศึกษากรณีที่ประชากรมีการแจกแจงไวบูลล์ แกมมา ไคสแควร์ และเอ็กโปเนนเชียล เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก โดยใช้เทคนิคการจำลองข้อมูลมอนติคาร์โลพบว่า ตัวสถิติทั้งสองสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และตัวสถิติทดสอบที่ใช้ตัวประมาณบูทสแตร็บมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเดิมของ Ling Chen

สุกัญญา หนูกล่ำ (2542) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบค่าเฉลี่ยเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียวที่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษาตัวสถิติทดสอบดัดแปลงของจอห์นสันจะมีอำนาจการทดสอบสูงสุด

2. ในสถานการณ์ต่อไปนี้อาจใช้ตัวสถิติทดสอบทีแทนตัวสถิติทดสอบทีดัดแปลงของจอห์นสัน เพราะตัวสถิติทดสอบทีจะมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทีดัดแปลงของจอห์นสัน

2.1 ขนาดตัวอย่างมีค่ามากกว่า 50 และ/หรือ

2.2 ค่าความเบ้มีค่าน้อยกว่า .50 และค่าความโด่งอยู่ในช่วง 2.4 ถึง 6.0

Boneau (1960) ทำการศึกษาอิทธิพลของการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นต่อการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบทีเพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีที่มีการแจกแจงตามทฤษฎีกับที่มีการแจกแจงไม่ปกติ มีผลการรทดลองดังนี้

1. กลุ่มประชากรทั้ง 2 กลุ่ม มีการแจกแจงปกติเช่นเดียวกันแต่ความแปรปรวนและขนาดกลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่าง ๆ กัน ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับทฤษฎีและความแปรปรวนที่ต่างกันในอัตราส่วนตั้งแต่ 1–4 ไม่มีผลกระทบต่อตัวสถิติทดสอบที

2. กลุ่มประชากรทั้ง 2 กลุ่ม มีการแจกแจงไม่ปกติแบบเดียวกันและมีความแปรปรวนเท่ากัน ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะของกราฟค่อนข้างซ้อนทับกับกราฟรูประฆังคว่ำตามทฤษฎี เมื่อมีการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้สูงขึ้นก็จะทำให้กราฟมีการซ้อนทับกันยิ่งขึ้น (3.1% -5.1%)

3. กลุ่มประชากรทั้ง 2 กลุ่ม มีการแจกแจงไม่ปกติ แต่มีความแปรปรวนต่างกัน เช่นกลุ่มที่หนึ่งมีการแจกแจงแบบ Exponential ขนาด 5 หน่วยตัวอย่าง ความแปรปรวนเท่ากับ 1 กลุ่มที่สองมีการแจกแจงแบบ Exponential และขนาด 5 หน่วยตัวอย่างเช่นกัน แต่ความแปรปรวนเท่ากับ 4 ผลการศึกษาจากการเปรียบเทียบกราฟพบว่า กราฟที่ได้จากการศึกษามีค่าสูงกว่ากราฟตามทฤษฎีประมาณร้อยละ 7.6–8.3 ในกรณีที่มีการแจกแจงแบบ Exponential และในกรณีที่มีการแจกแจงแบบ Rectangular กราฟที่ได้จากการศึกษามีค่าสูงกว่ากราฟตามทฤษฎีเช่นเดียวกันประมาณร้อยละ 7.1 เมื่อเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 15 หน่วยตัวอย่าง (ต่อกลุ่ม) ค่าที่ได้จะลดลงอยู่ที่ประมาณร้อยละ 4.9 แต่ทั้งนี้การลดลงของค่าร้อยละในครั้งนี้ไม่มีเหตุผลที่บอกได้ว่าเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง

Norton (1951; อ้างถึงใน Boneau, 1960) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติ F-test ซึ่งเป็นตัวสถิติที่มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวสถิติ t-test เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน แต่มีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น (มีการแจกแจงปกติและความแปรปรวนเท่ากัน) ผลการศึกษาพบว่าสถิติ F-test ยังคงมีความแกร่ง

Schechtman and Sherman (2007) ทำการศึกษาเกี่ยวกับสถิติทดสอบทีกรณีสองกลุ่มประชากรเมื่อทราบอัตราความแปรปรวนของประชากร เพื่อเปรียบเทียบค่าสถิติทดสอบและค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการใช้เทคนิคในการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร 2 วิธี คือ เทคนิค Satterthwaite กับเทคนิคที่พวกเขาได้ประยุกต์ขึ้นเอง ผลการวิจัยพบว่าวิธีการ Satterthwaite ปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ในทุกกรณีที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ .05 ขึ้นไป สำหรับเทคนิคที่พวกเขาประยุกต์ขึ้น ก็ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกันโดยมีอำนาจในการทดสอบทุกกรณีสูงกว่าเทคนิค Satterthwaite

Delaney and Vargha (2000) ได้ร่วมกันศึกษาเรื่องอิทธิพลของการแจกแจงไม่ปกติของประชากรที่ส่งผลต่อการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบที และสถิติทดสอบทีของ Welch (Welch' s robust t test) กรณีประชากรสองกลุ่ม ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ค่าความเบ้ที่มีขนาดแตกต่างกันมากส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อความแกร่งของการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบที เพราะความแตกต่างของความเบ้ในตัวแปร จะส่งผลให้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ซึ่งมีการแจกแจงแบบทีมีความเบ้ที่ผิดไปจากการแจกแจงแบบที มีความลำเอียงของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เกิดขึ้น โดยเฉพาะกรณีการทดสอบหางเดียว กรณีนี้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้ $\pm$40%

2. การแจกงแจงที่มีระดับค่าความโด่งสูง การเปรียบเทียบกลุ่มที่มีลักษณะเช่นนี้จะเรียกว่าการเปรียบเทียบหางยาว จากการศึกษากรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 9, α = .05 พบว่าค่าความโด่งเป็นอิทธิพลสำคัญต่อค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีซึ่งจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับการเปรียบเทียบหางปกติในกรณีที่มีความเบ้ ระดับความโด่งที่มีค่าสูงอาจชดเชยอิทธิพลของความเบ้ได้ค่อนข้างมากสำหรับกรณีการทดสอบทีสองกลุ่มตัวอย่าง

3. อิทธิพลความสัมพันธ์ของขนาดกลุ่มตัวอย่าง การทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันจะส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เพิ่มขึ้น โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกันมากก็จะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงเช่นกัน แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่าสูงขึ้นก็อาจทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลง

4. กรณีขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน และความเบ้มีทิศทางเดียวกันทดสอบที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 ค่าความคลาดเคลื่อนจะไม่เกิน .056 ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยขนาดกลุ่มตัวอย่างจะน้อยกว่า 9 นั้นแสดงว่าสถิติทดสอบทีมีความแกร่งในกรณีที่มีขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

5. กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (m=n=18) ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะต่ำกว่ากลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (m=n=18) แต่อย่างไรก็ตามถ้าค่าความเบ้สูง ($Sk \geq 2$) ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ก็อาจจะเพิ่มขึ้นได้ถึง 140%

6. ในกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก Welch- test สามารถอธิบายได้ดีกว่า t-test

Ramsey (1980) ศึกษาเกี่ยวกับความแกร่งของการทดสอบด้วยสถิติ student' t ที่ระดับค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่าง ๆ กัน เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน ในการทดสอบ Ramsey ได้นำวิธีการของ Hsu มาประยุกต์ใช้เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ได้จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที ผลการศึกษาพบว่าในการทดสอบกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรมีค่าแตกต่างกัน ตัวสถิติทดสอบทีมีความแกร่งไม่สม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างจะเท่ากัน (NR = 1) จึงได้แนะนำให้ทำการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบทีที่ค่าระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.5 โดยไม่ต้องคำนึงว่าความแปรปรวนจะไม่เท่ากัน หากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้นั้นมีขนาดเท่ากันและมีขนาดไม่ต่ำกว่า 15 สำหรับในกรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน ควรเลือกใช้สถิติทีประยุกต์ของ Welch จะดีกว่า

จากตัวอย่างผลการวิจัยของนักวิจัยทุกท่านทั้งในประเทศ และต่างประเทศดังได้กล่าวมาพบว่ายังคงมีข้อขัดแย้งคลุมเครือเกี่ยวกับการใช้สถิติทดสอบทีเพื่อทดสอบการเท่ากันของค่าเฉลี่ยของประชากรในกรณีมีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ผู้วิจัยเห็นว่าข้อขัดแย้ง หรือความคลุมเครือเหล่านี้ควรได้รับการอธิบายให้เกิดความชัดเจนยิ่งขึ้น และขยายการศึกษาเพิ่มเติมสู่การทดสอบการเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่ม เพื่อประโยชน์แก่นักวิจัยที่ใช้สถิติทดสอบทีในการวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงกลุ่มครูผู้สอนที่นิยมทำการวิจัยเชิงทดลองในชั้นเรียน โดยการใช้สถิติทดสอบทีในการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำอธิบายที่เหมาะสมของขอบเขตการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติของค่าความเบ้และ/หรือค่าความโด่ง อันจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย ต่อครูและบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้สถิติทดสอบทีต่อไป

คำถามการวิจัย

1. การทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร เมื่อการแจกแจงข้อมูลของประชากรไม่เป็นโค้งปกติ สถิติทดสอบทีจะยังคงมีความแกร่งหรือไม่

2. ค่าความเบ้และค่าความโด่งควรมีค่าเท่าใดหรืออยู่ในช่วงใดที่ทำให้สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อการแจกแจงของประชากรไม่เป็นโค้งปกติ

2. เพื่อหาค่าความเบ้และค่าความโด่งที่เหมาะสมต่อการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีแล้วทำให้สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการจำลองข้อมูลบนคอมพิวเตอร์เพื่อหาข้อสรุปว่า เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติแล้ว สถิติทดสอบทีจะมีความแกร่งที่ค่าความเบ้ และค่าความโด่งสูงสุดเท่ากับเท่าไร หรืออยู่ในช่วงเท่าใด โดยจากการศึกษาเกี่ยวกับขอบเขตในการวิจัยของ นพมาศ อัครจันทโชติ (2539), สายทอง แจ่มใจ (2547), ประลองพล ประสงค์พร (2551), เบญจาวรรณ ทองหล่อ (2550), สถาพร ชัยบุตร (มปป), Larry (1972) และ Delaney (2000) พบว่าส่วนใหญ่มีการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างขนาดตั้งแต่ 10 ถึง 100 หน่วยตัวอย่าง ระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .01 และ .05 ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตในการวิจัยดังนี้

1. ค่าความเบ้ (Sk) = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0

2. ค่าความโด่ง (Ku) = 3, 4, 5, 6, 10

3. ขนาดกลุ่มตัวอย่าง กรณีมีประชากร 1 กลุ่ม หรือมีประชากร 2 กลุ่มและขนาดตัวอย่างเท่ากัน n_i = 10, 30, 60 และกรณีมีประชากร 2 กลุ่มขนาดตัวอย่างต่างกัน n_1 = 10, 30, 60 $n_2 = n_1 \times 130\%$ (13, 39, 78) และ $n_2 = n_1 \times 150\%$ (15, 45, 90)

4. ระดับนัยสำคัญ (Level of Significant) เท่ากับ .01 .05 และ .10

สำหรับในกรณีที่ผู้วิจัยได้นำเอาระดับนัยสำคัญเท่ากับ .10 มาทำการทดสอบร่วมด้วยเพื่อจะได้ทดสอบดูว่าลักษณะความแกร่ง และการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทีว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ Bradley ในกรณีมีการขยายระดับนัยสำคัญในการทดสอบที่ระดับนี้

5. การวิจัยครั้งนี้ใช้การศึกษาด้วยวิธีการจำลองข้อมูลตามเทคนิคมอนติคาร์โลบนเครื่องคอมพิวเตอร์จากโปรแกรม MATLAB

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ความแกร่ง (Robustness) หมายถึง ความทนทานต่อการเกิดความคลาดเคลื่อนหรือความถูกต้องในการตัดสินใจ โดยไม่ได้ไปเพิ่มโอกาสของการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ให้มากขึ้น เมื่อมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติทดสอบ ซึ่งได้แก่ การแจกแจงข้อมูลของตัวแปรที่ศึกษาไม่เป็นปกติ สิ่งที่ใช้ในการพิจารณาความแกร่งของการทดสอบคือ อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ซึ่งจะต้องมีค่าอยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley และความสามารถในการทดสอบได้ถูกต้องจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 หมายถึง ค่าผลหารของจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบที ทดสอบไม่ถูกต้องด้วยจำนวนครั้งทั้งหมดของการศึกษาในแต่ละสถานการณ์

ระดับนัยสำคัญ (Level of Significant : α) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่กำหนดเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ หรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติผู้วิจัยจะกำหนดระดับนัยสำคัญหรือระดับการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งจะนิยมกำหนดให้ $\alpha = .05$ หรือ $\alpha = .01$ โดยที่ความหมายระดับนัยสำคัญที่ .05 ก็คือโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานมี 5% ด้วยค่าความเชื่อมั่น 95% หรือระดับนัยสำคัญที่ .01 ก็คือโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานมี 1% ด้วยค่าความเชื่อมั่น 99%

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) คือ ความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ เมื่อสมมติฐานศูนย์เป็นจริง ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะแทนด้วย α (แอลฟา) เช่นเดียวกับระดับนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่นในสถานการณ์การโยนเหรียญซึ่งมีสองด้าน(ด้านหัว-ด้านก้อย) ความน่าจะเป็นที่จะขึ้นหัว $p = ½$ และความน่าจะเป็นที่จะขึ้นก้อย $q = ½$ บังเอิญในการทดลองโยนเหรียญหลายครั้งพบว่าได้จำนวนขึ้นหน้าก้อยและหัวต่างกันมาก ผลการทดสอบจึงปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ $H_0 : \mu = ½$ ดังนั้นการทดสอบจึงได้ข้อสรุปที่ตรงข้ามกับความเป็นจริงคือ เหรียญไม่เที่ยงตรง แต่ความจริงเหรียญเที่ยงตรง แสดงว่าการทดสอบครั้งนี้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ค่าความโด่ง (Kurtosis) คือ ค่าแสดงถึงรูปร่างหรือลักษณะการกระจายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขนาดความสูงของการแจกแจงของข้อมูล หรือมีลักษณะการกระจายของข้อมูลแตกต่างจากโค้งปกติมากน้อยเพียงใด ถ้าค่าความโด่งมากกว่า 3 แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายน้อย แต่ถ้าค่าความโด่งน้อยกว่า 3 แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายมาก และถ้าค่าความโด่งเท่ากับ 3 แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายปกติ

ค่าความเบ้ (Skewness) คือ ค่าแสดงการแจกแจงข้อมูลที่เป็นรูปประฆังคว่ำที่เส้นโค้งด้านซ้ายและเส้นโค้งด้านขวาไม่สมมาตรกัน ถ้าค่าความเบ้มีค่ามากกว่า 0 หางของเส้นโค้งจะทอดยาวไปทางด้านขวา หรือเบ้ไปทางขวา นั่นคือข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ถ้าความเบ้มีค่าน้อยกว่า 0 หางของเส้นโค้งจะทอดยาวไปทางด้านซ้าย หรือเบ้ไปทางซ้าย นั่นคือข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย และถ้าความเบ้มีค่าเท่ากับ 0 หางของเส้นโค้งทั้งสองด้านจะสมมาตรกัน นั่นคือข้อมูลมีการแจกแจงปกติ

การทดลองซ้ำ (simulation) หมายถึง การสมมติเหตุการณ์เสมือนจริง โดยมีเป้าหมายแน่นอน โดยใส่ค่าเข้าไปในสมการเพื่อหาคำตอบ ในที่นี้จะใช้การทดลองซ้ำจากโปรแกรม MATLAB

ตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent samples) หมายถึง ตัวอย่างสองกลุ่มที่มีการจับคู่สมาชิกทั้งสองกลุ่มเพื่อให้มีความเท่าเทียมกัน หรือกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน ตัวอย่างสองกลุ่มเกิดจากการสุ่มขึ้นมาครั้งเดียวกัน

ตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent samples) หมายถึง ตัวอย่างสองกลุ่มเกิดจากการสุ่มขึ้นมาคนละครั้ง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบขอบเขตของค่าความเบ้ และค่าความโด่งสูงสุดในการทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ แล้วสถิติทดสอบที (t-test) ยังคงมีความแกร่ง ที่ระดับความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง และชนิดของสถิติทดสอบที

2. เป็นแนวทางให้แก่นักวิจัยได้นำไปใช้ในการวางแผน ควบคุมการดำเนินการวิจัยเพื่อการใช้สถิติทดสอบทีทำการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอแนวคิด ทฤษฎี ซึ่งได้มาจากการศึกษาเอกสาร ตำราการศึกษา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยนำเสนอเป็นตอน ๆ รวมทั้งสิ้น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะการแจกแจงของกลุ่มประชากร

ตอนที่ 2 การจำลองเหตุการณ์ (Simulation)

ตอนที่ 3 โปรแกรม MATLAB

ตอนที่ 4 สถิติทดสอบที (t – test statistic)

ตอนที่ 5 เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของ Bradley

ตอนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 ลักษณะการแจกแจงของกลุ่มประชากร

การแจกแจงของกลุ่มประชากร เป็นการแจกแจงของค่าที่เราสนใจจะศึกษาจากทุกหน่วยของกลุ่มประชากร โดยมีค่าที่จะทำให้เราสามารถทราบการแจกแจงของกลุ่มประชากรอยู่ 4 ค่า ได้แก่ ค่าเฉลี่ยหรือค่ากลาง ค่าความแปรปรวน ซึ่งจะบอกลักษณะของการกระจายของกลุ่ม ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง โดยจะแบ่งการแจกแจงออกได้ 2 ลักษณะ

1. **การแจกแจงปกติ** (Normal Distribution) เป็นการแจกแจงในอุดมคติของตัวแปรที่มีลักษณะต่อเนื่อง โดยมีลักษณะสมมาตร เป็นข้อมูลที่มีการเบี่ยงหรือเอนไปทางบวกและลบเท่า ๆ กัน และมีการกระจายสม่ำเสมอ ซึ่งเส้นโค้งที่ได้จะมีลักษณะเป็นภาพระฆังคว่ำและมีความเบ้ ความโด่งพอเหมาะ การแจกแจงปกตินี้จะเห็นได้บ่อยในการวิจัยทางการศึกษาและจิตวิทยา เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง และคะแนนสอบ (สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์, เตือนใจ เกตุษา และบุญมี พันธุ์ไทย, 2545) คารลล์ เก๊าส์ ได้กำหนดสมการของการแจกแจงปกติไว้ดังนี้

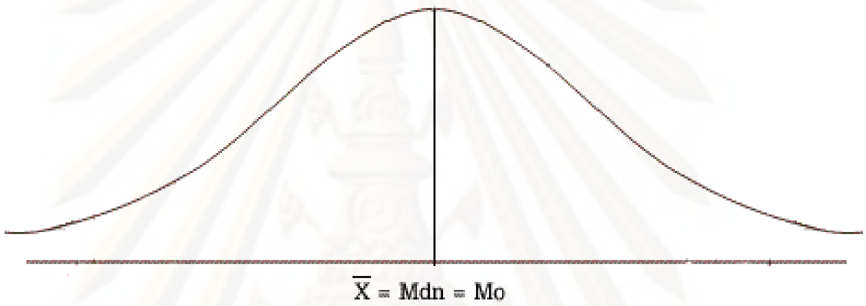
$$\int(x) = \frac{e^{\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2}}{\sigma\sqrt{2n}}, \qquad -\alpha < x < \alpha$$

เมื่อ e คือ ค่า natural logarithm ซึ่ง $\approx$ 2.71828

และ $\pi \approx$ 3.14159

คุณสมบัติของการแจกแจงปกติ

1. โค้งมีลักษณะเป็นภาพระฆังคว่ำ (Bell shape) ส่วนสูงของโค้งขึ้นอยู่กับค่าความแปรปรวน โดยถ้ามีความแปรปรวนน้อย โค้งจะสูงมาก ถ้ามีความแปรปรวนมาก โค้งจะเตี้ย
2. โค้งมีลักษณะสมมาตร (Symmetry)
3. โค้งมีจุดสูงสุดเพียงจุดเดียวและจะอยู่ตรงกลางโค้ง
4. มีค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมอยู่จุดเดียวกัน หรือเป็นค่าเดียวกันนั่นเอง

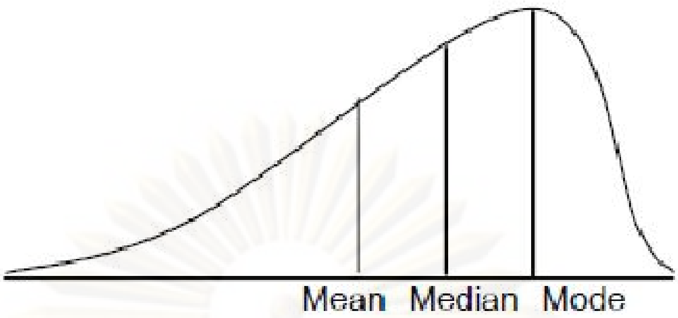


ภาพที่ 2.1 โค้งการแจกแจงปกติ

การแจกจงแบบไม่ปกติ เป็นการแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตร ข้อมูลเอนไปทางด้านบวกหรือด้านลบ ด้านใดด้านหนึ่งมากกว่า และมีการกระจายไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเส้นโค้งที่ได้จะเบี้ยวไปด้านใดด้านหนึ่งไม่ได้เป็นรูปภาพระฆังคว่ำ โดยค่าที่ส่งผลต่อการแจกแจงของประชากรมากที่สุดคือ ค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis)

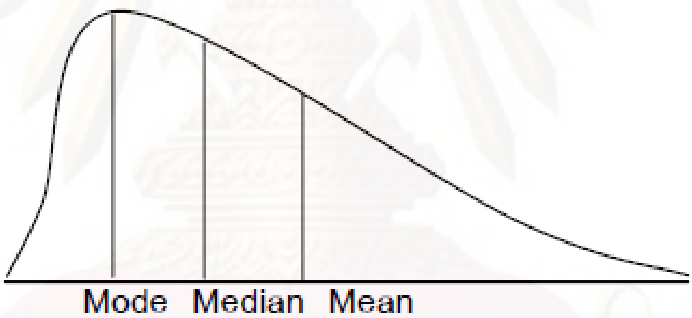
ค่าความเบ้ (Skewness) คือ ค่าขนาดความไม่สมมาตรของการแจกแจงข้อมูล เมื่อโค้งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลมีลักษณะสมมาตร (Symmetry) ถือว่าโค้งนั้นสมดุลหรือไม่เบ้ แต่ถ้าโค้งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลไม่สมมาตรถือว่าโค้งนั้นเบ้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

- เบ้ซ้าย มีค่าความเบ้เป็นลบ ลักษณะปลายเส้นโค้งทอดยาวไปทางด้านซ้ายของเส้นกึ่งกลางมากกว่าทางด้านขวา หรือมีพื้นที่ใต้โค้งทางด้านซ้ายของฐานนิยมมากกว่าพื้นที่ใต้โค้งทางด้านขวาของฐานนิยม หรือโค้งเบ้ไปทางข้อมูลมากแสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่ามาก ค่าเฉลี่ยจะมีค่าน้อยกว่าค่ามัธยฐานและค่าฐานนิยม ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โค้งการแจกแจงเบ้ซ้าย

- เบ้ขวา มีค่าความเบ้เป็นบวก ลักษณะปลายเส้นโค้งทอดยาวไปทางด้านขวาของเส้นกึ่งกลางมากกว่าทางด้านซ้าย หรือมีพื้นที่ใต้โค้งทางด้านขวาของฐานนิยมมากกว่าพื้นที่ใต้โค้งทางด้านซ้ายของฐานนิยม หรือโค้งเบ้ไปทางข้อมูลน้อยแสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าน้อย ค่าเฉลี่ยจะมีค่ามากกว่าค่ามัธยฐานและค่าฐานนิยม ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โค้งการแจกแจงเบ้ขวา

การวัดค่าความเบ้วิธีที่ดีที่สุดคือ การวัดด้วยวิธีโมเมนต์ (Moment) เพราะได้ใช้ค่าทุกค่าของข้อมูลจึงให้ค่าแน่นอนกว่าวิธีอื่น ๆ (วีนัส พีชวาณิชย์ และสมจิต วัฒนาชยกุล, 2527) โดยการคำนวณสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของความเบ้ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$a_3 = \frac{M_3}{S_3} = \frac{\sum_{I=1}^{N} (X_i - \overline{X})^3 / N}{(\sqrt{\sum_{i=1}^{N} (X_i - \overline{X})^2 / N})^3}$$

โค้งการแจกแจงปกติ มีค่า $a_3 = 0$

ถ้า $a_3 > 0$ (มีค่าเป็นบวก) แสดงว่าโค้งเบ้ขวา

ถ้า $a_3 < 0$ (มีค่าเป็นลบ) แสดงว่าโค้งเบ้ซ้าย

นอกจากวิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของความเบ้แล้ว ในการหาค่าความเบ้ของกราฟแสดงการกระจายของข้อมูลยังสามารถคำนวณได้ด้วยวิธีการที่เรียกว่าการคำนวณค่าความเบ้ (Sk) อย่างง่ายโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์ความเบ้ที่ 1 และ 2 ของ Pearson ได้ดังนี้

สูตรสัมประสิทธิ์ความเบ้ที่ 1

$$Sk = \frac{\overline{X} - Mode}{S}$$

$$Sk = \frac{3(\overline{X} - Med)}{S}$$

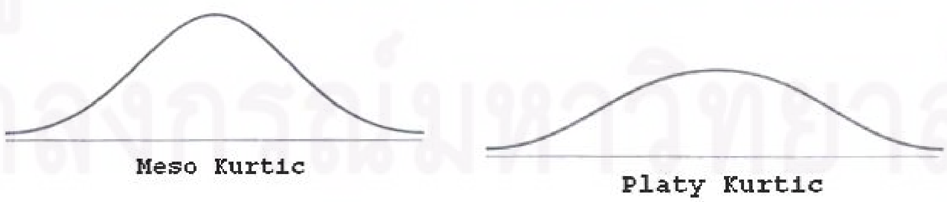
สูตรสัมประสิทธิ์ความเบ้ที่ 2

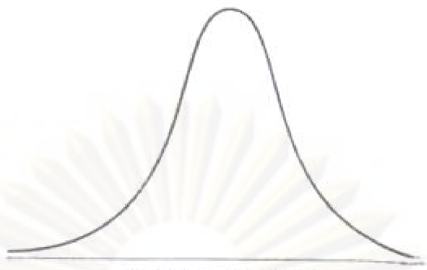
$$Sk = \frac{Q_3 - 2Q_2 + Q_1}{Q_3 - Q_1}$$

$$Sk = \frac{P_{90} - 2P_{50} + P_{10}}{P_{90} - P_{10}}$$

ค่าความโด่ง (Kurtosis) เป็นค่าที่ใช้วัดลักษณะของเส้นโค้งว่ามีความโด่งมากน้อยเพียงใด ถ้าโด่งมากแสดงว่าประชากรมีการกระจายน้อย แต่ถ้าโด่งน้อยแสดงว่าประชากรมีการกระจายมาก โดยความโด่งของการแจกแจงของประชากรมี 3 ลักษณะ คือ

- ความโด่งแบบ Mesoty kurtic เป็นเส้นโค้งที่มีความโด่งเป็นปกติ สัมประสิทธิ์ความโด่งมีค่าประมาณ 3
- ความโด่งแบบ Lepto kurtic เป็นเส้นโค้งที่มีความโด่งมากกว่าความโด่งแบบปกติ สัมประสิทธิ์ความโด่งมากกว่า 3
- ความโด่งแบบ Platy kurtic เป็นเส้นโค้งที่มีความโด่งน้อยกว่าความโด่งแบบปกติ สัมประสิทธิ์ความโด่งมีค่าน้อยกว่า 3





ภาพที่ 2.4 โค้งการแจกแจงแสดงลักษณะของกราฟที่มีลักษณะความโด่งต่างกัน

การวัดความโด่ง คือ การวัดเส้นโค้งว่ามีความโด่งมากน้อยเพียงไรนั่นเอง มีวิธีพิจารณาดังนี้ คือ

(1) Quartile และ Percentile

สัมประสิทธิ์ความโด่ง = Ku = $\frac{Q}{P_{90} - P_{10}}$

เมื่อ $Q = \frac{1}{2}(Q_3 - Q_1)$ ดังนั้น Ku = $\frac{1(Q_3 - Q_1)}{2(P_{90} - P_{10})}$

การพิจารณาความโด่ง

ถ้า K = .263 เป็นเส้นโค้งแบบ Mesoty kurtic

K > .263 เป็นเส้นโค้งแบบ Lepto Kurtic

K < .263 เป็นเส้นโค้งแบบ Platy Kurtic

(2) Moment dimensionless

การหาสัมประสิทธิ์ของความโด่งทำได้โดยอาศัยโมเมนต์ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สัญลักษณ์ α_4 แทนสัมประสิทธิ์ของความโด่ง

สัมประสิทธิ์ความโด่ง (α_4) = $\frac{m_4}{(S.D.)^4}$

โดยที่ m_4 = $\frac{\sum_{i=1}^{N} f(x_i - \bar{x})^4}{N}$

การพิจารณาความโด่ง

ถ้าเส้นโค้งมีความโด่งเป็นปกติจะได้ค่า $\alpha_4 = 3$

ถ้าเส้นโค้งมีความโด่งมากกว่าปกติจะได้ค่า $\alpha_4 > 3$

ถ้าเส้นโค้งมีความโด่งน้อยกว่าปกติจะได้ค่า $\alpha_4 < 3$

ตอนที่ 2 การจำลองเหตุการณ์ (Simulation)

การจำลองเหตุการณ์ (Simulation) คือกระบวนการทดลองสมมติเหตุการณ์และทำนายผลว่าอะไรจะเกิดขึ้น ซึ่งมีประโยชน์ในการวางแผน การวิเคราะห์และการแก้ปัญหาหรือเตรียมการแก้ปัญหา ทั้งนี้ก็ได้มีเหล่านักวิชาการหลาย ๆ ท่านได้ให้คำจำกัดความของการจำลองเหตุการณ์ไว้ ดังเช่น

Hillier and Liebeman (1980) กล่าวว่า การจำลองเหตุการณ์คือเทคนิคการทำการทดลองกับแบบจำลองของระบบกับเหตุการณ์จำลองไม่ต้องกระทำกับของจริง หรือเหตุการณ์จริง

Eppen, Goule and Schmidt (1985) กล่าวว่า การจำลองเหตุการณ์คือการสร้างเครื่องมือสำหรับการทดลอง ซึ่งจะทำงานเลียนแบบระบบของเรื่องที่สนใจได้อย่างรวดเร็วและประหยัด

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีปริมาณมาก แต่ไม่มีอยู่จริงในทางปฏิบัติผู้ที่ทำการศึกษาจึงจำเป็นต้องใช้การจำลองข้อมูลหรือสร้างข้อมูลขึ้นด้วยตนเองโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า “มอนติคาร์โลซิมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation Technique)”

การทำมอนติ คาร์โล ซิมูเลชั้น สามารถทำได้โดยการเขียนคำสั่งลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาต่าง ๆ ที่มีให้เลือกใช้อย่างหลากหลาย โปรแกรมคอมพิวเตอร์แต่ละโปรแกรมมีคุณลักษณะโดดเด่นต่างกัน มีความยากง่ายในการใช้แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเขียนคำสั่งในการจำลองข้อมูล จึงขึ้นอยู่กับความรู้ความชำนาญของผู้วิจัยเอง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม MATLAB ในการเขียนคำสั่งจำลองข้อมูลเพราะเห็นว่าเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมสูง อีกทั้งมีแหล่งข้อมูลให้ศึกษาได้สะดวก

เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล (Monte Carlo Method)

เทคนิคมอนติ คาร์โล เป็นสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์ที่อาศัยตัวเลขสุ่ม (Random Number) และความน่าจะเป็นสะสมมาสร้างตัวแปรให้เหมือนสถานการณ์จริง ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นอาจสร้างได้มาจากตารางเลขสุ่ม ลูกเต๋า วงล้อรูเล็ต หรือการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เมื่อมีการสร้างตัวแปรจากเลขสุ่มให้เหมือนสถานการณ์จริงแล้วก็จะมีการทดลองซ้ำ ๆ หลายครั้งเพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนที่จะให้เป็นข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสถานการณ์จริง (Kerlinger, 1988: 192, Krobe and Forge, 1980, Taha, 1988) หรือช่วยหาคำตอบในเรื่องราวต่าง ๆ ที่ยังไม่แน่ใจในผลที่เกิดขึ้น (Hammersley and Handscomb, 1964 อ้างใน มินตรา สมจิตต์, 2551) มีการนำมาใช้

ตั้งแต่ปี คริสตวรรษที่ 17 นำมาพัฒนาทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability Theory) ในปี ค.ศ. 1733 จอร์ส หลุยส์ เลคเลอร์ และ บุฟฟอง (Georges Louis Leciere and Comte de Buffon) ได้ทำการทดลองหาค่าพาย (π) โดยการโยนเข็มที่ยาว k หน่วย อย่างสุ่มลงบนพื้นราบที่มีเส้นขนานอยู่ โดยให้ระยะระหว่างเส้นขนานแต่ละเส้นห่างกัน d หน่วย และกำหนดให้ d>k จะได้ความน่าจะเป็นที่เข็มจะตัดกับเส้นขนานเท่ากับ $2k/\pi d$ ซึ่งถ้าความน่าจะเป็นเป็นค่าสุ่มก็จะหาค่า π ได้ (Mihram, 1972, Rubinstein, 1981, บัญชา พนเจริญสวัสดิ์, 2527, เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม, 1532)

วิธีมอนติ คาร์โล ได้รับการพัฒนาอย่างจริงจังในปี ค.ศ.1944 ซึ่งเดิมทีคำว่า “Monte carlo” (ตั้งขึ้นโดย อูลาม และ วอนนิวแมน (Ulam and Von Neumann)) เป็นชื่อรหัสลับของงานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระเบิดปรมาณู ซึ่งใช้ในการหาผลของการแพร่อย่างสุ่มของนิวตรอนในวัสดุเชื้อเพลิง เพื่อหาผลคำตอบก่อนทดลองจริง ซึ่งจะช่วยป้องกันอันตรายและช่วยลดค่าใช้จ่าย (Spence, 1983, สมชาย ยืนนาน, 1518 ; อ้างต่อใน มินตรา สมจิตต์, 2551) หลังจากนั้น ก็มีการใช้อย่างแพร่หลายและมีประโยชน์มากทางด้านความรู้เชิงทฤษฎี เช่น การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทดสอบ การศึกษาหาค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสม การศึกษาหาค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติ เป็นต้น

ขั้นตอนการใช้วิธีมอนติ คาร์โล

วิธีมอนติ คาร์โล มีขั้นตอนสำคัญสรุปได้ดังนี้

1. <u>การสร้างตัวเลขสุ่ม</u> (Generate Random Number) การสร้างตัวเลขสุ่มที่ดีนั้นจะต้องมีลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ ดังนั้น การสร้างตัวเลขแต่เดิมจึงอาศัยเครื่องมือทางกายภาพต่าง ๆ เช่น ล้อรูเล็ต การเขียนตัวเลขในแผ่นกระดาษแล้วจับฉลาก ไพ่ เป็นต้น การสร้างเครื่องมือดังกล่าวใช้ได้กับการสร้างตัวเลขสุ่มที่มีจำนวนไม่มากนัก ในกรณีที่ต้องการสร้างตัวเลขสุ่มที่มีจำนวนมาก ๆ จึงต้องหาเครื่องมือชนิดอื่นช่วยในการสร้างตัวเลขสุ่ม บริษัท RAND จึงสร้างเครื่องมือที่ใช้สร้างตัวเลขสุ่มด้วยเครื่องกำเนิดพัลส์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Pluses Generator) ซึ่งทำงานด้วยเสียง เครื่องมือดังกล่าวสามารถสร้างตัวเลขสุ่มได้เป็นล้านตัว แต่การสร้างตัวเลขสุ่มด้วยเครื่องมือทางกายภาพยังมีปัญหา 2 ประการ คือ เป็นการยากที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเลือกใช้ได้เมื่อมีความต้องการ และเป็นการยากที่จะทำให้เครื่องมือดังกล่าวสร้างตัวเลขสุ่มชุดเดียวกัน หรือถ้าจะเก็บเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาไว้ในหน่วยความจำ หรือแผ่นดิสก์เก็ต จะทำให้สูญเสียหน่วยความจำหรือเสียเวลาในการค้นหา ดังนั้นการสร้างตัวเลขสุ่มด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จึงนิยมสร้างตัวเลขสุ่มเทียม (Pseudo Random Number) โดยอาศัยสูตรทางคณิตศาสตร์ วิธีที่นิยมใช้กันมากมี 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 วิธีส่วนกลางกำลังสอง (Midsquare Method) เป็นวิธีในยุคแรก ๆ ของการสร้างตัวเลขสุ่มเทียม โดยมีขั้นตอนในการสร้างเลขสุ่มดังนี้ (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2535: 87-88)

1.1 กำหนดตัวเลขสี่หลัก

1.2 ยกกำลังสองตัวเลขที่กำหนด ถ้าเลขที่ได้ไม่เกิน 8 หลักให้เติมศูนย์นำหน้า

1.3 ใช้เลขที่หลักกลางที่ได้ในขั้นที่ 2 เป็นตัวเลขแบบสุ่ม

1.4 ยกกำลังสองของตัวเลขในข้อ 1

1.5 ทำซ้ำในข้อ 3 และข้อ 4 จนได้จำนวนตัวเลขสุ่มตามต้องการ

ตัวอย่าง กำหนดตัวเลขสี่หลักแรกเป็น X = 2519 ดำเนินตามวิธีการที่ 1 – 5

X_0 = 2519 จะได้ X^2 = 06**3453**61

X_1 = 3453 จะได้ X^2 = 11**9232**09

X_2 = 9232 จะได้ X^2 = 85**2298**24

X_3 = 2298 จะได้ X^2 = 05**2808**04

X_4 = 2808 จะได้ X^2 = 07**8848**64

X_5 = 8848 ฯลฯ

จะได้ตัวเลขสุ่ม คือ 2519, 2453, 9332, 2298, 2808, 8848,....

การสร้างตัวเลขสุ่มด้วยวิธีส่วนกลางกำลังสองนี้มีจุดด้อยเนื่องจากไม่ทราบช่วงของตัวเลขสุ่มที่จะหมุนกลับมาซ้ำเดิมอีก และถ้ากำหนดตัวเลขเริ่มแรกไม่เหมาะสม จะทำให้ได้ตัวเลขสุ่มที่ไม่เป็นแบบสุ่ม เช่น ถ้าลักษณะตัวเลขสุ่มตัวแรกเป็น X = 2500

X_0 = 2500 จะได้ X^2 = 06**2500**00

X_1 = 2500 จะได้ X^2 = 06**2500**00

X_2 = 2500 จะได้ X^2 = 06**2500**00

X_3 = 2500 จะได้ X^2 = 06**2500**00

X_4 = 2500 จะได้ X^2 = 06**2500**00

X_5 = 2500 ฯลฯ

วิธีที่ 2 วิธีเศษเหลือ (Congruent Method) วิธีเศษเหลือที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือการใช้เศษเหลือของผลคูณ (Multiplicative Method) ซึ่งใช้สูตร ดังนี้

$X_{i+1} = aX_i / m$

โดยที่ a, m เป็นจำนวนเต็มที่มากกว่า 0

วิธีการคือ กำหนดค่าเริ่มต้น สมมติให้เท่ากับ X_0 นำค่า X_0 คูณด้วยค่าคงที่ a แล้วหารด้วย m เศษเหลือจากการหารคือ ตัวเลขที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น ให้ a = 3, m = 10 และให้ $X_0 = 2$

$X_0 = 2$

$X_1 = (3*2) / 10 = 6$

$X_2 = (3*6) / 10 = 8$

$X_3 = (3*8) / 10 = 4$

$X_4 = (3*4) / 10 = 2$

$X_5 = (3*2) / 10 = 6$

จะได้เลขสุ่มคือ 6, 8, 4, 2, 6,... จะเห็นว่าเลขสุ่มเริ่มวนกลับมาเลขเดิมเร็วเกินไป ดังนั้นในทางปฏิบัติเมื่อใช้คอมพิวเตอร์จึงนิยมกระทำดังนี้

1. กำหนดตัวเลขสุ่มใด ๆ ที่น้อยกว่า 9 หลักให้เป็น X_0 โดยปกติถ้าเป็นคอมพิวเตอร์ฐานสอง X_0 จะให้เลขคี่ที่เป็นบวก และคอมพิวเตอร์ฐานสิบ X_0 จะให้เป็นเลขบวกที่หารด้วย 2 และ 5 ไม่ลงตัว

2. คูณเลขในข้อ 1.) ด้วยค่า a โดยที่ a ไม่ควรมีค่าน้อยกว่า 5 หลัก ซึ่งปกติแล้วจะกำหนดค่า a ดังนี้

$a = 8T \pm 3$ กรณีใช้คอมพิวเตอร์ฐานสอง

$a = 200T \pm Q$ กรณีใช้คอมพิวเตอร์ฐานสิบ

เมื่อ T คือจำนวนใด ๆ ที่มากกว่า 0

Q คือค่าใดค่าหนึ่งดังต่อไปนี้ $\pm$(3, 11, 13, 19, 21, 27, 29, 37, 53, 59, 61, 67, 77, 83, หรือ 91)

3. คูณผลลัพธ์ในข้อ 2.) ด้วย 1/m โดยปกติค่า m จะหาได้จาก

$m = 2^b$ กรณีใช้คอมพิวเตอร์ฐานสอง

$m = 10^d$ กรณีใช้คอมพิวเตอร์ฐานสิบ

เมื่อ b คือ จำนวนบิท (bits) ใน 1 คำ (Word)

d คือ จำนวนหลักใน 1 คำ (Word)

4. เลือกใช้ตัวเลขหลังทศนิยมของเลขที่ได้ในข้อ 3) เป็นตัวเลขสุ่มที่ต้องการ

5. ตัดจุดทศนิยมออกจากตัวเลขในข้อ 4) แล้วดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2)

6. ทำซ้ำในขั้นที่ 2) ถึง 5) จนกว่าจะได้จำนวนตัวเลขสุ่มมากเท่าที่ต้องการ

(ต่าย เชี่ยงฉี, 2534: 65 – 66)

คุณสมบัติของตัวเลขสุ่มที่ดี

คุณสมบัติที่ใช้ในการพิจารณาว่า การสร้างตัวเลขสุ่มนั้น เหมาะสมหรือดีเพียงใดมีดังนี้

1. ตัวเลขที่ได้ต้องมีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นสม่ำเสมอ
2. ตัวเลขที่ได้ต้องเป็นอิสระจากกัน
3. อนุกรมของตัวเลขที่ได้ต้องสามารถสร้างซ้ำเดิมได้ (Reproducible)
4. ขนาดความยาวของอนุกรมตัวเลขต้องยาวเพียงพอสำหรับการใช้งาน
5. ต้องใช้เวลาสั้น ๆ ในการสร้างตัวเลขสุ่ม
6. ต้องใช้หน่วยความจำคอมพิวเตอร์น้อย

ในปัจจุบันมีวิธีการหลากหลายในการสร้างตัวเลขสุ่มเทียม รวมทั้งมีโปรแกรมสำเร็จรูปให้เรียกใช้จากคอมพิวเตอร์ได้เลยโดยผู้ใช้ไม่ต้องสร้างโปรแกรมเอง

2. <u>การนำตัวเลขสุ่มมาประยุกต์ใช้</u>กับการแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นขั้นตอนของการนำตัวเลขสุ่มไปสร้างเป็นตัวแปรตามลักษณะของการแจกแจงของปัญหาที่จะศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลของปัญหานั้น เช่น สร้างตัวเลขสุ่มขึ้นมาจากจำนวนหนึ่ง แล้วนำเลขสุ่มนั้นไปสร้างเป็นคะแนนของตัวแปรของปัญหาที่จะศึกษา

3. <u>ทำการทดลองซ้ำ</u>หลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของปัญหาที่ศึกษานั้นหรือสรุปเป็นความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ในปัญหานั้น

จุดเด่นของการใช้เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล

เนื่องจากเทคนิควิธี มอนติ คาร์โล จะใช้ตัวเลขสุ่มเป็นพื้นฐานในการสร้างตัวแปรของปัญหาโดยอาศัยทฤษฎี สูตร หรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ และมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ซึ่งนับว่ามีประโยชน์ที่สำคัญ ดังนี้

1. เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล สามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนและสามารถสังเกตได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังสามารถทำการทดลองซ้ำภายใต้สภาพแวดล้อมเดิมหลาย ๆ ครั้งได้ ส่วนในการทดลองจริงนั้นทำไม่ได้เพราะ ไม่สามารถรักษาสภาพแวดล้อมให้เหมือนเดิมทุกครั้งได้เมื่อเวลาได้เปลี่ยนไป

2. เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล ถ้ามีทฤษฎี สูตร หรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ถูกต้องรองรับในการสร้างตัวแปรของปัญหาในการทดลองแล้ว จะให้ผลที่ได้ถูกต้องแม่นยำกว่า เมื่อใช้ทดลองในสถานการณ์จริง ทั้งนี้เพราะสามารถลดตัวแปรแทรกซ้อนที่เป็นในเชิงจิตวิทยาได้

3. ทำให้สิ้นเปลืองเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองในสถานการณ์จริง

(ต่าย เซี่ยงฉี, 2534: 68)

ตอนที่ 3 โปรแกรม MATLAB

MATLAB ย่อมาจาก matrix laboratory เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High-level Language) พัฒนาขึ้นโดยบริษัท MathWorks Inc. เพื่อใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลข กราฟิกที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อให้มองภาพพจน์ได้ง่ายและชัดเจน ง่ายต่อการใช้งาน มีความรวดเร็ว และการเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยาก เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง และเป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อความเข้าใจ การเขียนโปรแกรมไม่ซับซ้อน และเมื่อนำไปใช้งานแล้วสามารถเห็นผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็ว และปัจจุบันก็กำลังได้รับความนิยมถูกนำไปใช้งานกันอย่างกว้างขวางในสาขาต่าง ๆ

โครงสร้างของ MATLAB

โครงสร้างของโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วย 5 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ภาษาโปรแกรม MATLAB เป็นภาษาโปรแกรมชั้นสูงที่ใช้ควบคุม flow statements ฟังก์ชัน โครงสร้างข้อมูล อินพุท/เอ้าท์พุท และลักษณะโปรแกรม Object-Oriented Programming ทำให้การเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่น ๆ

2. สถาปัตยกรรมในการทำงานของ MATLAB มีกลุ่มเครื่องมือที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำงานของผู้ใช้โปรแกรม หรือโปรแกรมเมอร์ ประโยชน์ที่กล่าวคือการจัดการตัวแปรใน workspace การนำข้อมูลหรือการผ่านค่าตัวแปรเข้า ออก และกลุ่มเครื่องมือต่าง ๆ นี้ก็จะใช้สำหรับพัฒนา จัดการ ตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้น

3. ฟังก์ชันในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ มีไลบรารีทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณอย่างกว้างสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นฟังก์ชั่นหรือไลบรารีเพิ่มเติมขึ้นจากไลบรารีที่ใช้กันโดยทั่วไป

4. Handle Graphics ระบบกราฟฟิคของ MATLAB จะประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงสำหรับการพล็อตกราฟโดยมีพื้นฐานอยู่บนแนวความคิดที่ว่าทุก ๆ สิ่งบนหน้าต่างรูปภาพของโปรแกรมจะเป็นวัตถุซึ่งมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว Handle Graphics ประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงไว้เลือกใช้ในการสร้าง Graphic User Interface บนพื้นฐานการประยุกต์ใช้งาน และยังมีฟังก์ชั่นสำหรับการแสดงภาพสองมิติ ภาพสามมิติและการสร้างภาพเคลื่อนไหว

5. The MATLAB Application Program Interface (API) ใช้เพื่อสนับสนุนการติดต่อจากภายนอกโดยใช้โปรแกรมเป็น max ไฟล์ซึ่งเป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นโดยใช้ max ฟังก์ชั่นใน MATLAB ซึ่งจะเรียกใช้รูทีนจากโปรแกรมภาษา C และ Fortran

ข้อดีของโปรแกรม MATLAB

ลักษณะเด่นที่ง่ายต่อการใช้งานของโปรแกรม MATLAB มีดังนี้

1. มีฟังก์ชั่นคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้ในการคำนวณมากมายตลอดจนเราสามารถสร้างฟังก์ชั่นขึ้นมาใช้งานได้เองในสาขาที่ต้องการ

2. Algorithm พัฒนาได้ง่ายไม่ยุ่งยาก สามารถแก้ไขปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ง่าย และรวดเร็วกว่าโปรแกรมภาษาอื่น ๆ

3. มีโครงสร้างแบบจำลองซึ่งเป็น package ที่เรานำไปสร้างบล็อกไดอะแกรมเพื่อใช้ทดสอบ และประเมินผลระบบ Dynamic ต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้งานจริง

4. สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว

5. นำไปใช้ในงานทางด้านกราฟฟิคได้เป็นอย่างดีทั้งในด้านการแสดงภาพตั้งแต่สองมิติที่เป็น rectangular polar stair bar รวมทั้งภาพสามมิติในรูปแบบพื้นผิว (surface) และระดับสูงต่ำ (contour) ตลอดจนสามารถนำภาพมาต่อกัน และเก็บไว้เพื่อที่จะสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย

6. ประยุกต์ใช้ในการสร้างรูปแบบ Graphical User Interface ได้โดยการเลือกใช้ Object และเมนูต่าง ๆ โดยโปรแกรม MATLAB จะมีเครื่องมือให้เลือกใช้ เช่น เมนู รายการ ปุ่มกด และ fieds object ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกนำไปใช้ในการทำงานปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

7. ทำการประมวลผลร่วมกับโปรแกรมอื่นได้ ด้วยการเขียนฟังก์ชั่นที่เป็น max ไฟล์ โดยโปรแกรม MATLAB จะเรียกใช้รูทีนจากโปรแกรมภาษา C และ Fortran

ตัวดำเนินการและคำสั่งสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

1. ตัวดำเนินการเครื่องหมาย

ลักษณะการดำเนินการ	ตัวดำเนินการ	รูปแบบทางคณิตศาสตร์	รูปแบบทาง MATLAB
การบวก	+	a+b	a+b
การลบ	-	a-b	a-b
การคูณ	*	axb	a*b
การคูณเชิงสมาชิก	.*	-	a.*b
การหารทางขวา	/	a/b	a/b
การหารทางซ้าย	\	b/a	a\b
การหารเชิงสมาชิก	./	-	a./b
การยกกำลัง	Ab	ab	a^b
การยกกำลังเชิงสมาชิก	A.b	-	a.^b

2. ตัวดำเนินการเปรียบเทียบ

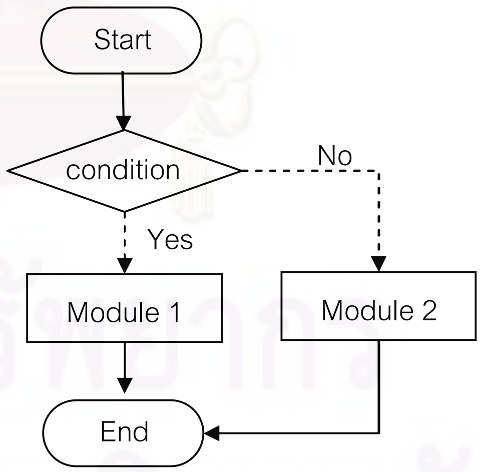
ลักษณะดำเนินการ	ตัวดำเนินการเปรียบเทียบและตรรกะ	ตัวอย่าง
น้อยกว่า	<	x<10
น้อยกว่าหรือเท่ากับ	<=	x<=10
มากกว่า	>	x>10
มากกว่าหรือเท่ากับ	>=	x>=10
เท่ากับ	=	x==1
ไม่เท่ากับ	~=	x~=5

3. คำสั่งที่เกี่ยวข้อง

3.1 คำสั่ง if หรือคำสั่งโครงสร้างแบบมีเงื่อนไข เป็นคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมให้มีการเลือกทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยแบ่งรูปแบบคำสั่งออกเป็น 3 ชนิดคือ 1)เลือกทำหรือไม่ทำ 2)เลือกทำอย่างใดอย่างหนึ่งจาก 2 โครงสร้าง 3)เลือกทำอย่างใดอย่างหนึ่งจากหลายโครงสร้าง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้คำสั่ง if แบบเลือกทำอย่างใดอย่างหนึ่งจาก 2 โครงสร้าง ซึ่งมีรูปแบบการเขียนคำสั่งและโครงสร้างลำดับการทำงานดังแผนภาพที่ 2.5 ด้านล่าง

```
If          Condition
            Module 1
else
            Module 2
end
```

คำสั่ง



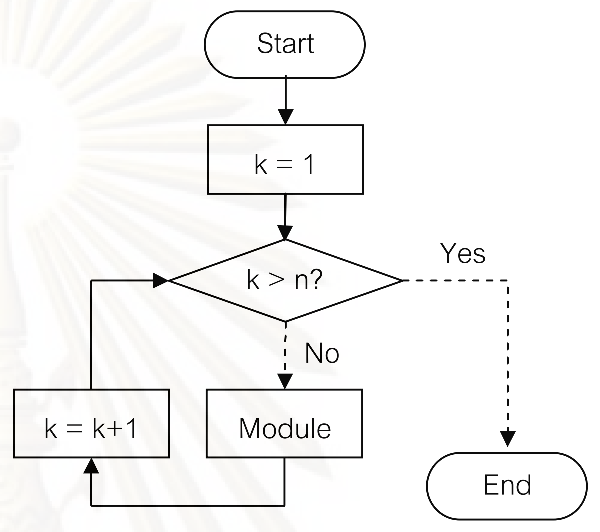
โครงสร้างลำดับการทำงาน

แผนภาพที่ 2.5 รูปแบบการเขียนและโครงสร้างลำดับการทำงานของคำสั่ง if

3.2 คำสั่ง for เป็นรูปแบบคำสั่งหนึ่งจาก 2 แบบ (คำสั่ง for และคำสั่ง while) ของโครงสร้างการทำงานแบบซ้ำโดยการกำหนดจำนวนรอบที่แน่นอนในการกระทำ ซึ่งมีรูปแบบการเขียนคำสั่งและโครงสร้างลำดับการทำงานดังแผนภาพที่ 2.6 ด้านล่าง

```
for     k = 1 : n
        Module
end
```

คำสั่ง



โครงสร้างลำดับการทำงาน

แผนภาพที่ 2.6 รูปแบบการเขียนและโครงสร้างลำดับการทำงานของคำสั่ง for

3.3 คำสั่ง sum เป็นคำสั่งที่ใช้เพื่อการหาผลรวมของค่าตัวเลขทั้งหมดที่อยู่ภายในอาเรย์เดียวกัน มีรูปแบบการเขียนคำสั่งคือ name = sum(A) เมื่อ name เป็นชื่อตัวแปรของค่าคำตอบที่ได้จากการหาผลรวมของค่าตัวเลขที่อยู่ภายในอาเรย์ A

3.4 คำสั่ง pearsrnd (ย่อมาจากคำว่า Pearson system random numbers) เป็นคำสั่งที่ใช้เพื่อการจำลองข้อมูล มีรูปแบบการเขียนคำสั่งทั้งหมด 3 รูปแบบ สำหรับรูปแบบคำสั่งที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการศึกษาในครั้งนี้คือ

r = pearsrnd(mu,sigma,skew,kurt,m,n)

เมื่อ r คืออาเรย์หรือเมตริกส์ของกลุ่มตัวอย่างสุ่มที่ได้จากการจำลองข้อมูล

mu คือค่าเฉลี่ยประชากรที่ต้องการ

sigma คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประชากรที่ต้องการ

skew คือค่าความเบ้ประชากรที่ต้องการ

kurt คือค่าความโด่งประชากรที่ต้องการ

m,n คือค่าขนาดเมตริกส์ที่ใช้ในการค่ากลุ่มตัวอย่างสุ่มที่ได้จากการจำลองข้อมูลซึ่งมีขนาดเท่ากับตัวแปร r

3.5 คำสั่ง ttest เป็นคำสั่งทางด้านสถิติที่ใช้เพื่อการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากรเมื่อมีประชากร 1 กลุ่มหรือเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า One sample t-test หรือ Paired sample t-test ตามลำดับ โดยรูปแบบคำสั่งที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการศึกษามีดังนี้

3.5.1 h = ttest(x,m,alpha) สำหรับการทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ กันแบบสองหาง

3.5.2 h = ttest(x,y,alpha) สำหรับการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน ที่ระดับนัยสำคัญต่าง ๆ กันแบบสองหาง

เมื่อ h คือผลการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร โดยโปรแกรมกำหนดการแสดงผลการทดสอบเป็นตัวเลข 2 ตัว คือ “0” หมายถึงค่าเฉลี่ยประชากรมีค่าเท่ากับที่คาดหวังหรืออีกนัยหนึ่งคือผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานศูนย์ และ “1” หมายถึงค่าเฉลี่ยประชากรมีค่าแตกต่างจากที่คาดหวังหรือผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานทางเลือก

x,y คือเวคเตอร์ของกลุ่มตัวอย่างสุ่มที่ต้องการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร

m คือค่าเฉลี่ยประชากรที่ต้องการทดสอบ

alpha คือค่าระดับนัยสำคัญที่ต้องการทดสอบ

3.6 คำสั่ง ttest2 เป็นคำสั่งทางด้านสถิติที่ใช้เพื่อการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากรอีกคำสั่งหนึ่งแต่ใช้เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกันหรือที่เรียกว่า การทดสอบแบบ Independent sample t-test โดยรูปแบบคำสั่งที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการศึกษาคือ h = ttest2(x,y,alpha)

ตอนที่ 4 สถิติทดสอบที (t – test Statistic)

สถิติทดสอบที (t-test Statistic) มีชื่อที่เป็นที่รู้จักกันดีอีกอย่างว่า สติวเดนท์ที (Student t-test) เป็นสถิติทดสอบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยนักสถิติชื่อ W.S. Gosset เขาใช้นามปากกาว่า “Student” เขาได้พัฒนาการทดสอบค่าเฉลี่ยจากการใช้ Z – test มาเป็นใช้ t – test แทน โดยใช้ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมาประมาณค่าความแปรปรวนของกลุ่มประชากร ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{n-1}$$

เมื่อ n – 1 คือ degree of freedom ของความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง

สถิติทดสอบทีตามทฤษฎีกำหนดให้ใช้เมื่อกลุ่มตัวอย่าง มีขนาดเล็ก($n < 30$) และไม่ทราบค่าความแปรปรวน (σ^2) ของกลุ่มประชากร ซึ่งในความเป็นจริงแล้วค่าความแปรปรวน (σ^2) ของกลุ่มประชากรนั้นมีโอกาสที่จะทราบได้น้อยมาก เพราะกลุ่มประชากรมีขนาดใหญ่มาก จึงทำให้สถิติทดสอบทีสามารถนำไปใช้ได้เป็นส่วนใหญ่ (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และสินทร ศิลา, 2547) โดยการนำไปใช้สามารถจำแนกได้ 3 กรณี คือ

1. การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม (One Sample t – test)

2. การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent – Two Samples t – test)

3. การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Paired – Samples t – test)

โดยในการทดสอบของแต่ละกรณี มีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม (One Sample t-test)

การทดสอบนี้ใช้ได้กับข้อมูลในมาตรอันตรภาค (Interval) หรือมาตรอัตราส่วน (Ratio) โดยจะมีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างมา 1 กลุ่ม จากประชากรแล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ($\overline{X}$) กลุ่มนี้ นำไปเปรียบเทียบกับค่าใดค่าหนึ่งใน 2 ค่านี้คือ (1) ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรที่รู้ค่าแล้ว หรือ (2) ค่าตัวเลขค่าหนึ่งที่ผู้วิจัยถือว่าเป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรแล้ว ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติเป็นค่าเดียวกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรหรือไม่

สถิติทดสอบที่ใช้

กรณี $\mu_0 = 0$

$$t = \frac{\overline{X}}{S/\sqrt{n}} \quad ; \quad df = n-1$$

กรณี $\mu_0 \neq 0$

$$t = \frac{\overline{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \quad ; \quad df = n-1$$

ค่า t มีการแจกแจงที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่า t – distribution หรือ Student – t – distribution เป็นลักษณะหนึ่งของการแจกแจง ซึ่งโค้งที่ได้จากการแจกแจงจะมีรูปต่าง ๆ กันไปขึ้นอยู่กับค่าของชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom ; df) ซึ่งจะมีผลเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่การแจกแจงทีจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับการแจกแจงปกติ (Normal distribution)

<u>ลักษณะงานวิจัยที่ใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มประชากร 1 กลุ่ม</u>

งานวิจัยทางสังคมศาสตร์ที่ใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มประชากร 1 กลุ่มมักจะเป็นงานวิจัยที่มีการหาค่าเฉลี่ยและต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่หาได้กับค่าใดค่าหนึ่ง เช่น (1) เพื่อศึกษาว่านักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 มีความสามารถในการอ่านอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ (2) เพื่อศึกษาว่าน้ำหนักเฉลี่ยของทารกแรกเกิดถึงเกณฑ์น้ำหนักมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ เป็นต้น

2. การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent – Samples t – test)

การทดสอบลักษณะนี้จะต้องมีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกัน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มจากกลุ่มประชากร ซึ่งในการสุ่มให้ได้กลุ่มตัวอย่างมานั้น อาจได้มาด้วยการสุ่มที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 วิธี คือ

1. มีกลุ่มที่ต้องการศึกษา (Subjects) กลุ่มใหญ่ 1 กลุ่ม แล้วสุ่มแยกเป็น 2 กลุ่มย่อย (Subgroup) เช่น สุ่มแยกเป็นกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มนี้จะถือเป็นกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent samples)
2. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มถูกสุ่มมาจากประชากรแต่ละกลุ่ม
3. จำแนกกลุ่มตัวอย่างตามตัวแปรอิสระที่ศึกษา เช่น เพศ ชั้นปี ฯลฯ

<u>สถิติทดสอบที่ใช้</u>

สถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกันสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 กรณีคือ

1. เมื่อความแปรปรวนของประชากรมีค่าเท่ากัน ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)

กรณี $\mu_1 = \mu_2$

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{S_p^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

กรณี $\mu_1 \neq \mu_2$

$$t = \frac{(\overline{x_1} - \overline{x_2}) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_p^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$df = N - k$ หรือ $df = n_1 + n_2 - 2$

เมื่อ S_p^2 คือ pooled variance และคำนวณดังนี้

$$S_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1}(x_{1i} - \bar{x}_1)^2 + \sum_{i=1}^{n_2}(x_{2i} - \bar{x}_2)^2}{N - k}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

2. เมื่อความแปรปรวนของกลุ่มประชากรมีค่าไม่เท่ากัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$)

กรณี $\mu_1 = \mu_2$

$$t = \frac{(\overline{x_1} - \overline{x_2})}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

กรณี $\mu_1 \neq \mu_2$

$$t = \frac{(\overline{x_1} - \overline{x_2}) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

เมื่อ df = $\frac{(S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2)^2}{\left[(S_1^2/n_1)^2/n_1 - 1\right] + \left[(S_2^2/n_2)^2/n_2 - 1\right]}$

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1}(x_{1i} - \bar{x}_1)^2}{n_1 - 1} \quad \text{และ} \quad S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_2}(x_{2i} - \bar{x}_2)^2}{n_2 - 1}$$

<u>หลักเกณฑ์การพิจารณางานวิจัยที่ต้องทำการทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม เป็นอิสระจากกัน</u>

1. ต้องเป็นงานวิจัยที่มุ่งการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นในกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม
2. กลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษานั้นเป็นอิสระจากกัน
3. ในความมุ่งหมายนั้น ๆ จะต้องมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 2 ตัว คือ ตัวแปรอิสระ 1 ตัว อยู่ในมาตรการวัดระดับนามบัญญัติ (Nominal) หรือระดับเรียงอันดับ (Ordinal) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท เช่น เพศหญิง เพศชาย วิธีสอนแบบ ก. วิธีสอนแบบ ข. เป็นต้น และตัวแปรตาม 1 ตัว อยู่ในมาตรการวัดระดับอันตรภาค (Interval) หรือระดับอัตราส่วน (Ratio) เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน น้ำหนักของนักเรียน ส่วนสูงของนักเรียน เป็นต้น
4. การพิจารณาว่าควรเลือกการทดสอบในกรณีความแปรปรวนเท่าหรือไม่เท่ากันนั้น ได้มีผู้เสนอข้อสังเกตไว้ว่า (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550: 156) ถ้า $n_1 = n_2$ สามารถเลือกใช้สถิติทดสอบในกรณีความแปรปรวนของกลุ่มประชากรเท่ากันได้ โดยไม่ต้องทดสอบความแปรปรวนด้วย F – test แต่ถ้า $n_1 \neq n_2$ ต้องทำการทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มประชากรด้วย F – test ก่อนตัดสินใจเลือกใช้สถิติทดสอบ

3. การทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ไม่เป็นอิสระจากกัน (Paired sample t–test)

กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกันมีได้หลายลักษณะ ซึ่งพอจะจัดเป็นลักษณะใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

ลักษณะที่ 1 มีกลุ่มตัวอย่างเพียงหนึ่งกลุ่มแต่เก็บข้อมูล 2 ครั้ง โดยทั่วไปมักจะพบในการวิจัยที่ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ "One – group Pretest – Posttest design" เป็นการเก็บข้อมูล 2 ครั้งจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน

ลักษณะที่ 2 มีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ซึ่งมีคุณลักษณะที่สำคัญบางประการเหมือนกันเป็นคู่ ๆ (Matched samples) เช่น กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม สุ่มได้จากคู่ฝาแฝด ให้กลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง อีกกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม (Kohout, 1974: 351)

ลักษณะที่ 3 มีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด (Chase. 1968: 152) เช่น การเปรียบเทียบทัศนะคติต่อการเมืองระหว่างสามีกับภรรยา การเปรียบเทียบสถิติปัญญาระหว่างบิดากับบุตร เป็นต้น

<u>สถิติทดสอบที่ใช้</u>

$$t = \frac{\overline{d}}{S_d / \sqrt{n}} \qquad , df = n - 1$$

เมื่อ $$S_d^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (d_i - \overline{d})^2}{n - 1}$$

$d_i = X_{1i} - X_{2i}$

n = จำนวนคู่

ขั้นตอนในการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที

1. ตั้งสมมติฐานทางสถิติ H_0 และ H_1 ซึ่งมีได้ 3 ลักษณะ

ลักษณะที่ 1 $H_0: \mu = \mu_0$

$H_1: \mu \neq \mu_0$

ลักษณะที่ 2 $H_0: \mu = \mu_0$ หรือ $H_0: \mu \leq \mu_0$

$H_1: \mu > \mu_0$ $\qquad$ $H_1: \mu > \mu_0$

ลักษณะที่ 3 $H_0: \mu = \mu_0$ หรือ $H_0: \mu \geq \mu_0$

$H_1: \mu < \mu_0$ $\qquad$ $H_1: \mu < \mu_0$

ในการทดสอบครั้งหนึ่ง ๆ จะตั้งเพียงลักษณะใดลักษณะหนึ่งที่สอดคล้องกับงานวิจัยของผู้วิจัย หรือตามที่โจทย์สถิติกำหนดให้

2. กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ต้องการทดสอบ (α)

3. พิจารณาเลือกตัวสถิติทีที่เหมาะสมกับข้อมูล และคำนวณค่า t จากสูตร

4. หาค่า t จากตาราง โดยใช้ค่า α และ df ประกอบ

5. เปรียบเทียบค่า t ที่คำนวณได้กับค่า t ที่ได้จากตาราง

6. สรุปผลการทดสอบ ซึ่งจะเป็นกรณีใดกรณีหนึ่งใน 2 กรณีคือ

6.1 ยอมรับ H_0 (Accept H_0)

6.2 ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 (Reject H_0 Accept H_1)

ข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับสถิติทดสอบที

1. กลุ่มตัวอย่างได้รับการสุ่มมาจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

2. ข้อมูลหรือค่าของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิจัยนั้นต้องได้มาจากการสุ่มอย่างแท้จริง หรืออีกนัยหนึ่งคือข้อมูลหรือค่าของหน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยต้องเป็นอิสระจากกัน (Random Sampling)

3. ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของกลุ่มประชากร

ตอนที่ 5 เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของ Bradley

ความแกร่ง (Robustness) นับเป็นคุณสมบัติสำคัญต่อการทดสอบทางสถิติซึ่งแสดงให้ทราบว่าสถิติทดสอบนั้นจะไม่แสดงความไว (Sensitive) เมื่อมีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบนั้น ซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) จึงต้องพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ โดยการเปรียบเทียบค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ได้จากการทดลอง ($\hat{\alpha}$) ว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญในการทดสอบ (α) เท่ากับ .01, .05 และ .10 ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะใช้เกณฑ์ของ Bradley (1978 : อ้างถึงใน สุพัตรา ชะมะบูรณ์, 2546: 37) เนื่องจากช่วงเกณฑ์ของ Bradley มีค่าตำแหน่งกลางเท่ากับระดับนัยสำคัญในการทดสอบ (α) สอดคล้องกับคำกล่าวของคณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กล่าวไว้ในวันสอบโครงร่าง

วิทยานิพนธ์ว่า “ผลการทดสอบทางสถิติที่ดีประการหนึ่งคือ ควรมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบเท่ากับระดับนัยสำคัญในการทดสอบ” โดยเกณฑ์ของ Bradley มีรายละเอียดดังนี้

ถ้าค่า $\hat{\alpha}$ เป็นอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดจากการทดลอง เมื่อ $\hat{\alpha}$ อยู่ในช่วง ($.5\alpha$ -1.5α) จะถือว่าการทดสอบนั้นสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ หมายความว่า

ที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .01 ค่า $\hat{\alpha}$ จะต้องอยู่ในช่วง (.005 - .015)

ที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .05 ค่า $\hat{\alpha}$ จะต้องอยู่ในช่วง (.025 - .075)

ที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .10 ค่า $\hat{\alpha}$ จะต้องอยู่ในช่วง (.05 - .15)

จึงจะถือว่าการทดสอบนั้นสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

จากผลการทดลองถ้าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบอยู่นอกขอบเขตที่ระบุจะถือว่าการทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ซึ่งแยกเป็น 2 กรณีคือ

1. กรณีที่ค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่ามากกว่าขอบเขตบนของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ระบุ ($\hat{\alpha} > \alpha$)

2. กรณีที่ค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่ามากกว่าขอบเขตล่างของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ระบุ ($\hat{\alpha} < \alpha$)

ส่วนกรณีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จะถือว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระบุ ($\hat{\alpha} = \alpha$)

ตอนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นภัสวรรณ ชาติวัฒนานนท์ (2540) ได้ทำการศึกษาหาขนาดตัวอย่างสำหรับตัวสถิติทดสอบทีของหนึ่งประชากร กรณีไม่ทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร และประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติ คือ การแจกแจงเอกรูป การแจกแจงโลจิสติค การแจกแจงที การแจกแจงไคกำลังสอง การแจกแจงลอกนอร์มัล และการแจกแจงแลมดาของตูร์กี ซึ่งการแจกแจงดังกล่าวได้กำหนดโดยการใช้ค่าความเบ้ และสัมประสิทธิ์ความโด่ง เกณฑ์ที่ใช้สำหรับพิจารณาการวิจัย คือ ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01, .05 และ .10 ผลการวิจัยพบว่า (1) เมื่อสัมประสิทธิ์ความโด่งของการแจกแจงประชากรใกล้เคียงปกติ และประชากรมีการแจกแจงที่ใกล้สมมาตร จะได้ว่าขนาด

ตัวอย่าง n มีค่าประมาณ 22 ที่สามารถประมาณการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบที ด้วยการแจกแจงทีได้ ทั้งนี้ ถ้าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่ามากกว่า .2 จะได้ว่าขนาดตัวอย่าง n ควรมีค่ามากขึ้น (2)เมื่อสัมประสิทธิ์ความโด่งของการแจกแจงประชากรมากกว่าปกติ การแจกแจงของตัวสถิติทดสอบทีจะลู่เข้าสู่การแจกแจงทีได้เร็ว ซึ่งถ้าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าใกล้ 0 จะได้ว่าขนาดตัวอย่าง n มีค่าประมาณ 20 ทั้งนี้ถ้าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่ามากกว่า .2 จะได้ว่าขนาดตัวอย่าง n ควรมีค่ามากขึ้น และ (3) เมื่อประชากรมีการแจกแจงที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติจะสามารถประมาณการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบทีด้วยการแจกแจงทีได้ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่าง n ที่มากพอ

ธนากร อนันต์สิทธินนท์ (2545) ได้ศึกษาเพื่อหาขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ และแบบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ ได้แก่ การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงเบตา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงที ในการหาขนาดตัวอย่างจะทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากจากการทดลองกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด แต่ถ้าขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมมีค่าเท่ากันในสถานการณ์เดียวกัน จะเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นแทน ผลการวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า (1) ประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติ และไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้ในช่วง 0 -.2 ขนาดตัวอย่าง 19 – 32 ใช้ตัวสถิติ T และขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 33 ขึ้นไปใช้ตัวสถิติ Z แต่เมื่อระดับความเชื่อมั่นกับ ค่าความเบ้ลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณตัวสถิติทั้งสองลดลง (2) ค่าความเบ้จะส่งผลต่อขนาดตัวอย่างในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อค่าความเบ้เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างของตัวสถิติทั้งสองมีขนาดมากขึ้นเช่นกัน

อัญชนา ลีลาจรัสกุล (2541) ทำการศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียวที่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยใช้สถิติทดสอบที สถิติทดสอบทีของจอห์นสัน สถิติทดสอบทีของลิงเซน และสถิติทดสอบแบบผสมของซัดตัน โดยศึกษาถึงอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบแกมมา การแจกแจงไวบูลย์ และการแจกแจงลอกนอร์มอล ที่ระดับความเบ้ต่างกัน 6 ระดับ คือ .25, .50, 1.00, 1.50, 2.00, และ 2.50 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 15, 20, 30, 50, และ 70 ณ ระดับนัยสำคัญ .01, .05, และ .10 ด้วยเทคนิคการจำลองมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 5,000 ครั้งในแต่ละกรณี ผลการวิจัยสามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. ณ ระดับนัยสำคัญ .01 สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง สถิติทดสอบแบบผสมของซัตตัน มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดทุกระดับความเบ้

2. ณ ระดับนัยสำคัญ .05 หรือ .10 ผลสรุปที่ได้เหมือนกัน คือ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กและปานกลาง ($10 \leq n \leq 30$) สถิติทดสอบแบบผสมของซัตตัน มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อระดับความเบ้อยู่ในช่วง .25 ถึง .50 และสถิติทดสอบทีของลิงเซนมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อระดับความเบ้อยู่ในช่วง .50 ถึง 2.50 แต่เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ($30 \leq n \leq 70$) สถิติทดสอบแบบผสมของซัตตันจะมีอำนาจการทดสอบสูงสุดที่ทุกระดับความเบ้

3. อำนาจการทดสอบแปรผันตามระดับนัยสำคัญและขนาดตัวอย่าง

จงจิต มารุ่งสิริกุล (2548) ได้ทำการศึกษาเรื่องการแก้ไขปัญหาข้อมูลตอบสนองของแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดที่ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยการแปลงข้อมูลเพื่อหารูปแบบการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนมีระดับความเบ้ ความโด่งและความแปรปรวนที่ต่างกัน ให้มีการแจกแจงปกติและยังเป็นไปตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยในการทดลอง จงจิตได้ใช้เทคนิคการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โล จากโปรแกรม R โดยกำหนดจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 4 และ 5 จำนวนหน่วยทดลองในแต่ละวิธีทดลองเท่ากับ 4 5 และ 6 ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ เบ้ขวา และเบ้ซ้าย กรณีละ 2 ระดับ คือเบ้น้อยและเบ้มาก ในแต่ละระดับความเบ้มี 3 ระดับความโด่ง คือ น้อย ปานกลาง และมาก จากผลการศึกษาสามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. ที่ระดับความเบ้น้อย จะมีสัดส่วนของความสำเร็จในการแก้ปัญหาข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติและมีความแปรปรวนเท่ากันภายหลังการแปลงข้อมูลมากกว่าที่ระดับความเบ้มาก การแปลงข้อมูลด้วยค่า λ = .5 จะให้ค่าความสำเร็จมากในกรณีเบ้ขวาที่ระดับความเบ้น้อย การแปลงข้อมูลด้วยค่า λ = 0 จะให้ค่าความสำเร็จมกในกรณีเบ้ขวาที่ระดับความเบ้มาก ยกเว้นกรณีที่มีสัมประสิทธิ์ความแปรผันน้อยการแปลงด้วยค่า λ = 0 λ = -.5 และ λ = -1.0 จะให้ค่าความสำเร็จมาก ส่วนกรณีเบ้ซ้ายการแปลงด้วยค่า λ = 1.5 และ λ = 2.0 ให้ค่าความสำเร็จสูง

2. ที่ระดับความเบ้เดียวกัน กรณีที่มีค่าความโด่งมาก จะให้ค่าความสำเร็จน้อยกว่ากรณีอื่น ๆ และความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะน้อย

3. เมื่อสัมประสิทธิ์ความแปรผันมีค่าสูงขึ้น ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะลดลง

อรไท พลเสน (2549) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงที่ไม่สมมาตรด้วยตัวประมาณแจ็คไนฟ์และตัวประมาณบูทสเตร็บ โดยสนใจที่จะเพิ่มอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงที่มีค่าความเบ้เป็นบวก เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็กของ Ling Chen ซึ่งมีสมการคำนวณคือ $T_2 = \sqrt{n}(\bar{x}-\mu_0)/S + \hat{\beta}_1\left[1+2\{\sqrt{n}(\bar{x}-\mu_0)/S\}^2\right]/(6\sqrt{n}) + \hat{\beta}_1^2\left[\sqrt{n}(\bar{x}-\mu_0)/S + 2\{\sqrt{n}(\bar{x}-\mu_0)/S\}^3\right]/(9n)$ โดยการแทนค่า $\overline{X}$, S และ $\hat{\beta}_1$ ของ T_2 ด้วยตัวประมาณแจ็คไนฟ์และตัวประมาณบูทสแตร็บ ซึ่งศึกษากรณีที่ประชากรมีการแจกแจงไวบูลล์ แกมมา ไคสแควร์ และเอ็กโปเนนเชียล เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก ด้วยใช้เทคนิคการจำลองข้อมูลมอนติคาร์โลพบว่า ตัวสถิติใหม่ทั้งสองสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้และตัวสถิติทดสอบที่ใช้ตัวประมาณบูทสแตร็บมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเดิมของ Ling Chen

สุกัญญา หนูกล่ำ (2542) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบค่าเฉลี่ยเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียวที่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ที่ระดับความเบ้ 5 ระดับ คือ .25, .50, 1.00, 1.50 และ 1.80 ระดับความโด่ง 6 ระดับ คือ 2.4, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, และ 12.0 ระดับค่าเฉลี่ยประชากร $\mu = \mu_0 + k(\sigma/\sqrt{n})$ ซึ่งกำหนด μ_0 = 100 k มีค่าเท่ากับ .5, 1.0 และ 2.0 ค่าความแปรปรวนประชากร σ^2 = 100 ขนาดตัวอย่าง n มีค่าเท่ากับ 10, 20, 30, 50 และ 70 ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .01, .05 และ .10 โดยในการวิจัยใช้เทคนิคการจำลองมอนติคาร์โล ซึ่งกระทำซ้ำ 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ ผลการวิจัยสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

1. ในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา ตัวสถิติทดสอบดัดแปลงของจอห์นสันจะมีอำนาจการทดสอบสูงสุด

2. ในสถานการณ์ต่อไปนี้ อาจใช้ตัวสถิติทดสอบทีแทนตัวสถิติทดสอบทีดัดแปลงของจอห์นสัน ซึ่งในสถานการณ์เหล่านี้ ตัวสถิติทดสอบทีจะมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทีดัดแปลงของจอห์นสัน

2.1 ขนาดตัวอย่างมีค่ามากกว่า 50 และ/หรือ

2.2 ค่าความเบ้มีค่าน้อยกว่า .50 และค่าความโด่งอยู่ในช่วง 2.4 ถึง 6.0

Boneau (1960) ทำการศึกษาอิทธิพลของการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นต่อการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบที เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที ที่มีการแจกแจงตามทฤษฎีกับที่มีการแจกแจงไม่ปกติ โดยกำหนดให้มีลักษณะการทดลองดังนี้

1. กลุ่มประชากรทั้ง 2 กลุ่ม มีการแจกแจงปกติเช่นเดียวกัน แต่ความแปรปรวนและขนาดกลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่าง ๆ กัน ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับทฤษฎี และความแปรปรวนที่ต่างกันในอัตราส่วนตั้งแต่ 1 – 4 ไม่มีผลกระทบต่อตัวสถิติทดสอบที

2. กลุ่มประชากรทั้ง 2 กลุ่ม มีการแจกแจงไม่ปกติแบบเดียวกัน และมีความแปรปรวนเท่ากัน ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะของกราฟค่อนข้างซ้อนทับกับกราฟรูประฆังคว่ำตามทฤษฎี (t) เมื่อมีการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้สูงขึ้นก็จะทำให้กราฟมีการซ้อนทับกันดียิ่งขึ้น (3.1% -5.1%)

3. กลุ่มประชากรทั้ง 2 กลุ่ม มีการแจกแจงไม่ปกติแบบเดียวกัน แต่มีความแปรปรวนต่างกัน เช่น กลุ่มที่หนึ่งมีการแจกแจงแบบ Exponential ขนาด 5 หน่วยตัวอย่าง ความแปรปรวนเท่ากับ 1 กลุ่มที่สองมีการแจกแจงแบบ Exponential และขนาด 5 หน่วยตัวอย่างเช่นกัน แต่ความแปรปรวนเท่ากับ 4 ผลการศึกษาจากการเปรียบเทียบกราฟพบว่า กราฟที่ได้จากการศึกษามีค่าสูงกว่ากราฟตามทฤษฎีประมาณร้อยละ 7.6 – 8.3 ในกรณีที่มีการแจกแจงแบบ Exponential และในกรณีที่มีการแจกแจงแบบ Rectangular กราฟที่ได้จากการศึกษามีค่าสูงกว่ากราฟตามทฤษฎีเช่นเดียวกันประมาณร้อยละ 7.1 เมื่อเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 15 หน่วยตัวอย่าง (ต่อกลุ่ม) ค่าที่ได้จะลดลงอยู่ที่ประมาณร้อยละ 4.9 แต่ทั้งนี้การลดลงของค่าร้อยละในครั้งนี้ไม่มีเหตุผลที่บอกได้ว่าเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง

Schechtman and Sherman (2007) ทำการศึกษาเรื่อง The two-sample t-test with a known ratio of variances. เพื่อเปรียบเทียบค่าสถิติทดสอบและค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการใช้เทคนิคในการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร 2 วิธี คือ เทคนิค Satterthwaite กับเทคนิคที่พวกเขาได้ประยุกต์ขึ้นเอง โดยใช้การจำลองข้อมูลมอนติคาร์โล ทำการทดลองซ้ำ 100,000 ครั้ง กำหนดสถานการณ์เป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 มีขนาดกลุ่มตัวอย่าง n = 20 , m = 5 และชุดที่ 2 มีขนาดกลุ่มตัวอย่าง n = 20 , m = 10 และในการทดลองซ้ำของทั้งสองชุดการทดลองนั้น พวกเขาได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ค่าความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 1 ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ (α) .05 ขึ้นไป ค่าเฉลี่ยประชากร μ_1 เท่ากับ 0 และ μ_2 เท่ากับ $\mu_1 + \Delta$ ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับ 1 2 และ 3 แต่กำหนดค่าความแปรปรวนของประชากรต่างในอัตราส่วน (c) 1, 2, 4, และ 8 จากผลการวิจัยพบว่า วิธีการ Satterthwaite ปฏิเสธ

สมมติฐานศูนย์ในทุกกรณี ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ .05 ขึ้นไป สำหรับเทคนิคที่พวกเขาประยุกต์ขึ้นก็ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยมีอำนาจในการทดสอบทุกกรณีสูงกว่าเทคนิค Satterthwaite

Delaney and Vargha (2000) ได้ร่วมกันศึกษาเรื่อง อิทธิพลของการแจกแจงไม่ปกติของประชากรที่ส่งผลต่อการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบที และสถิติทดสอบทีของ Welch (Welch' s robust t test) กรณีประชากรสองกลุ่ม โดยมีการกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. กำหนดความเบ้ 3 ลักษณะคือ symmetric, moderately, และ heavily asymmetric

2. กำหนดค่าความโด่งเป็น 3 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มต่ำมีขนาดเท่ากับ 1.8, 3.4 และ 8.6 (2) กลุ่มปานกลางมีขนาดเท่ากับ 3, 4.6 และ 9.8 (3) กลุ่มสูงมีขนาดเท่ากับ 9, 10.6 และ 15.8

3. ขนาดกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 4 ขนาดตามค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างคือ 9, 12, 15, 18 โดยจัดให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม (1)มีขนาดเท่ากัน($m = n = 9, 12, 15, 18$) และ (2)ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน($m : n = 6 : 16$, $8 : 16$, $10 : 20$, $12 : 24$)

จากผลการศึกษาสามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. ค่าความเบ้ที่มีขนาดต่างกันมากเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อความแกร่งของการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบที เพราะความแตกต่างของความเบ้ในตัวแปรใด ๆ จะส่งผลให้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ซึ่งมีการแจกแจงแบบที มีความเบ้ที่ผิดไปจากการแจกแจงแบบที มีความลำเอียงของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เกิดขึ้น โดยเฉพาะกรณีการทดสอบหางเดียวค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้ถึง ± 40 %

2. (การแจกงแจงที่มีระดับค่าความโด่งสูง การเปรียบเทียบกลุ่มที่มีลักษณะเช่นนี้จะเรียกว่า การเปรียบเทียบหางยาว) จากการศึกษากรณี กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 9, $\alpha = .05$ พบว่าค่าความโด่งเป็นอิทธิพลสำคัญต่อค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที ซึ่งจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับการเปรียบเทียบหางปกติ ในกรณีที่มีความเบ้ ระดับความโด่งที่มีค่าสูงอาจชดเชยอิทธิพลของความเบ้ได้ค่อนข้างมากสำหรับกรณีการทดสอบทีสองกลุ่มตัวอย่าง

3. อิทธิพลความสัมพันธ์ของขนาดกลุ่มตัวอย่าง การทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันจะส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เพิ่มขึ้น โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกันมากก็จะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงเช่นกัน แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่าสูงขึ้นก็อาจทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลง

4. ในกรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน และความเบ้มีทิศทางเดียวกันทดสอบที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน .056 ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยขนาดกลุ่มตัวอย่างจะน้อยกว่า 9 นั้นแสดงว่าสถิติทดสอบทีมีความแกร่งในกรณีที่มีขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

5. กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (m=n=18) ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะต่ำกว่ากลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (m=n=18) แต่อย่างไรก็ตามถ้าค่าความเบ้สูง (2) ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ก็อาจจะเพิ่มได้ถึง 140%

6. ในกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก Welch- test สามารถอธิบายได้ดีกว่า t-test

Ramsey (1980) ทำการศึกษาเกี่ยวกับความแกร่งของการทดสอบด้วยสถิติ student' t ที่ระดับค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่าง ๆ กัน เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน ในการทดสอบ Ramsey ได้นำวิธีการของ Hsu มาประยุกต์ใช้เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ได้จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที ผลการศึกษาพบว่าในการทดสอบกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรมีค่าแตกต่างกัน ตัวสถิติทดสอบทีมีความแกร่งไม่สม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างจะเท่ากัน (NR = 1) จึงได้แนะนำให้ทำการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบทีที่ค่าระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .05 โดยไม่ต้องคำนึงว่าความแปรปรวนจะไม่เท่ากัน หากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้นั้นมีขนาดเท่ากันและมีขนาดไม่ต่ำกว่า 15 สำหรับในกรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน ควรเลือกใช้สถิติทีประยุกต์ของ Welch จะดีกว่า

นอกจากนี้ Ramsey ยังได้สรุปหลักการทดสอบความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงปกติ แต่มีความแปรปรวนต่าง ๆ กัน มีแนวทางในการพิจารณา ดังนี้

1. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน ทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .05 ให้ใช้สถิติทดสอบทีได้ (reject H_0) โดยไม่ต้องคำนึงถึงความแปรปรวนที่มีค่าแตกต่างกัน เมื่อ

1.1 $n \geq 7$ ยอมรับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่เกิน .075 ตามเกณฑ์การทดสอบของ Bradley

1.2 $n \geq 15$ ยอมรับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่เกิน .06 ตามเกณฑ์การทดสอบของ Cochran

2. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน ตั้งแต่ 16 หน่วยตัวอย่างขึ้นไป และทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .01 สามารถใช้สถิติทดสอบทีได้ (reject H_0) โดยไม่ต้องคำนึงถึงความแปรปรวนที่มีค่าแตกต่างกัน ทั้งนี้ยอมรับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่เกิน .015

3. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .05 สามารถใช้สถิติทดสอบทีได้ (reject H_o) ทั้งนี้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต้องไม่เกิน .064

4. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่มากเท่ากัน แต่ความแปรปรวนของกลุ่มหนึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอีกกลุ่มหนึ่ง (ความแปรปรวนเป็นอิสระจากกัน) สามารถใช้สถิติทดสอบทีได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงค่าระดับความแปรปรวนที่แตกต่างกัน

5. กรณีอื่น ๆ นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดแตกต่างกัน ควรเลือกใช้วิธีการทดสอบของ Welch ซึ่งมีความเหมาะสมมากกว่า

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปเป็นตารางและตารางสรุปประเด็นงานวิจัยที่สำคัญได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

นักวิจัย	หัวข้อการวิจัย	ขอบเขตการวิจัย	ผลการวิจัย
นภัสวรรณ ชาติวัฒนานนท์	ขนาดตัวอย่างสำหรับตัวสถิติทดสอบทีของหนึ่งประชากร กรณีไม่ทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร และประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติ	ศึกษากรณีมีการแจกแจงเป็นการแจกแจงเอกรูป การแจกแจงโลจิสติค การแจกแจงที การแจกแจงไคกำลังสอง การแจกแจงลอกนอร์มัล และการแจกแจงแลมดาของตูร์กี ที่ α = .01, .05, .10	1. เมื่อความโด่งเข้าใกล้สาม(โด่งปกติ) และประชากรมีการแจกแจงใกล้สมมาตร ขนาดกลุ่มตัวอย่างควรมีค่าประมาณ 22 แต่ถ้า Sk > .2 ขนาดกลุ่มตัวอย่างควรมีค่ามากขึ้น 2. เมื่อความโด่งมากกว่าสาม การแจกแจงของตัวสถิติทดสอบทีจะลู่เข้าสู่การแจกแจงทีได้เร็ว และถ้าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าใกล้ 0 แล้วขนาดกลุ่มตัวอย่างควรมีค่าประมาณ 20 แต่ถ้า Sk > .2 ขนาดกลุ่มตัวอย่างควรมีค่ามากขึ้น 3. เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ จะสามารถประมาณการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบทีด้วยการแจกแจงทีได้เมื่อมีขนาดกลุ่มตัวอย่างมากพอ
ธนากร อนันต์สิทธินนท์	ขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ และแบบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ	ศึกษากรณีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงเบตา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงที	1. กรณีประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติ และไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้ในช่วง 0 - .2 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 19 – 32 ใช้ตัวสถิติ T และขนาดกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 33 ขึ้นไปใช้ตัวสถิติ Z แต่เมื่อระดับความเชื่อมั่นกับค่าความเบ้ลดลงจะส่งผลให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณตัวสถิติทั้งสองลดลง 2. เมื่อค่าความเบ้เพิ่มขึ้น ขนาดกลุ่มตัวอย่างของตัวสถิติทั้งสองต้องมีขนาดเพิ่มขึ้นด้วย

39

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

นักวิจัย	หัวข้อการวิจัย	ขอบเขตการวิจัย	ผลการวิจัย
อัญชนา ลีลาจรัสกุล	การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบเบ้ขวา	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 4 วิธี (สถิติทดสอบที สถิติทดสอบทีของจอห์นสัน สถิติทดสอบทีของลิงเซน และสถิติทดสอบแบบผสมของซัดตัน) เมื่อกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบแกมมา การแจกแจงไวบูลย์ และการแจกแจงลอกนอร์มอล Sk = .25, .50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50 N = 10, 15, 20, 30, 50, 70 α = .01, .05, .10	1. ที่ α = .01 สถิติทดสอบแบบผสมของซัดตัน มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดทุกทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างและทุกระดับความเบ้ 2. ที่ α = .05 หรือ .10, $10 \le n \le 30$ สถิติทดสอบแบบผสมของซัดตันมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อ และ $.25 \le Sk \le .50$ 3. ที่ α = .05 หรือ .10, $10 \le n \le 30$ สถิติทดสอบทีของลิงเซนมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อ $.50 \le Sk \le 2.50$ 4. เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ($30 \le n \le 70$) สถิติทดสอบแบบผสมของซัดตันมีอำนาจการทดสอบสูงสุดที่ทุกระดับความเบ้ 5. อำนาจการทดสอบแปรผันตามระดับนัยสำคัญและขนาดตัวอย่าง
จงจิต มารุ่งสิริกุล	การแก้ไขปัญหาข้อมูลตอบสนองของแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดที่ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ	ทำการศึกษาจากข้อมูล 2 แบบ คือเบ้ขวาและเบ้ซ้าย แต่ละแบบกำหนดความเบ้ 2 ระดับ คือเบ้น้อยและเบ้มาก ในแต่ละระดับความเบ้มี 3 ระดับความโด่ง คือ น้อย ปานกลาง และมาก	1. ที่ระดับความเบ้น้อย จะมีสัดส่วนของความสำเร็จในการแก้ปัญหาข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติและมีความแปรปรวนเท่ากันภายหลังการแปลงข้อมูลมากกว่าที่ระดับความเบ้มาก การแปลงข้อมูลด้วยค่า λ = .5 จะให้ค่าความสำเร็จมากในกรณีเบ้ขวาที่ระดับความเบ้น้อย การแปลงข้อมูลด้วยค่า0 λ = 0 จะให้ค่าความสำเร็จมากในกรณีเบ้ขวาที่ระดับความเบ้มาก ยกเว้นกรณีที่มีสัมประสิทธิ์ความแปรผันน้อย การแปลงด้วยค่า λ = 0, λ = -.5 และ λ = -1.0 จะให้ค่าความสำเร็จมาก ส่วนกรณีเบ้ซ้ายการแปลงด้วยค่า λ = 1.5 และ λ = 2.0 จะให้ค่าความสำเร็จสูง 2. ที่ระดับความเบ้เดียวกัน กรณีที่มีค่าความโด่งมากจะให้ค่าความสำเร็จน้อยกว่ากรณีอื่น ๆ และความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะน้อย 3. เมื่อสัมประสิทธิ์ความแปรผันมีค่าสูงขึ้น ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะลดลง

40

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

นักวิจัย	หัวข้อการวิจัย	ขอบเขตการวิจัย	ผลการวิจัย
อรไท พลเสน	การทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงที่ไม่สมมาตรด้วยตัวประมาณแจ็คไนฟ์และตัวประมาณบูทสเตร็บ	ศึกษาการเพิ่มอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของกรณีประชากรมีการแจกแจงไวบูลล์ แกมมา ไคสแควร์ และเอ็กโปเนนเชียล เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็กของ Ling Chen (T_2) โดยการแทนค่า $\overline{X}$, S และ $\hat{\beta}_1$ ของ T_2 ด้วยตัวประมาณแจ็คไนฟ์และตัวประมาณบูทสเตร็บ	ตัวสถิติใหม่ทั้งสองสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้และตัวสถิติทดสอบที่ใช้ตัวประมาณบูทสแตร็บมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเดิมของ Ling Chen
สุกัญญา หนูกล่ำ	การทดสอบค่าเฉลี่ยเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา	กลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ - Sk = .25, .50, 1.00, 1.50, 1.80 - Ku = 2.4, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0 - $\mu=\mu_0+k(\sigma/\sqrt{n})$; μ_0 = 100, k = .5, 1.0, 2.0 - σ^2 = 100 - n = 10, 20, 30, 50, 70 - α = .01, .05 และ .10	1. ตัวสถิติทดสอบดัดแปลงของจอห์นสันมีอำนาจการทดสอบสูงสุดในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา 2. ในกรณี 1)ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่ามากกว่า 50 และ/หรือ 2)SK < .50 และ $2.4 \leq Sk \leq 6.0$ ตัวสถิติทดสอบทีจะมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบทีดัดแปลงของจอห์นสัน
Delaney and Vargha	The effect of Non-normality on student' s two sample t-test.	1. การจำลองข้อมูล - Sk 3 ระดับ คือ heavily asymmetric(Sk = 2) moderately(Sk = 1) และ symmetric(Sk = 0)	1. ค่าความเบ้ที่มีขนาดแตกต่างกันมากส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อความแกร่งของการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบที โดยเฉพาะกรณีการทดสอบหางเดียวค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้ถึง $\pm$40 %

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

นักวิจัย	หัวข้อการวิจัย	ขอบเขตการวิจัย	ผลการวิจัย
Delaney and Vargha	The effect of Non-normality on student' s two sample t-test.	- Ku 3 กลุ่ม คือ กลุ่มต่ำ(1.8, 3.4, 8.6) กลุ่มปานกลาง(3, 4.6, 9.8) และกลุ่มสูง (9,10.6, 15.8) 2. ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษามีค่าเฉลี่ยเป็น 4 ขนาดคือ 9, 12, 15, 18 ขนาดเท่ากัน(1:1) m = n = 9, 12, 15, 18 ขนาดไม่เท่ากัน(1:2) m : n = 6 : 16, 8 : 16, 10 : 20, 12 : 24	2. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 9, ที่ α = .05 ค่าความโด่งส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เพิ่มขึ้น แต่ถ้ามีความเบ้ร่วมด้วยระดับความโด่งที่มีค่าสูงอาจชดเชยอิทธิพลของความเบ้ได้ค่อนข้างมากสำหรับกรณีการทดสอบทีสองกลุ่มตัวอย่าง 3. ขนาดกลุ่มตัวอย่างยิ่งต่างกันมากส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ยิ่งเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่าสูงขึ้นก็อาจทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลง 4. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน ความเบ้มีทิศทางเดียวกัน ทดสอบที่ α =.05 ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะไม่เกิน .056 แม้ค่าเฉลี่ยขนาดกลุ่มตัวอย่างจะน้อยกว่า 9 5. กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (m=n=18) ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะต่ำกว่ากลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (m=n=18) แต่ถ้าค่าความเบ้สูง(Sk > 2) ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ก็อาจจะเพิ่มได้ถึง 140%
Ramsey	Exact type 1 error rates for Robustness of Student' t test with Unequal Variances.	1. $\Theta = \sigma_2^2 / \sigma_1^2$ = 1, 8/7, 4/3, 8/5, 2, 8/3, 3, 4, 6, 8, 16, 40, 256 2. NR = N_2/N_1 = 1, 2, 3, 5, และ 10 โดย 1 < N_1 > 41 3. .001 $\leq \alpha \geq$ .02	1. ตัวสถิติทดสอบทีมีความแกร่งไม่สม่ำเสมอ เมื่อความแปรปรวนของประชากรมีค่าแตกต่างกันถึงแม้ว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างจะเท่ากัน (NR = 1) 2. สถิติทดสอบทีควรใช้ทดสอบเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและมีขนาดไม่ต่ำกว่า 15 ที่ α = 0.5 โดยไม่ต้องคำนึงถึงความแปรปรวน แต่ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากันควรเลือกใช้สถิติทดสอบอื่น ๆ เช่น สถิติทีประยุกต์ของ Welch

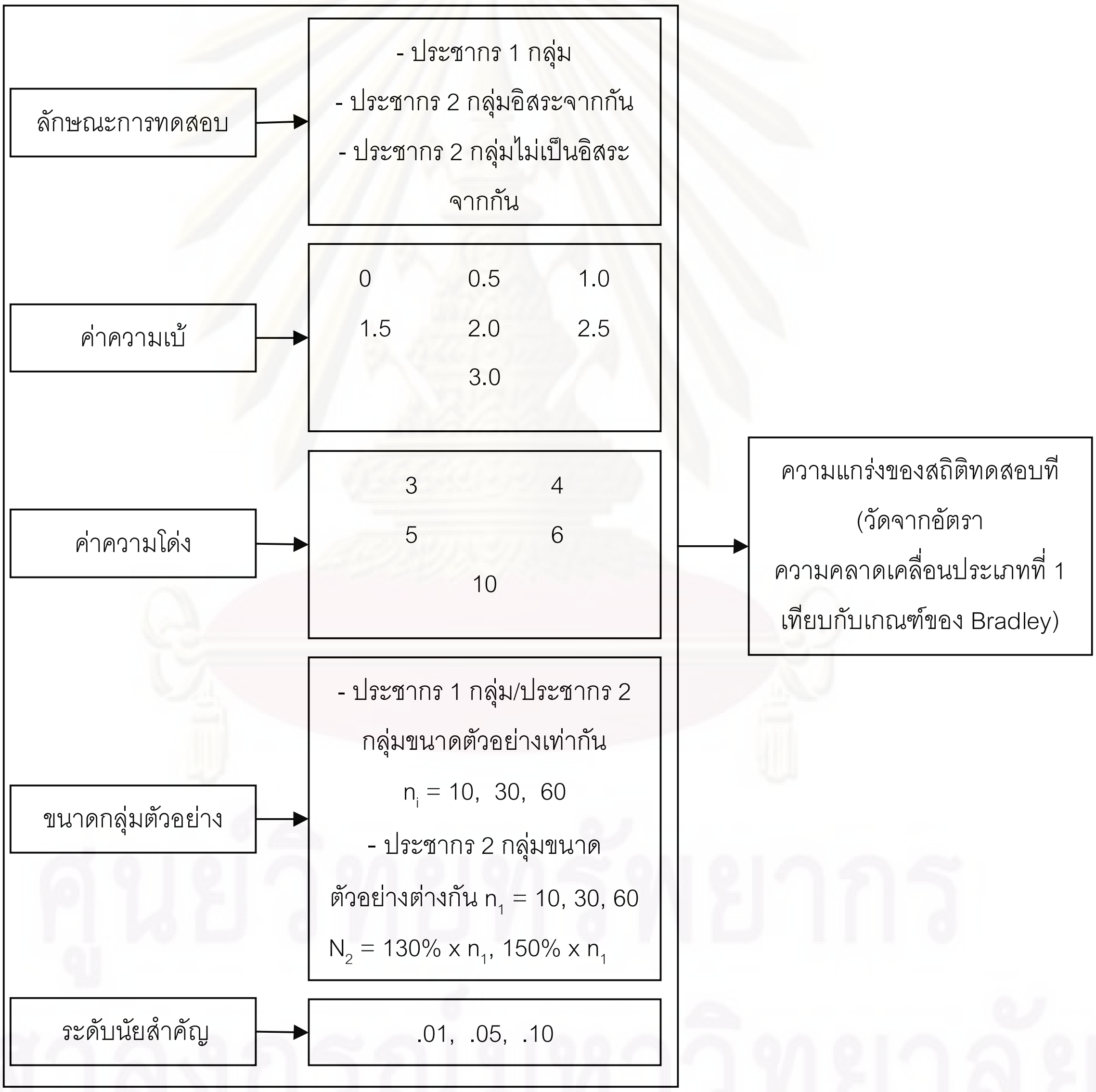
42

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

นักวิจัย	หัวข้อการวิจัย	ขอบเขตการวิจัย	ผลการวิจัย
Boneau	The effects of violations of assumptions underlying the t test.	1. $N_1(0,1)$, $N_2(0,1)$, $N_1 \neq N_2$, $\sigma_1 \neq \sigma_2$ 2. กลุ่มประชากร 2 กลุ่ม มีการแจกแจงไม่ปกติเช่นเดียวกัน ที่ระดับความแปรปรวนต่าง ๆ กัน ทิศทางเดียวกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 3. กลุ่มประชากร 2 กลุ่ม มีการแจกแจงต่างชนิดกัน ที่ระดับความแปรปรวนและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 4. การแจกแจงที่ใช้ - Normal Distribution - Rectangular Distribution - Exponential Distribution และ - t – Distribution (ตามทฤษฎี)	1. กรณีความแปรปรวนต่างกัน การเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับทฤษฎี และความแปรปรวนที่ต่างกันในอัตราส่วนตั้งแต่ 1 – 4 ไม่มีผลกระทบต่อตัวสถิติทดสอบที 2. เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติ แต่มีค่าความแปรปรวนเท่ากันลักษณะของ Curve จะค่อนข้างซ้อนทับตาม Curve ของทฤษฎี (t) เมื่อมีการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้สูงขึ้นก็จะทำให้ Curve มีการซ้อนทับกันดียิ่งขึ้น (3.1% -5.1%)
Schechtman and Sherman	The two-sample t-test with a known ratio of variances	กำหนดสถานการณ์เป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 มีขนาดกลุ่มตัวอย่าง n = 20, m = 5 ชุดที่ 2 มีขนาดกลุ่มตัวอย่าง n = 20 , m = 10 สถิติทดสอบทีของ Satterthwaite มีข้อตกลงว่าไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร แต่ของ Schechtman & Sherman มีข้อตกลงว่าไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ทราบอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวน และความแปรปรวนมีขนาดต่าง ๆ กัน ทั้งสองตัวแปรแยกประมาณค่าความแปรปรวนออกจากกัน (คำนวณค่าความแปรปรวนในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง)	วิธีการ Satterthwaite ปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ในทุกกรณีที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ .05 ขึ้นไป สำหรับเทคนิคที่พวกเขาประยุกต์ขึ้นเองก็ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน แต่มีอำนาจและขนาดในการทดสอบทุกกรณีสูงกว่าเทคนิค Satterthwaite

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแกร่งของสถิติทดสอบประกอบด้วย ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ระดับนัยสำคัญในการทดสอบ และลักษณะการแจกแจงประชากร (สัมประสิทธิ์ความเบ้ สัมประสิทธิ์ความโด่ง) ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยจากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ โดยกำหนดให้ค่าของแต่ละปัจจัยมีความครอบคลุมสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้จริงเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยเรื่องความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ ดังนี้



ใช้วิธีการจำลองข้อมูล(เทคนิคมอนติ คาร์โล) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม MATLAB
ทดลองซ้ำจำนวน 5,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลซิมูชั่น (Monte Carlo Simulation) ในการจำลองข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ให้มีลักษณะเป็นไปตามที่กำหนด เพื่อศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ และเพื่อศึกษาหาค่าความเบ้ และค่าความโด่งมากที่สุดสำหรับการทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบที แล้วสถิติทดสอบทีมีความแกร่ง โดยพิจารณาความแกร่งจากการเปรียบเทียบค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กับเกณฑ์ของ Bradley และการทดสอบสัดส่วนความสามารถในการทดสอบได้ถูกต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ลักษณะ ตามจำนวนกลุ่มประชากรและขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม
2. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน
3. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกันร้อยละ 30
4. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกันร้อยละ 50
5. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

สำหรับแต่ละลักษณะการทดสอบกระทำภายใต้ข้อจำกัดของขนาดกลุ่มตัวอย่าง ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และระดับนัยสำคัญในการทดสอบ รวมแล้วได้สถานการณ์ในการศึกษาทั้งสิ้น 1,125 สถานการณ์ ทำการทดสอบซ้ำในแต่ละสถานการณ์จำนวน 5,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม MATLAB

แผนการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. ระดับนัยสำคัญ (α) ในการทดสอบเท่ากับ .01 .05 และ .10
2. ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ขนาดกลุ่มตัวอย่างกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน และกรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 ขนาดคือ 10, 30 และ 60

2.2 ขนาดกลุ่มตัวอย่างกรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกันร้อยละ 30 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 1 เท่ากับ 10, 30 และ 60 ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 2 เท่ากับ 13, 39 และ 78 ตามลำดับ เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกันร้อยละ 50 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 1 เท่ากับ 10, 30 และ 60 ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 2 เท่ากับ 15, 45 และ 90 ตามลำดับ

3. กำหนดค่าความเบ้และค่าความโด่งดังนี้

ค่าความเบ้	ค่าความโด่ง
0.0	3, 4, 5, 6, 10
0.5	3, 4, 5, 6, 10
1.0	3, 4, 5, 6, 10
1.5	3, 4, 5, 6, 10
2.0	5, 6, 10
2.5	10
3.0	10

สำหรับที่ค่าความโด่งเท่ากับ 7, 8 และ 9 ไม่สามารถทำการศึกษาได้เนื่องจากข้อจำกัดของคำสั่งที่ใช้ในการจำลองข้อมูล (pearsrnd) กำหนดไว้ว่าค่าความโด่งต้องมีค่ามากกว่ากำลังสองของค่าความเบ้บวกหนึ่ง ($Ku > Sk^2+1$)

ขั้นตอนในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในแผนการดำเนินงานวิจัย เพื่อศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบที และศึกษาหาค่าความเบ้ และค่าความโด่งมากที่สุดสำหรับการทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบที เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ทดสอบความถูกในการคำนวณค่าสถิติที และค่าพีแวลู่ (p-value) ของโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยโปรแกรม spss v.11.5 ผลการทดสอบพบว่าค่าสถิติทดสอบที และค่าพีแวลู่ (p-value) ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและโปรแกรม spss v.11.5 มีค่าเท่ากัน 100 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข (หน้า 129)

2. จำลองข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB เวอร์ชั่น R2008a คำสั่ง pearsrnd(mu,var,sk,ku,m,n) ตามสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ เช่นต้องการจำลองข้อมูลให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0, ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1, ค่าความเบ้เท่ากับ 1, ค่าความโด่งเท่ากับ 3 และกำหนดให้มีขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 30 หน่วย จะสามารถเขียนคำสั่งให้โปรแกรม MATLAB จำลองข้อมูลโดยใช้ชื่อของชุดข้อมูลนี้ว่า Gp_collect ได้ว่า

Gp_collect = pearsrnd(0,1,1,3,30,1)

3. สุ่มตรวจค่าพารามิเตอร์ของประชากรที่ได้จากการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม MATLAB ได้ผลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของประชากรที่ได้จากการจำลองข้อมูล

ค่าคาดหวัง				ค่าจริง			
ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	ความเบ้	ความโด่ง	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	ความเบ้	ความโด่ง
0	1	0	3	-0.0050	1.0027	-0.0148	3.0002
			4	0.0027	1.0014	-0.0293	4.0628
			5	0.0073	1.0210	-0.1089	5.1405
			6	-0.0145	0.9934	-0.0370	5.8555
			10	0.0089	0.9909	-0.1864	10.4775
		0.5	3	0.0287	0.9991	0.5082	3.0315
			4	0.0039	1.0042	0.5810	4.3514
			5	0.0117	0.9933	0.5828	5.3181
			6	0.0078	1.0093	0.6000	6.0105
			10	0.0006	1.0143	0.6396	10.7358
		1.0	3	-0.0031	1.0011	1.0190	3.0616
			4	0.0074	1.0075	1.0289	4.0896
			5	0.0005	1.0110	1.0607	5.5626
			6	0.0071	1.0114	0.9505	5.6220
			10	0.0135	1.0337	1.0131	8.7308

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของประชากรที่ได้จากการจำลองข้อมูล

ค่าคาดหวัง				ค่าจริง			
ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	ความเบ้	ความโด่ง	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	ความเบ้	ความโด่ง
0	1	1.5	3	0.0003	1.0000	1.3994	2.9990
			4	0.0130	1.0046	1.4667	3.8969
			5	0.0087	0.9978	1.4617	4.8579
			6	0.0060	1.0116	1.5820	6.6304
			10	0.0138	1.0194	1.4554	8.9185
		2.0	5	-0.0113	0.9890	2.0464	5.1882
			6	-0.0019	0.9913	2.0142	6.1050
			10	0.0010	1.0049	1.9525	9.4682
		2.5	10	0.0034	0.9874	2.4199	9.4839
		3.0	10	-0.0030	0.9956	3.0203	10.1247

4. นำข้อมูลที่ได้จากการจำลองมาคำนวณค่าสถิติทดสอบที (t-test) และเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตแบบสองหางที่ระดับนัยสำคัญต่าง ๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ในแผนการดำเนินงานวิจัย โดยใช้โปรแกรม MATLAB คำสั่ง ttest(Gp_collect,mu,alpha) ในกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม หรือคำสั่ง ttest2(Gp_collect1,Gp_collect2,alpha) ในกรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน หรือคำสั่ง ttest(Gp_collect1,Gp_collect2,alpha) ในกรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน โดยมีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

กรณีมีประชากร 1 กลุ่ม ; กรณีมีประชากร 2 กลุ่ม

$H_0: \mu = 0$ $\qquad$ $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_a: \mu \neq 0$ $\qquad$ $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

5. ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 1 และข้อที่ 2 จนครบจำนวน 5,000 ครั้ง และนับจำนวนครั้งที่มีการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (จำนวนครั้งที่เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1)

6. คำนวณหาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) จากการทดสอบซ้ำ 5,000 ครั้ง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การตัดสินใจของ Bradley โดยในการคำนวณหาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ } 1(\hat{\alpha}) = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก}}{\text{จำนวนครั้งของการทดสอบ } (5{,}000)}$$

7. ทำการทดสอบสมมติฐานแบบหางเดียวเพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนความสามารถในการทดสอบได้ถูกต้องของสถิติทดสอบที ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = .05$ และสรุปผลการศึกษาของสถานการณ์นี้ "สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง" หรือ "สถิติทดสอบทีไม่แกร่ง" ในการทดสอบโดยมีขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐานดังนี้

7.1 ตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ

H_0 : $P \geq .80$ (สัดส่วนความสามารถในการทดสอบได้ถูกต้องของสถิติทดสอบทีมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบจำนวน 5,000 ครั้ง)

H_a : $P < .80$ (สัดส่วนความสามารถในการทดสอบได้ถูกต้องของสถิติทดสอบทีมีค่าน้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบจำนวน 5,000 ครั้ง)

7.2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

$$Z = \frac{p - p_0}{\sqrt{[p_0(1-p_0)]/n}}$$

โดยที่ p = จำนวนครั้งของการยอมรับสมมติฐานหลัก/5,000

P_0 = .80

n = จำนวนครั้งที่ใช้ในการทดสอบ (5,000 ครั้ง)

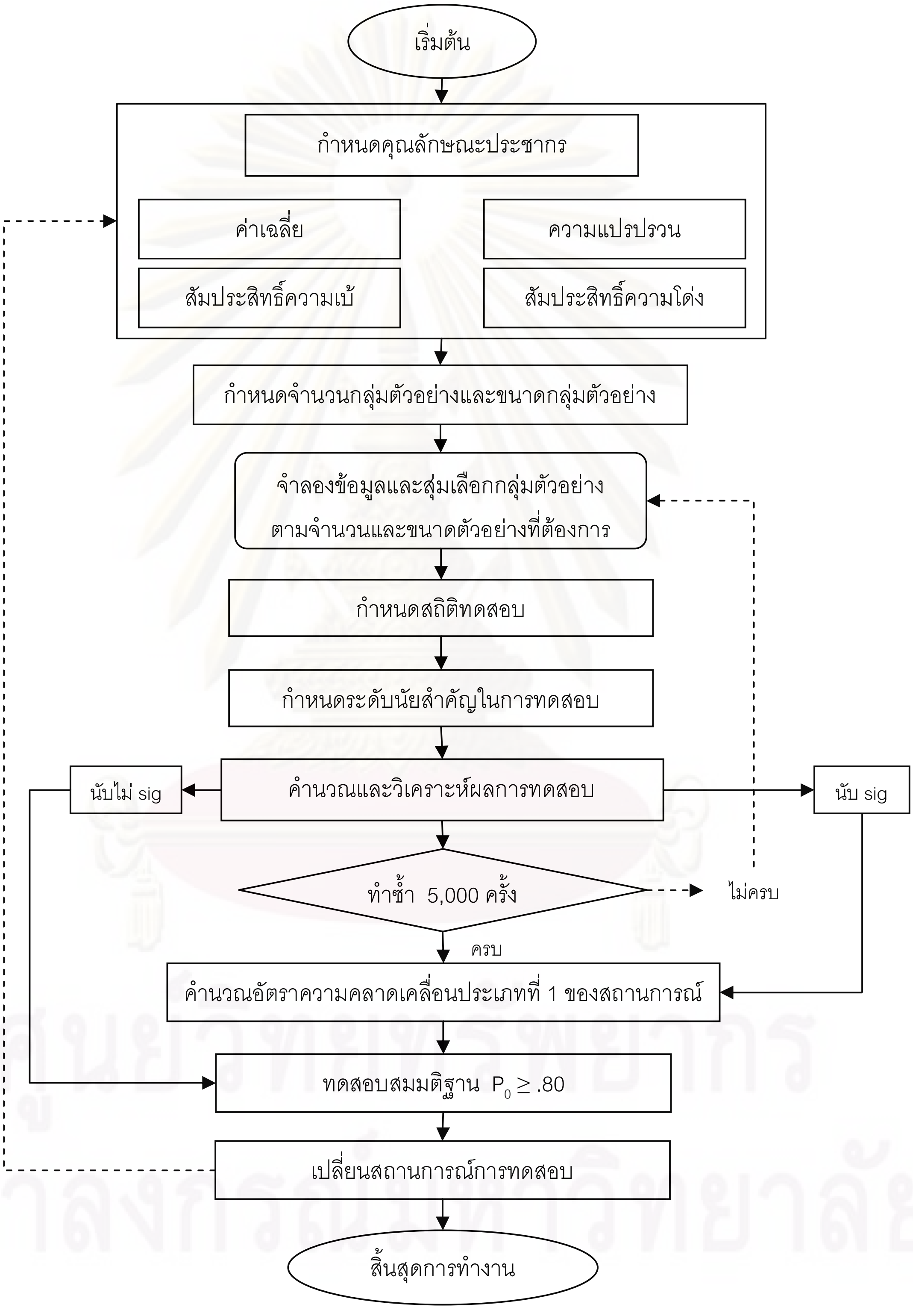
7.3 คำนวณค่าสถิติการทดสอบซี แล้วทำการเปรียบเทียบค่าสถิติทดสอบที่ได้จากการคำนวณกับค่าวิกฤตแบบหางเดียวที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ ถ้าค่าสถิติซีที่ได้จากการคำนวณตกอยู่ในบริเวณวิกฤตจะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (Reject H_0) และยอมรับสมมติฐานทางเลือก (Accept H_a) แต่ถ้าค่าสถิติซีที่ได้จากการคำนวณตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต จะยอมรับสมมติฐานศูนย์ (Accept H_0) หรืออาจสรุปได้ว่ายังไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (Retain H_0)

8. ทำการทดสอบซ้ำในข้อที่ 1 ถึงข้อที่ 7 จนครบทุกสถานการณ์ตามที่กำหนดไว้ในแผนการดำเนินงานวิจัย

9. สรุปและอภิปรายผลการวิจัยทั้งหมดที่ได้

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมสามารถอธิบายเป็นแผนการทำงาน (Flowchart) ได้ดังนี้



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบทีซึ่งใช้ในการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร 3 ลักษณะคือ เมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม, เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน ด้วยลักษณะการแจกแจงข้อมูลของประชากรไม่เป็นโค้งปกติ และเพื่อศึกษาหาค่าความเบ้และค่าความโด่งที่ทำให้สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง ภายใต้ข้อกำหนดของขนาดกลุ่มตัวอย่าง n = 10, 30, 60 (กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและทดสอบจากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันกำหนดให้ n_1 = 10, 30, 60 n_2 = n_1 x 130%, n_1 x 150%) ระดับนัยสำคัญในการทดสอบแบบสองทาง α = .01, .05, .10 กำหนดค่าความเบ้ในการศึกษา sk = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 ค่าความโด่งในการศึกษา ku = 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 10.0

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โล ซิมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation Technique) โดยแต่ละกรณีทำการทดลองซ้ำ 5,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม MATLAB และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) โดยแบ่งเป็น

1.1 กรณีมีประชากร 1 กลุ่ม

1.2 กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

1.3 กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์ (n_1 = 10, 30, 60, n_2 = 13, 39, 78)

1.4 กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ (n_1 = 10, 30, 60, n_2 = 15, 45, 90)

1.5 กรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

ตอนที่ 2 ผลการทดสอบสมมติฐานสัดส่วนการทดสอบได้ถูกต้องของสถิติทดสอบที

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแกร่งของสถิติทดสอบที

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการทดลองมีดังนี้

n_i แทนขนาดกลุ่มตัวอย่างใด ๆ

α แทนค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ใช้ในการทดลอง

sk แทนค่าความเบ้ของกลุ่มประชากรที่ใช้ในการทดลอง

ku แทนค่าความโด่งของกลุ่มประชากรที่ใช้ในการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที

1.1 เมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01 ด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10, 30 และ 60 หน่วยตัวอย่าง ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 พบว่า

การทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0 และ 0.5 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 1.0 เมื่อค่าความโด่งเท่ากับ 3.0 สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อค่าความโด่งเท่ากับ 4.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ก็ต่อเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 30 และ 60 หน่วยตัวอย่าง เมื่อค่าความโด่งเท่ากับ 5.0, 6.0 และ 1.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง สำหรับในสถานการณ์ทดลองที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ พบว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley ($\hat{\alpha} > 1.5\alpha$)

การทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 1.5 ค่าความโด่งเป็น 3.0, 4.0 5.0, 6.0 และ 10 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อประชากรมีค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 และทำการทดสอบด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 60 หน่วยตัวอย่าง โดยมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองเท่ากับ 0.01 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley ($\hat{\alpha} > 1.5\alpha$)

การทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 2.0, 2.5 และ 3.0 ทุกค่าความโด่งที่ทำการศึกษาสถิติทดสอบทีไม่สามารถควบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองสูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley ($\hat{\alpha} > 1.5\alpha$)

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05 ด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10, 30 และ 60 หน่วยตัวอย่าง ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 พบว่า

การทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0 และ 0.5 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 1.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นการทดสอบในกรณีที่มีค่าความโด่งเท่ากับ 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 โดยมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองเท่ากับ 0.0786 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley ($\hat{\alpha} > 1.5\alpha$)

การทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 1.5 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0 4.0 5.0 6.0 และ 10.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เป็นส่วนใหญ่ คิดเป็น 73.33 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0 และ 6.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 และ 60 หน่วยตัวอย่าง แต่ที่ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่างตัวอย่าง

การทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 2.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 5.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 และ 60 หน่วยตัวอย่าง ได้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองเท่ากับ 0.0622 และ 0.0650 ตามลำดับ ที่ความโด่งเท่ากับ 6.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 60 หน่วยตัวอย่างเท่านั้น ได้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองเท่ากับ 0.0674 ที่ความโด่งเท่ากับ 10.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 และ 60 หน่วยตัวอย่างและสำหรับทุกสถานการณ์ทดลองที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้พบว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley ($\hat{\alpha} > 1.5\alpha$) ทุกค่า

การทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองสูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่า

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05 ด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10, 30 และ 60 หน่วยตัวอย่าง ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 พบว่า

จากสถานการณ์การทดลองทั้งหมด 75 สถานการณ์ สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ 70 สถานการณ์ โดยสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จำนวน 5 สถานการณ์ ได้แก่ 1) สถานการณ์การทดลองที่ความเบ้เท่ากับ 2.0 ความโด่งเท่ากับ 5.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 หน่วยตัวอย่าง 2) สถานการณ์การทดลองที่ความเบ้เท่ากับ 2.0 ความโด่งเท่ากับ 5.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 30 หน่วยตัวอย่าง 3) สถานการณ์การทดลองที่ความเบ้เท่ากับ 2.0 ความโด่งเท่ากับ 6.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 หน่วยตัวอย่าง 4) สถานการณ์ทดลองที่ความเบ้เท่ากับ 2.5 ความโด่งเท่ากับ 10 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 หน่วยตัวอย่าง และ 5) สถานการณ์ทดลองที่ความเบ้เท่ากับ 3.0 ความโด่งเท่ากับ 10 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 หน่วยตัวอย่าง โดยมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองเท่ากับ 0.2084, 0.1752, 0.1990, 0.2064 และ 0.4282 ตามลำดับ ซึ่งอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองทั้ง 5 ต่างมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley ($\hat{\alpha} > 1.5\alpha$)

ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และแผนภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 1 กลุ่ม

sk	n	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$)														
		α = .01					α = .05					α = .10				
		ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
0.0	10	0.0090	0.0094	0.0100	0.0094	0.0082	0.0474	0.0498	0.0528	0.0482	0.0474	0.0954	0.0996	0.1052	0.1064	0.0966
	30	0.0104	0.0086	0.0098	0.0092	0.0082	0.0528	0.0464	0.0528	0.0464	0.0530	0.1002	0.1048	0.1040	0.0930	0.1024
	60	0.0094	0.0114	0.0100	0.0094	0.0070	0.0484	0.0518	0.0480	0.0514	0.0420	0.0992	0.0992	0.1006	0.0980	0.0924
0.5	10	0.0144	0.0120	0.0102	0.0082	0.0096	0.0556	0.0530	0.0482	0.0442	0.0480	0.1040	0.1044	0.1024	0.0922	0.0998
	30	0.0142	0.0122	0.0094	0.0096	0.0106	0.0564	0.0494	0.0478	0.0502	0.0488	0.1018	0.1012	0.0984	0.0996	0.1046
	60	0.0096	0.0114	0.0098	0.0090	0.0094	0.0516	0.0480	0.0500	0.0514	0.0490	0.1030	0.0992	0.1052	0.1040	0.1024
1.0	10	*0.0344	*0.0238	0.0140	0.0130	0.0108	*0.0786	0.0638	0.0594	0.0562	0.0538	0.1164	0.1134	0.1056	0.1068	0.1078
	30	*0.0158	0.0138	0.0138	0.0110	0.0104	0.0532	0.0534	0.0554	0.0546	0.0526	0.0988	0.0950	0.1006	0.1058	0.0986
	60	*0.0168	0.0132	0.0122	0.0108	0.0076	0.0576	0.0516	0.0520	0.0538	0.0458	0.1078	0.1004	0.0968	0.1070	0.0916
1.5	10	*0.1004	*0.0656	*0.0416	*0.0304	*0.0162	*0.1078	*0.1064	*0.0940	*0.0804	0.0636	0.1094	0.1482	0.1336	0.1278	0.1100
	30	*0.0370	*0.0286	*0.0252	*0.0224	*0.0156	0.0572	0.0642	0.0670	0.0672	0.0560	0.1380	0.1158	0.1162	0.1156	0.1114
	60	*0.0244	*0.0184	*0.0152	*0.0192	0.0100	0.0670	0.0594	0.0572	0.0618	0.0512	0.1018	0.1168	0.1044	0.1126	0.1020

* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

55

ตารางที่ 4.1 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 1 กลุ่ม

sk	n	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$)														
		α = .01					α = .05					α = .10				
		ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
2.0	10	-	-	*0.1972	*0.1188	*0.0382	-	-	*0.1994	*0.1620	*0.0898	-	-	*0.2084	*0.1990	0.1388
	30	-	-	*0.0524	*0.0394	*0.0268	-	-	0.0622	*0.0852	0.0750	-	-	*0.1752	0.1298	0.1262
	60	-	-	*0.0210	*0.0244	*0.0190	-	-	0.0650	0.0674	0.0632	-	-	0.1330	0.1088	0.1130
2.5	10	-	-	-	-	*0.1020	-	-	-	-	*0.1590	-	-	-	-	*0.2064
	30	-	-	-	-	*0.0538	-	-	-	-	*0.1020	-	-	-	-	0.1412
	60	-	-	-	-	*0.0318	-	-	-	-	*0.0770	-	-	-	-	0.1250
3.0	10	-	-	-	-	*0.4222	-	-	-	-	*0.4228	-	-	-	-	*0.4282
	30	-	-	-	-	*0.0702	-	-	-	-	*0.0820	-	-	-	-	0.0780
	60	-	-	-	-	*0.0366	-	-	-	-	*0.1178	-	-	-	-	0.1448

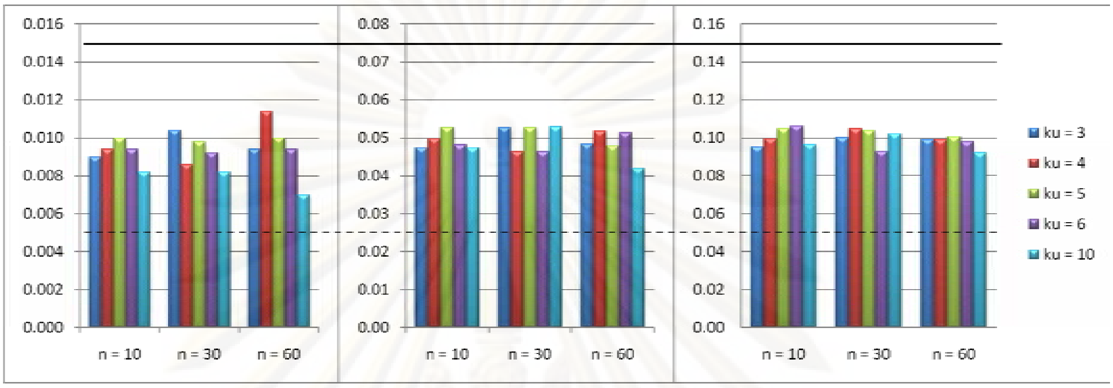
* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

56

แผนภาพที่ 4.1 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 1 กลุ่ม

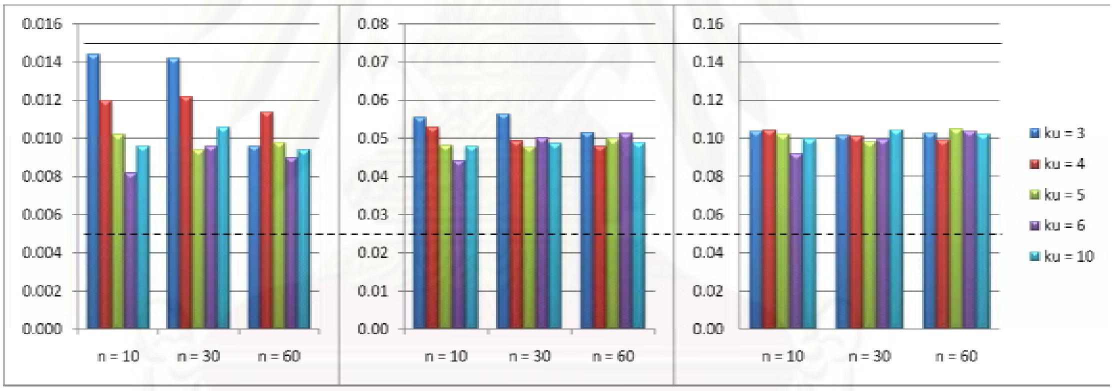
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley --- ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 0.0



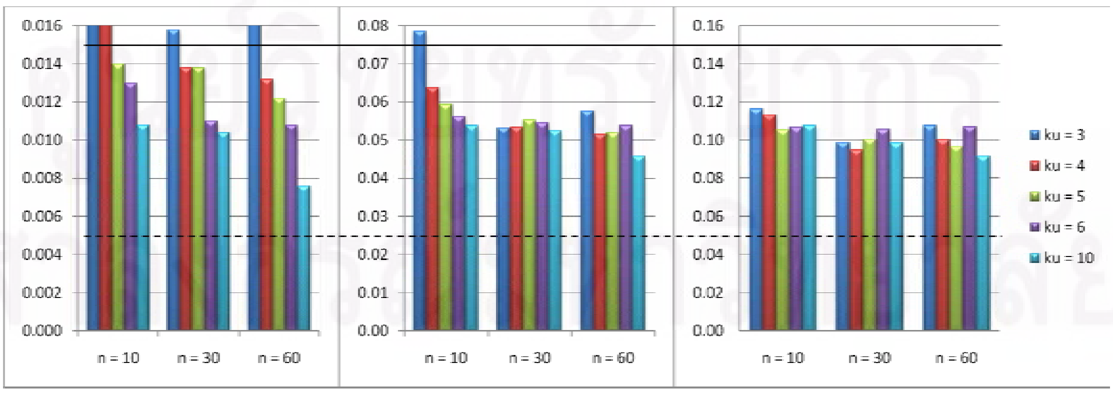
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 0.5



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 1.0

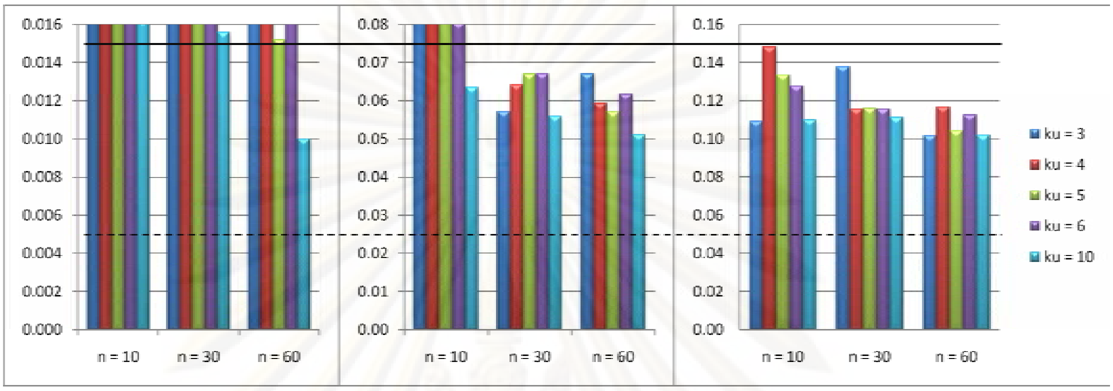


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.1 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 1 กลุ่ม

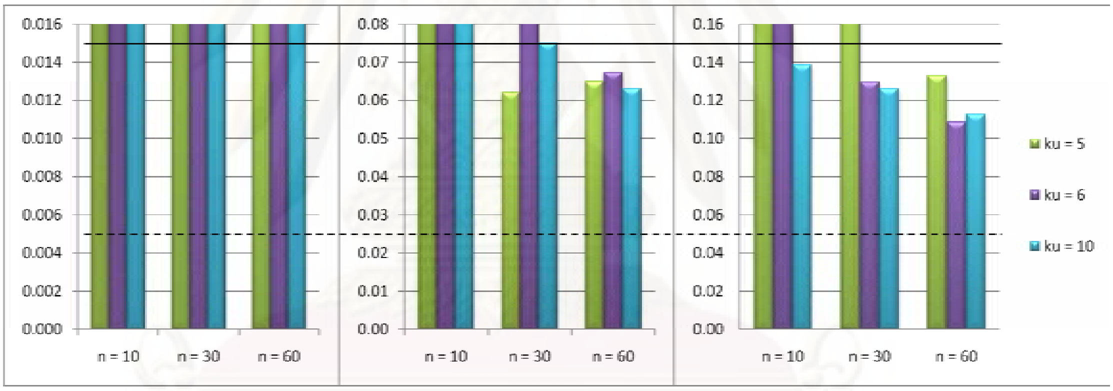
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley - - - ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 1.5



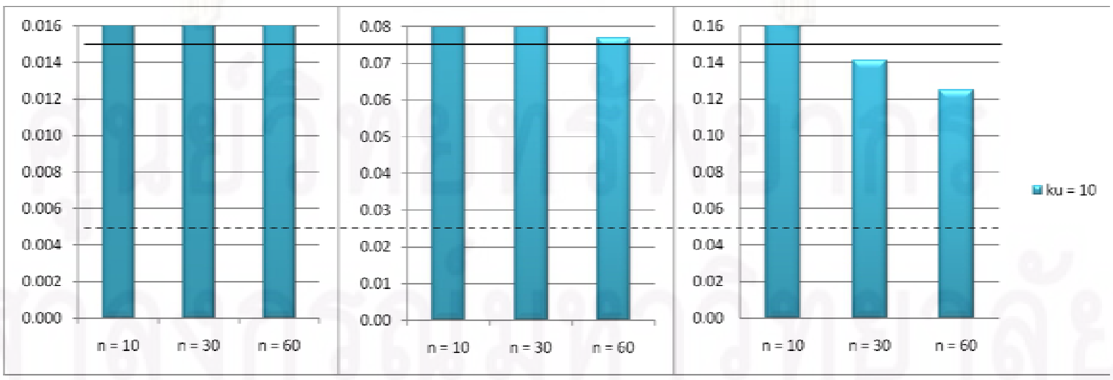
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.0



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.5

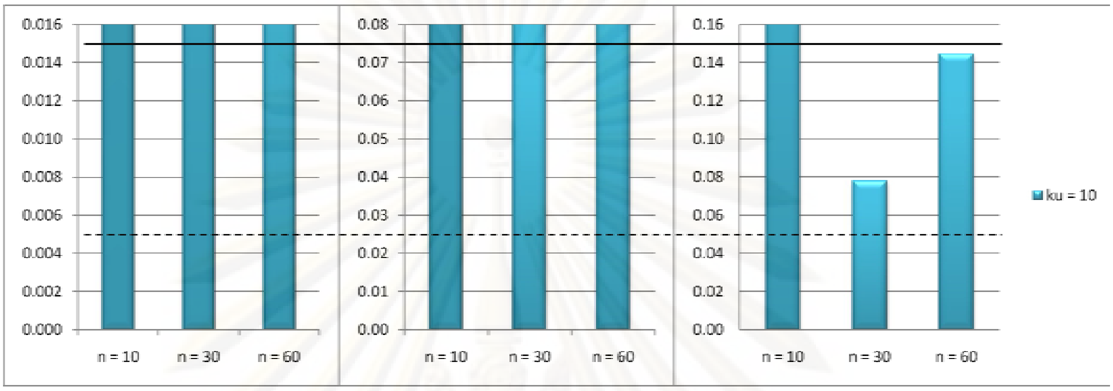


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.1 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 1 กลุ่ม

___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley --- ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 3.0



α = .01 α = .05 α = .10

1.2 เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01 ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน n_i = 10, 30, และ 60 ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่า

สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 70 สถานการณ์ โดยการทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ทุกค่าความโด่งและทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง แต่ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 2.0, 2.5 และ 3.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้บางส่วน คิดเป็น 66.67 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสถานการณ์ที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ดังนี้

1. กรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 2.0 และค่าความโด่งเท่ากับ 5.0 หรือ 6.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ (n_i) 30 และ 60

2. กรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 2.0 และค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

3. กรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 2.5 ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 สถิติทดสอบทีควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อกลุ่มตัวอย่าง $n_i = 30$ และ 60

4. กรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 สถิติทดสอบทีควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อกลุ่มตัวอย่าง $n_i = 60$

สำหรับทุกสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ต่างมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่า

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน n_i = 10, 30, และ 60 ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่า

สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 73 สถานการณ์ โดยการทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0 1.5 และ 2.5 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ทุกค่าความโด่งและทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง แต่ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 2.0, และ 3.0 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้บางส่วน คิดเป็น 88.89 เปอร์เซ็นต์ และ 66.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสถานการณ์ที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ดังนี้

1. กรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 2.0 เมื่อค่าความโด่งเท่ากับ 5.0 สถิติทดสอบทีควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อกลุ่มตัวอย่าง $n_i = 30$ และ 60 เมื่อค่าความโด่งเท่ากับ 6.0 และ 10.0 สถิติทดสอบทีควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2. กรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 เมื่อค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 สถิติทดสอบทีควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อกลุ่มตัวอย่าง $n_i = 30$ และ 60

สำหรับทุกสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ต่างมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่า

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10 ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน n_i = 10, 30, และ 60 ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่า

สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 74 สถานการณ์ โดยการทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ทุกค่าความโด่งและทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง แต่ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 10สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อกลุ่มตัวอย่าง (n_i) มีขนาดเท่ากับ 30 และ 60 หน่วยตัวอย่าง

สำหรับทุกสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ต่างมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่า

ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และแผนภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

sk	n_1	n_2	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$)														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
0.0	10	10	0.0100	0.0090	0.0106	0.0088	0.0068	0.0500	0.0488	0.0554	0.0446	0.0462	0.0988	0.1012	0.1018	0.0978	0.0930
	30	30	0.0104	0.0088	0.0092	0.0088	0.0088	0.0536	0.0498	0.0472	0.0458	0.0530	0.1102	0.1044	0.1006	0.0940	0.1018
	60	60	0.0086	0.0092	0.0100	0.0108	0.0066	0.0454	0.0536	0.0470	0.0476	0.0478	0.0894	0.1034	0.0952	0.0942	0.0980
0.5	10	10	0.0106	0.0108	0.0082	0.0080	0.0064	0.0490	0.0476	0.0492	0.0492	0.0444	0.0958	0.0950	0.1018	0.1018	0.0946
	30	30	0.0102	0.0098	0.0092	0.0076	0.0078	0.0520	0.0498	0.0494	0.0462	0.0448	0.1042	0.0986	0.1036	0.0970	0.0926
	60	60	0.0104	0.0104	0.0112	0.0088	0.0076	0.0554	0.0482	0.0518	0.0456	0.0486	0.1020	0.0938	0.1022	0.0934	0.0988
1.0	10	10	0.0080	0.0092	0.0086	0.0080	0.0080	0.0486	0.0500	0.0468	0.0444	0.0498	0.0972	0.1022	0.0948	0.0970	0.0986
	30	30	0.0134	0.0120	0.0098	0.0086	0.0068	0.0498	0.0526	0.0516	0.0496	0.0462	0.0990	0.1026	0.1050	0.1000	0.1002
	60	60	0.0104	0.0110	0.0082	0.0098	0.0084	0.0512	0.0464	0.0524	0.0458	0.0554	0.1058	0.0988	0.1000	0.1010	0.1088
1.5	10	10	0.0066	0.0056	0.0080	0.0072	0.0064	0.0354	0.0440	0.0444	0.0498	0.0464	0.0958	0.0972	0.0916	0.1014	0.0936
	30	30	0.0076	0.0070	0.0100	0.0060	0.0078	0.0494	0.0466	0.0522	0.0458	0.0484	0.1018	0.0980	0.0988	0.0968	0.1058
	60	60	0.0106	0.0110	0.0088	0.0106	0.0098	0.0512	0.0500	0.0472	0.0516	0.0498	0.1018	0.0984	0.1028	0.0966	0.1012

* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

62

ตารางที่ 4.2 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

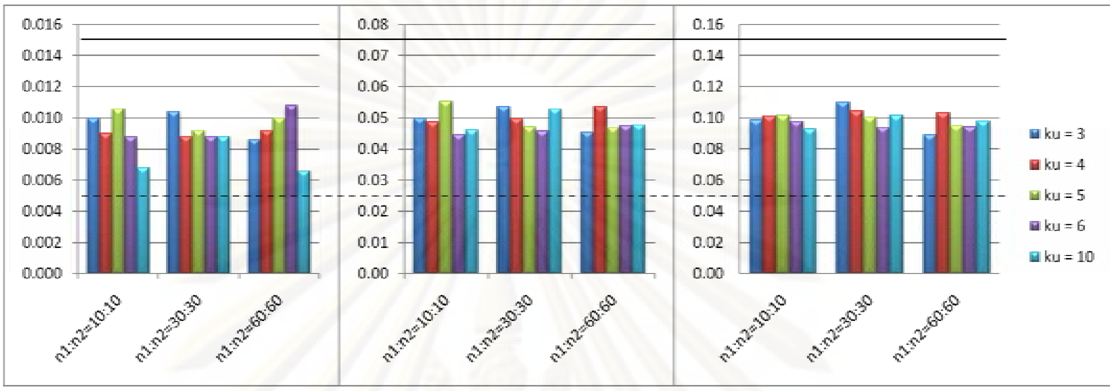
sk	n_1	n_2	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
	10	10	-	-	*0.0020	*0.0042	0.0064	-	-	*0.0232	0.0396	0.0428	-	-	0.0800	0.0952	0.0960
2.0	30	30	-	-	0.0086	0.0100	0.0076	-	-	0.0466	0.0526	0.0526	-	-	0.0998	0.1054	0.0986
	60	60	-	-	0.0102	0.0058	0.0078	-	-	0.0478	0.0434	0.0498	-	-	0.0964	0.0918	0.1040
	10	10	-	-	-	-	*0.0034	-	-	-	-	0.0374	-	-	-	-	0.0914
2.5	30	30	-	-	-	-	0.0076	-	-	-	-	0.0488	-	-	-	-	0.1046
	60	60	-	-	-	-	0.0104	-	-	-	-	0.0496	-	-	-	-	0.1048
	10	10	-	-	-	-	*0.0002	-	-	-	-	*0.0048	-	-	-	-	*0.0346
3.0	30	30	-	-	-	-	*0.0046	-	-	-	-	0.0498	-	-	-	-	0.1072
	60	60	-	-	-	-	0.0078	-	-	-	-	0.0574	-	-	-	-	0.1092

* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

แผนภาพที่ 4.2 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

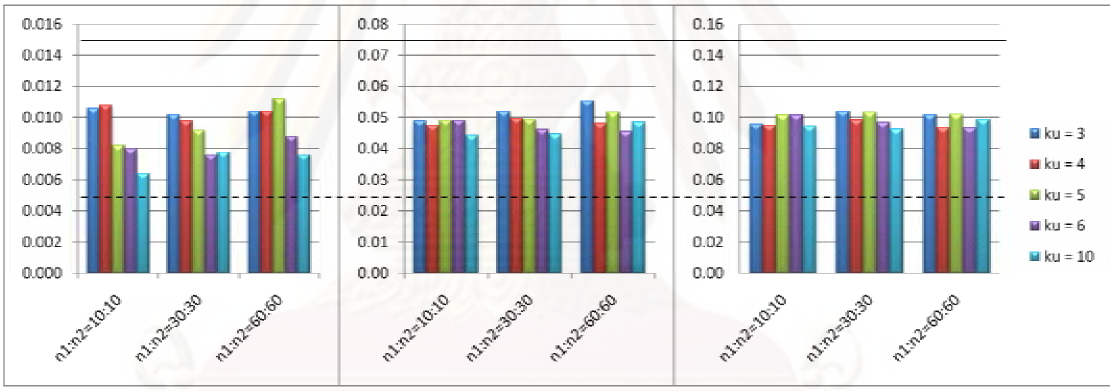
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley - - - ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 0.0



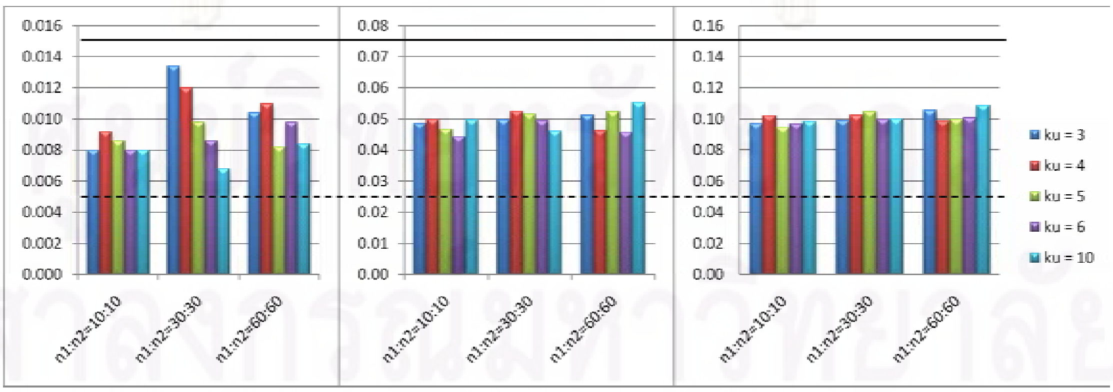
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 0.5



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 1.0

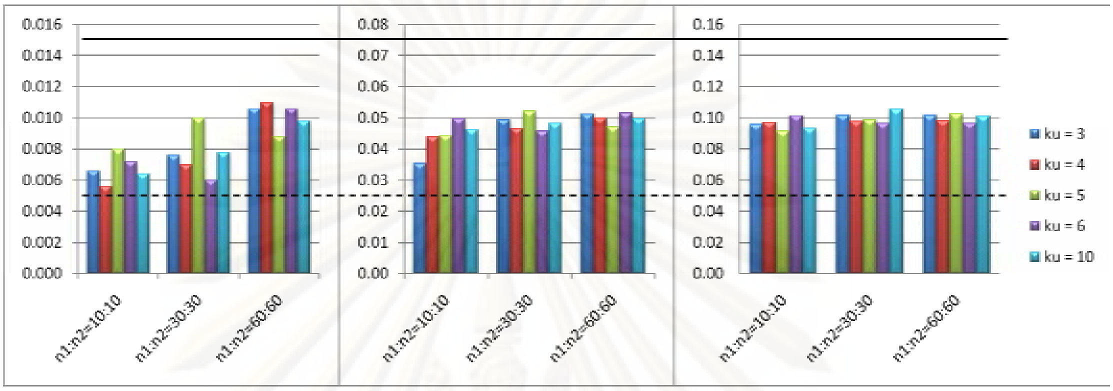


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.2 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

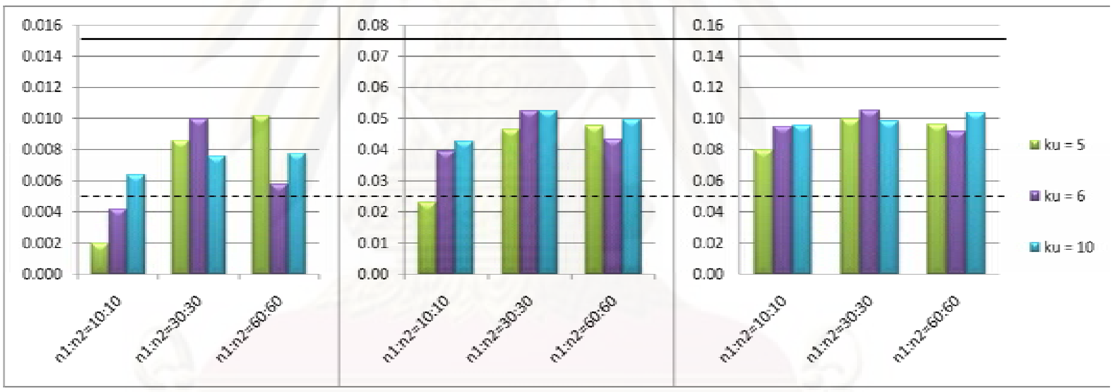
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley --- ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 1.5



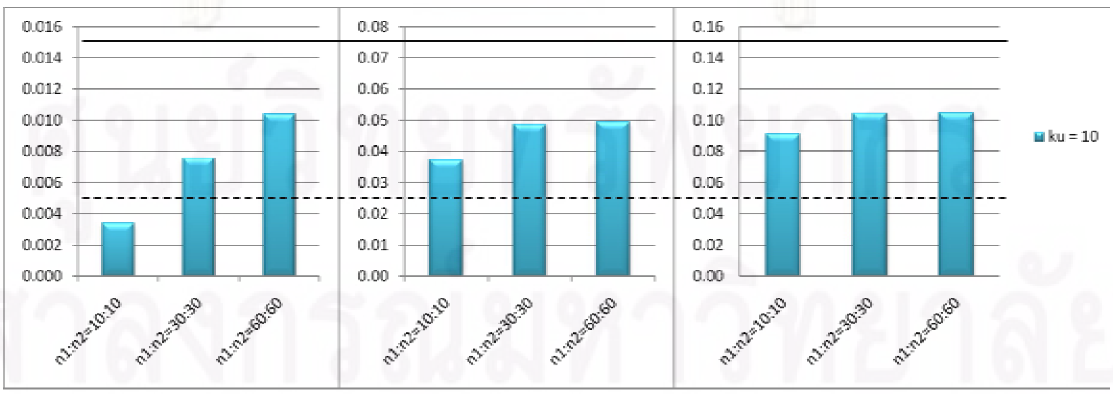
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.0



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.5

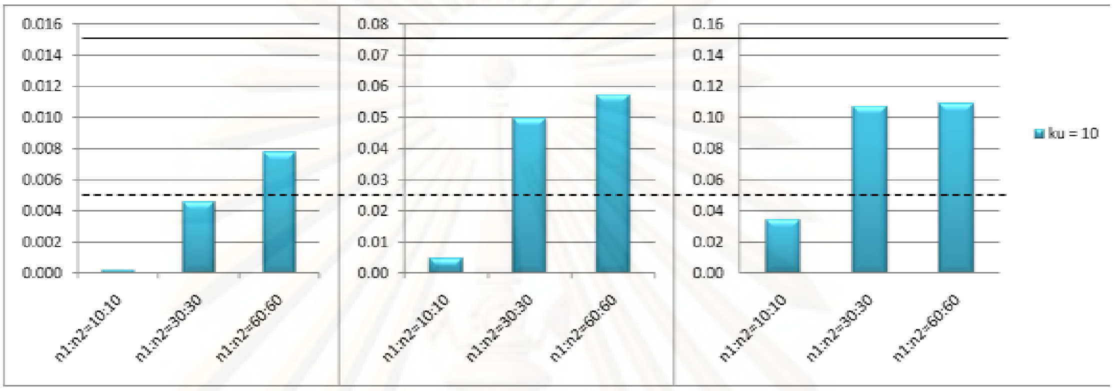


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.2 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley - - - ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 3.0



α = .01 α = .05 α = .10

1.3 เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01 ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์ n_1 = 10, 30, 60 และ n_2 = 13, 39, 78 ตามลำดับ ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่า

สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 71 สถานการณ์ ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5 และ 1.0 ที่ทุกค่าความโด่งและทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 45 สถานการณ์

2. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.5 จำนวน 14 สถานการณ์ คิดเป็น 93.33 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็นที่ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_1 = 30 และ 60

จำนวน 2 สถานการณ์ และที่ค่าความโด่ง 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 สถานการณ์

3. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 2.0 จำนวน 8 สถานการณ์ คิดเป็น 88.89 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็นที่ค่าความโด่งเท่ากับ 5.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง $n_1 = 30$ และ 60 จำนวน 2 สถานการณ์ และที่ค่าความโด่ง 6.0 และ 10.0 ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 สถานการณ์

4. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 2.5 จำนวน 2 สถานการณ์ คิดเป็น 66.67 เปอร์เซ็นต์ คือที่ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง $n_1 = 30$ และ 60

5. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 จำนวน 2 สถานการณ์ คิดเป็น 66.67 เปอร์เซ็นต์ คือที่ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง $n_1 = 30$ และ 60

สำหรับทุกสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ต่างมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่า

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05 ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์ $n_1 = 10$, 30, 60 และ $n_2 = 13$, 39, 78 ตามลำดับ ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่า

สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 74 สถานการณ์ ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ที่ทุกค่าความโด่ง และทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง รวมจำนวน 72 สถานการณ์

2. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 และค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง $n_1 = 30$ และ 60 จำนวน 2 สถานการณ์

สำหรับทุกสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ต่างมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่า

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10 ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์ n_1 = 10, 30, 60 และ n_2 = 13, 39, 78 ตามลำดับ ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่าสถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกค่าความโด่ง และทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และแผนภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

sk	n_1	n_2	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$)														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
	10	13	0.0120	0.0096	0.0088	0.0084	0.0094	0.0486	0.0514	0.0468	0.0490	0.0472	0.1004	0.1058	0.0988	0.0972	0.0956
0.0	30	39	0.0114	0.0100	0.0078	0.0106	0.0086	0.0530	0.0508	0.0490	0.0480	0.0490	0.1072	0.0998	0.0982	0.0976	0.1006
	60	78	0.0102	0.0092	0.0096	0.0068	0.0074	0.0452	0.0556	0.0534	0.0416	0.0474	0.0970	0.1024	0.1032	0.0898	0.0992
	10	13	0.0102	0.0086	0.0082	0.0094	0.0104	0.0534	0.0518	0.0488	0.0522	0.0462	0.1058	0.0974	0.0958	0.1054	0.0968
0.5	30	39	0.0082	0.0112	0.0088	0.0082	0.0070	0.0488	0.0542	0.0518	0.0510	0.0460	0.0994	0.1052	0.1046	0.1024	0.0914
	60	78	0.0080	0.0110	0.0074	0.0076	0.0102	0.0476	0.0530	0.0454	0.0466	0.0460	0.1000	0.1016	0.1004	0.0994	0.0966
	10	13	0.0130	0.0086	0.0074	0.0098	0.0076	0.0582	0.0476	0.0466	0.0456	0.0436	0.1088	0.0928	0.0936	0.0900	0.0964
1.0	30	39	0.0108	0.0090	0.0098	0.0084	0.0102	0.0478	0.0470	0.0498	0.0482	0.0432	0.0950	0.0916	0.0976	0.0992	0.0892
	60	78	0.0086	0.0116	0.0078	0.0102	0.0084	0.0492	0.0514	0.0462	0.0460	0.0494	0.0980	0.1082	0.0974	0.0964	0.1052
	10	13	*0.0028	0.0076	0.0084	0.0066	0.0072	0.0404	0.0438	0.0440	0.0502	0.0478	0.0980	0.0982	0.0934	0.0958	0.1008
1.5	30	39	0.0100	0.0086	0.0080	0.0076	0.0112	0.0480	0.0480	0.0500	0.0506	0.0506	0.0938	0.0956	0.0978	0.1016	0.0996
	60	78	0.0082	0.0106	0.0110	0.0098	0.0110	0.0486	0.0500	0.0508	0.0488	0.0488	0.0924	0.1022	0.1014	0.0998	0.1006

* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

69

ตารางที่ 4.3 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

sk	n_1	n_2	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$)														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
	10	13	-	-	*0.0020	0.0064	0.0064	-	-	0.0394	0.0432	0.0468	-	-	0.0908	0.1004	0.0942
2.0	30	39	-	-	0.0078	0.0088	0.0084	-	-	0.0480	0.0498	0.0500	-	-	0.1004	0.0984	0.1008
	60	78	-	-	0.0138	0.0106	0.0090	-	-	0.0536	0.0526	0.0510	-	-	0.1080	0.1026	0.1014
	10	13	-	-	-	-	*0.0028	-	-	-	-	0.0354	-	-	-	-	0.0844
2.5	30	39	-	-	-	-	0.0064	-	-	-	-	0.0480	-	-	-	-	0.1004
	60	78	-	-	-	-	0.0092	-	-	-	-	0.0512	-	-	-	-	0.1040
	10	13	-	-	-	-	*0.0004	-	-	-	-	*0.0160	-	-	-	-	0.0772
3.0	30	39	-	-	-	-	0.0090	-	-	-	-	0.0512	-	-	-	-	0.0952
	60	78	-	-	-	-	0.0080	-	-	-	-	0.0474	-	-	-	-	0.0998

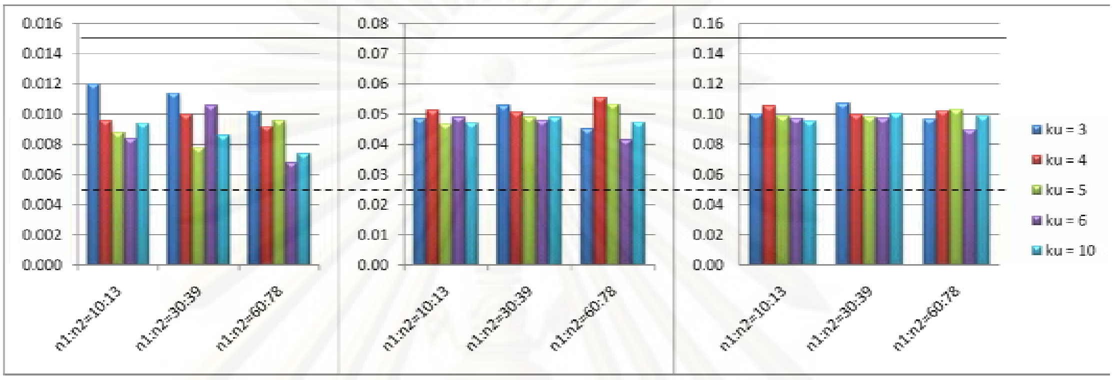
* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

70

แผนภาพที่ 4.3 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

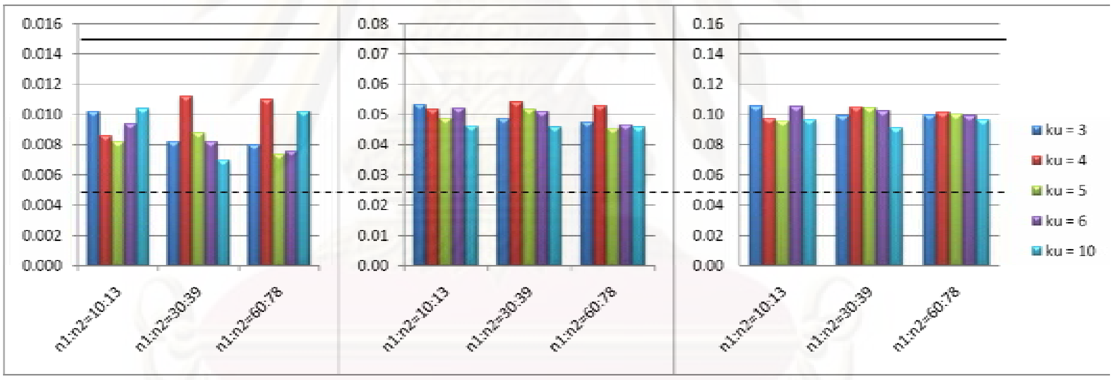
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley --- ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 0.0



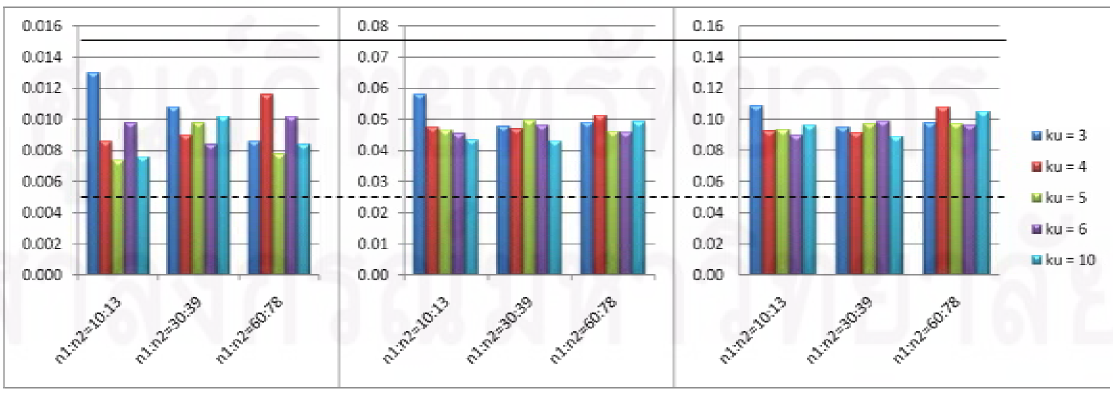
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 0.5



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 1.0

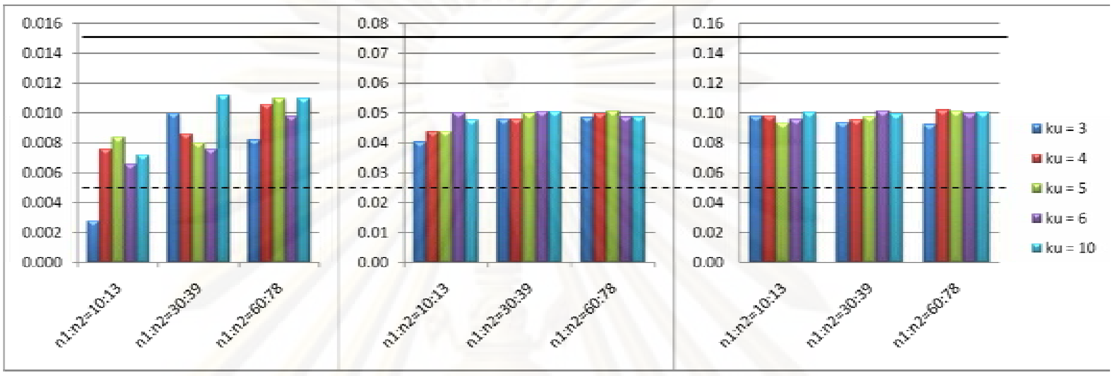


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.3 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

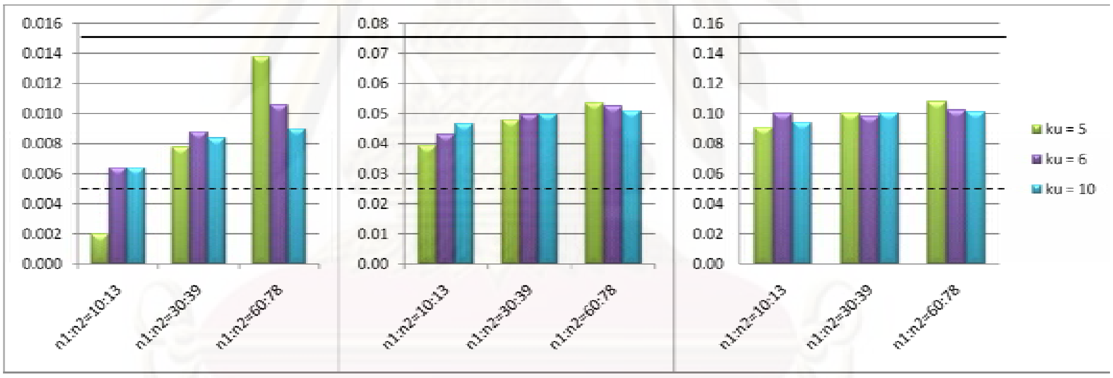
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley --- ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 1.5



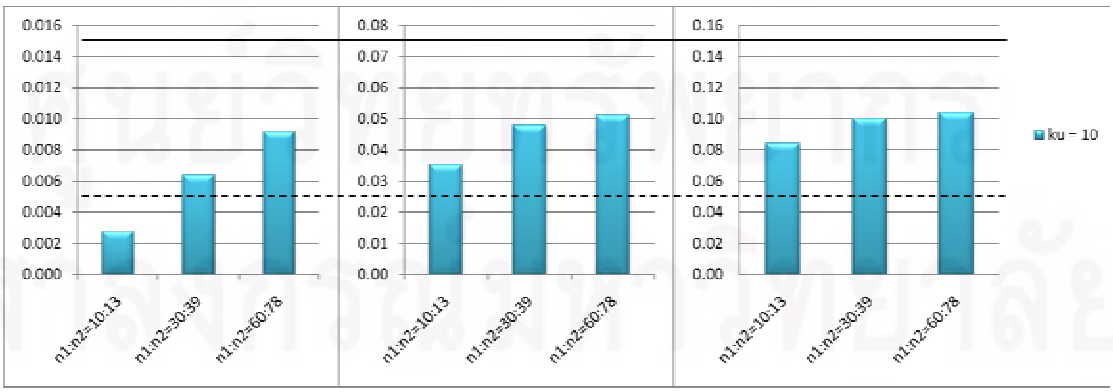
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.0



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.5

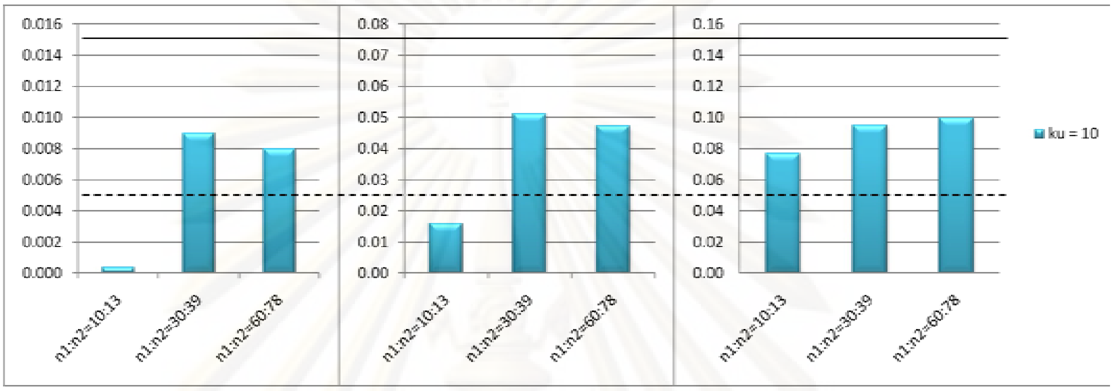


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.3 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley --- ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 3.0



α = .01 α = .05 α = .10

1.4 เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01 ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ n_1 = 10, 30, 60 และ n_2 = 15, 45, 90 ตามลำดับ ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่า

สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 74 สถานการณ์ โดยการทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ที่ทุกค่าความโด่งและทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด แต่ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 10 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_1 = 30 และ 60 หน่วยตัวอย่าง

สำหรับสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้พบว่ามีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley

การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05 ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ n_1 = 10, 30, 60 และ n_2 = 15, 45, 90 ตามลำดับ ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่า

สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 74 สถานการณ์ โดยการทดสอบที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ที่ทุกค่าความโด่งและทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด แต่ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 10 สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_1 = 30 และ 60 หน่วยตัวอย่าง

สำหรับสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้พบว่ามีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley

การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10 ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ n_1 = 10, 30, 60 และ n_2 = 15, 45, 90 ตามลำดับ ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่า สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกค่าความโด่ง และทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และแผนภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

sk	n_1	n_2	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$)														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
0.0	10	15	0.0096	0.0106	0.0088	0.0090	0.0106	0.0496	0.0502	0.0530	0.0512	0.0512	0.0928	0.0990	0.1018	0.1028	0.1000
	30	45	0.0088	0.0094	0.0098	0.0078	0.0080	0.0486	0.0486	0.0476	0.0468	0.0502	0.0986	0.0992	0.1002	0.0986	0.0966
	60	90	0.0102	0.0092	0.0096	0.0068	0.0074	0.0452	0.0556	0.0534	0.0416	0.0474	0.0970	0.1024	0.1032	0.0898	0.0992
0.5	10	15	0.0096	0.0090	0.0098	0.0104	0.0084	0.0482	0.0506	0.0478	0.0484	0.0486	0.0972	0.1012	0.1010	0.1036	0.1062
	30	45	0.0112	0.0086	0.0110	0.0080	0.0088	0.0522	0.0464	0.0514	0.0506	0.0468	0.1032	0.0992	0.1016	0.0992	0.0988
	60	90	0.0080	0.0110	0.0074	0.0076	0.0102	0.0476	0.0530	0.0454	0.0466	0.0460	0.1000	0.1016	0.1004	0.0994	0.0966
1.0	10	15	0.0104	0.0096	0.0102	0.0098	0.0092	0.0470	0.0468	0.0478	0.0446	0.0502	0.0926	0.0982	0.0976	0.0934	0.0992
	30	45	0.0084	0.0080	0.0102	0.0082	0.0072	0.0462	0.0484	0.0470	0.0520	0.0458	0.0950	0.0986	0.0964	0.0936	0.0954
	60	90	0.0086	0.0116	0.0078	0.0102	0.0084	0.0492	0.0514	0.0462	0.0460	0.0494	0.0980	0.1082	0.0974	0.0964	0.1052
1.5	10	15	0.0076	0.0084	0.0074	0.0078	0.0090	0.0498	0.0498	0.0422	0.0438	0.0472	0.0916	0.1016	0.0936	0.0940	0.1044
	30	45	0.0088	0.0078	0.0078	0.0100	0.0062	0.0524	0.0470	0.0428	0.0494	0.0452	0.1050	0.0960	0.0922	0.1018	0.0964
	60	90	0.0082	0.0106	0.0110	0.0098	0.0110	0.0486	0.0500	0.0508	0.0488	0.0488	0.0924	0.1022	0.1014	0.0998	0.1006

* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

ตารางที่ 4.4 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

sk	n_1	n_2	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$)														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
	10	15	-	-	0.0056	0.0078	0.0078	-	-	0.0382	0.0430	0.0472	-	-	0.0934	0.1056	0.0994
2.0	30	45	-	-	0.0090	0.0078	0.0080	-	-	0.0502	0.0492	0.0486	-	-	0.0990	0.0984	0.1016
	60	90	-	-	0.0138	0.0106	0.0090	-	-	0.0536	0.0526	0.0510	-	-	0.1080	0.1026	0.1014
	10	15	-	-	-	-	0.0050	-	-	-	-	0.0354	-	-	-	-	0.0894
2.5	30	45	-	-	-	-	0.0062	-	-	-	-	0.0438	-	-	-	-	0.0972
	60	90	-	-	-	-	0.0092	-	-	-	-	0.0512	-	-	-	-	0.1040
	10	15	-	-	-	-	*0.0018	-	-	-	-	*0.0164	-	-	-	-	0.0696
3.0	30	45	-	-	-	-	0.0080	-	-	-	-	0.0416	-	-	-	-	0.1150
	60	90	-	-	-	-	0.0080	-	-	-	-	0.0474	-	-	-	-	0.0998

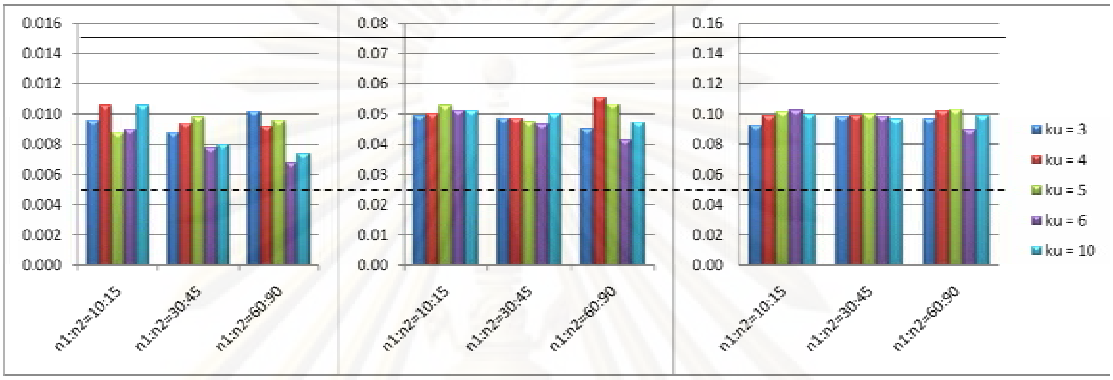
* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

76

แผนภาพที่ 4.4 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

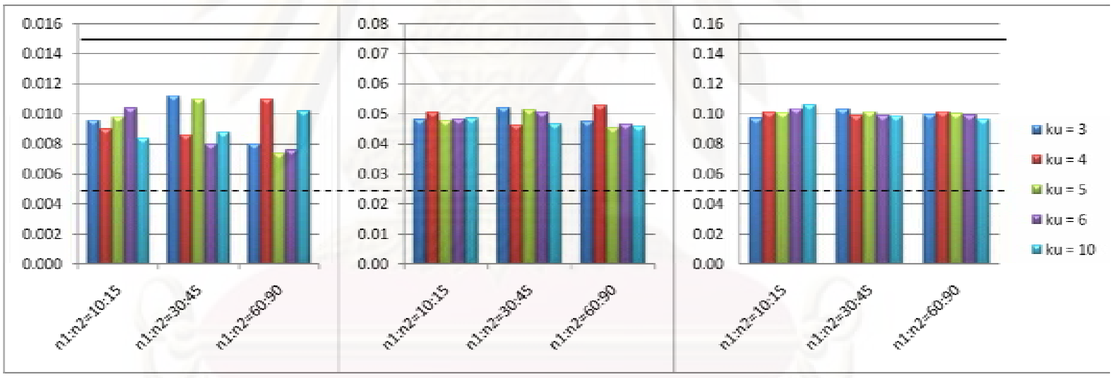
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley - - - ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 0.0



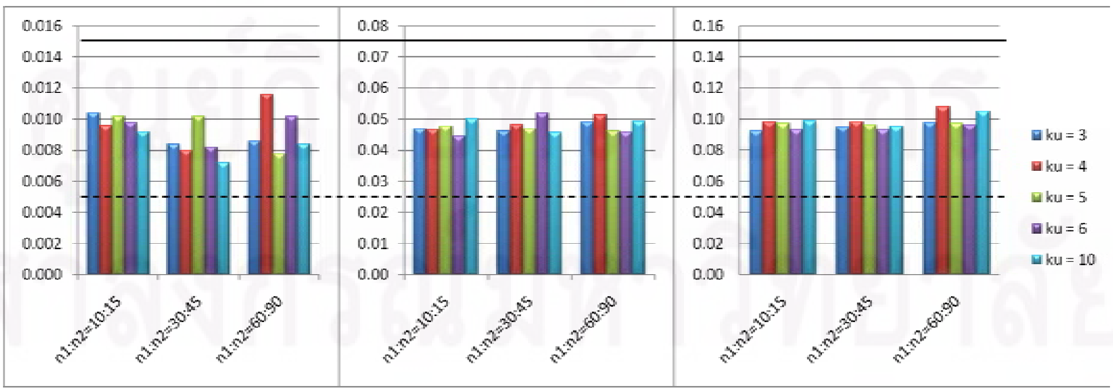
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 0.5



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 1.0

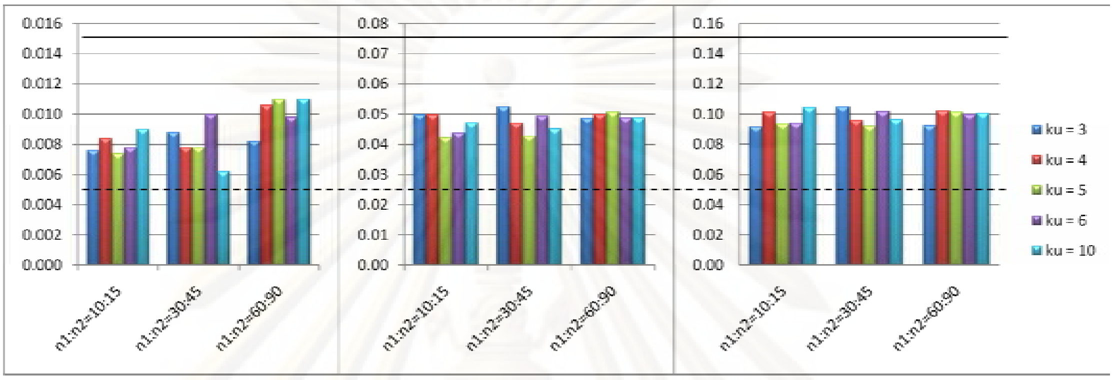


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.4 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

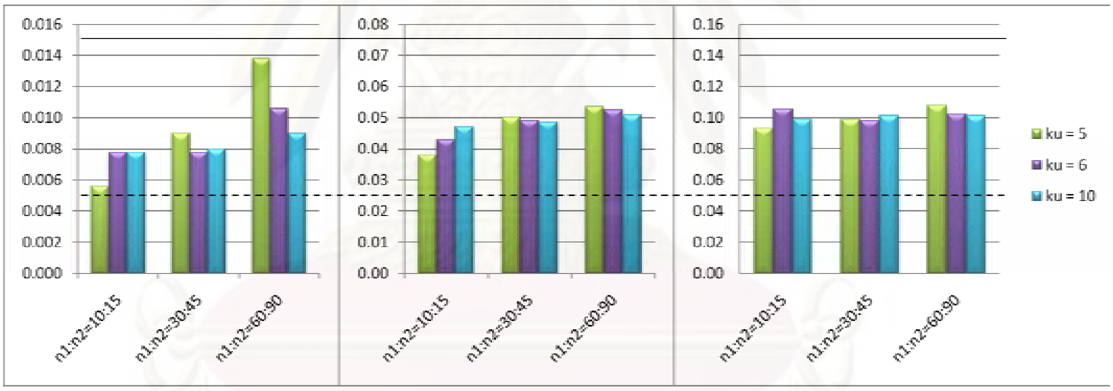
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley - - - ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 1.5



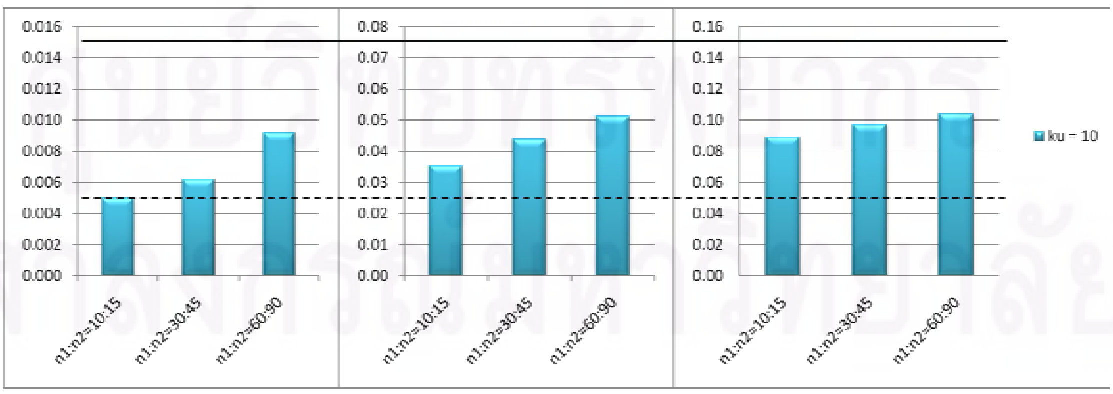
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.0



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.5

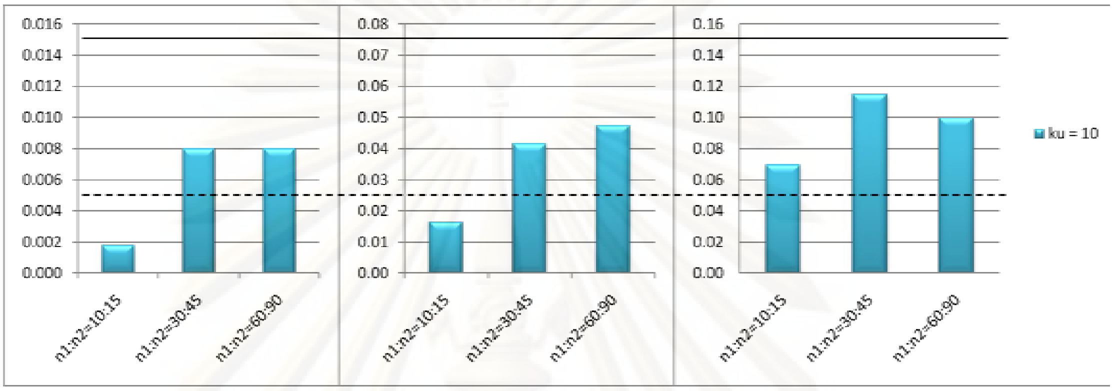


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.4 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley --- ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 3.0



α = .01 α = .05 α = .10

1.5 เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01 ด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 10, 30 และ 60 ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่าสถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 67 สถานการณ์ ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5 และ 1.0 ที่ทุกค่าความโด่งและทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง รวมจำนวน 45 สถานการณ์

2. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.5 จำนวน 13 สถานการณ์ คิดเป็น 86.67 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็นที่ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 30 และ 60 จำนวน 2 สถานการณ์ ที่ค่าความโด่งเท่ากับ 4.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 30 และ 60 จำนวน 2 สถานการณ์ และที่ค่าความโด่งเท่ากับ 5.0, 6.0 และ 10.0 ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 สถานการณ์

3. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 2.0 จำนวน 7 สถานการณ์ คิดเป็น 77.78 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็นที่ค่าความโด่งเท่ากับ 5.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 30 และ 60 จำนวน 2 สถานการณ์ ที่ค่าความโด่งเท่ากับ 6.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 30 และ 60 จำนวน 2 สถานการณ์ และที่ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 สถานการณ์

4. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 2.5 จำนวน 1 สถานการณ์ คิดเป็น 33.33 เปอร์เซ็นต์ คือที่ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 60

5. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 จำนวน 1 สถานการณ์ คิดเป็น 33.33 เปอร์เซ็นต์ คือที่ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 60

สำหรับทุกสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ต่างมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่า

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05 ด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 10, 30 และ 60 ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่าสถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 74 สถานการณ์ ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ที่ทุกค่าความโด่ง และทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง รวมจำนวน 72 สถานการณ์

2. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 จำนวน 2 สถานการณ์ คิดเป็น 66.67 เปอร์เซ็นต์ คือที่ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 30 และ 60

สำหรับทุกสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ต่างมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่า

<u>การทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10</u>

ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10 ด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 10, 30 และ 60 ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ค่าความโด่งเท่ากับ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 รวมจำนวนทั้งสิ้น 75 สถานการณ์ ปรากฏว่าสถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จำนวน 74 สถานการณ์ ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ที่ทุกค่าความโด่ง และทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง รวมจำนวน 72 สถานการณ์

2. การทดสอบกรณีข้อมูลมีค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 จำนวน 2 สถานการณ์ คิดเป็น 66.67 เปอร์เซ็นต์ คือที่ค่าความโด่งเท่ากับ 10.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 30 และ 60

สำหรับทุกสถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ต่างมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองน้อยกว่ากว่าเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่า

ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และแผนภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

sk	n_1	n_2	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$)														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
0.0	10	10	0.0074	0.0098	0.0072	0.0102	0.0092	0.0464	0.0522	0.0468	0.0468	0.0492	0.0922	0.1062	0.0970	0.0980	0.1056
	30	30	0.0108	0.0114	0.0106	0.0090	0.0092	0.0504	0.0530	0.0506	0.0502	0.0482	0.1010	0.1088	0.1004	0.0996	0.0976
	60	60	0.0118	0.0100	0.0106	0.0102	0.0078	0.0478	0.0508	0.0544	0.0420	0.0462	0.0942	0.0976	0.1068	0.0956	0.0996
0.5	10	10	0.0070	0.0080	0.0100	0.0088	0.0080	0.0464	0.0522	0.0472	0.0510	0.0462	0.0946	0.0952	0.0976	0.0994	0.0962
	30	30	0.0126	0.0086	0.0114	0.0070	0.0060	0.0484	0.0502	0.0500	0.0486	0.0474	0.1020	0.0974	0.1016	0.1008	0.1008
	60	60	0.0108	0.0076	0.0116	0.0106	0.0106	0.0492	0.0466	0.0540	0.0466	0.0540	0.1010	0.0940	0.1060	0.0960	0.0980
1.0	10	10	0.0086	0.0096	0.0102	0.0090	0.0078	0.0554	0.0528	0.0462	0.0486	0.0482	0.1072	0.1024	0.0962	0.0996	0.0982
	30	30	0.0116	0.0088	0.0082	0.0074	0.0120	0.0500	0.0484	0.0488	0.0442	0.0514	0.1008	0.1000	0.0992	0.0950	0.1054
	60	60	0.0120	0.0090	0.0086	0.0114	0.0108	0.0476	0.0474	0.0472	0.0480	0.0516	0.0976	0.0960	0.0988	0.1000	0.0982
1.5	10	10	*0.0020	*0.0042	0.0050	0.0066	0.0072	0.0370	0.0496	0.0404	0.0480	0.0432	0.0982	0.1044	0.1024	0.1010	0.0940
	30	30	0.0086	0.0094	0.0098	0.0072	0.0072	0.0508	0.0460	0.0528	0.0542	0.0512	0.1046	0.1014	0.1038	0.1094	0.1046
	60	60	0.0070	0.0088	0.0118	0.0088	0.0092	0.0538	0.0488	0.0514	0.0474	0.0478	0.1014	0.1014	0.1042	0.0974	0.1052

* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

82

ตารางที่ 4.5 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

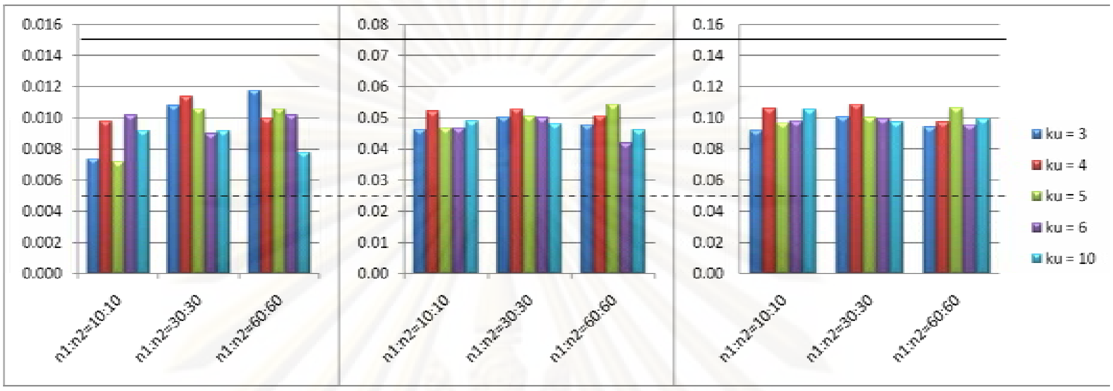
sk	n_1	n_2	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$)														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
	10	10	-	-	*0.0012	*0.0010	0.0082	-	-	0.0250	0.0304	0.0468	-	-	0.0806	0.0858	0.0970
2.0	30	30	-	-	0.0076	0.0078	0.0082	-	-	0.0484	0.0466	0.0466	-	-	0.0996	0.1024	0.1016
	60	60	-	-	0.0086	0.0088	0.0070	-	-	0.0508	0.0470	0.0474	-	-	0.0972	0.0942	0.0996
	10	10	-	-	-	-	*0.0018	-	-	-	-	0.0288	-	-	-	-	0.0832
2.5	30	30	-	-	-	-	*0.0042	-	-	-	-	0.0388	-	-	-	-	0.0958
	60	60	-	-	-	-	0.0068	-	-	-	-	0.0482	-	-	-	-	0.1064
	10	10	-	-	-	-	*0.0002	-	-	-	-	*0.0076	-	-	-	-	*0.0362
3.0	30	30	-	-	-	-	*0.0030	-	-	-	-	0.0434	-	-	-	-	0.1016
	60	60	-	-	-	-	0.0084	-	-	-	-	0.0504	-	-	-	-	0.1038

* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

แผนภาพที่ 4.5 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

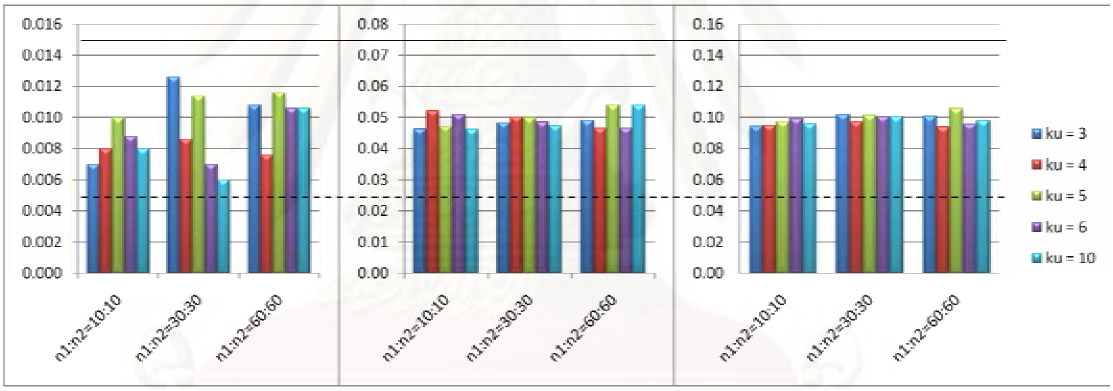
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley --- ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 0.0



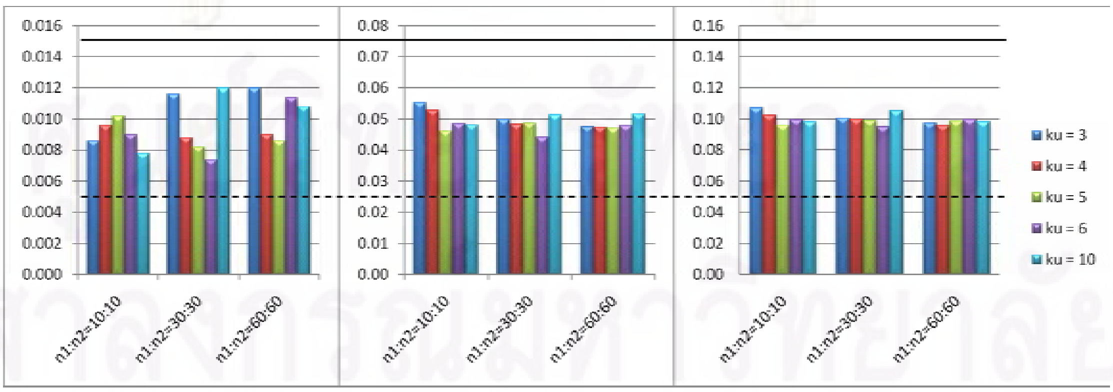
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 0.5



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 1.0

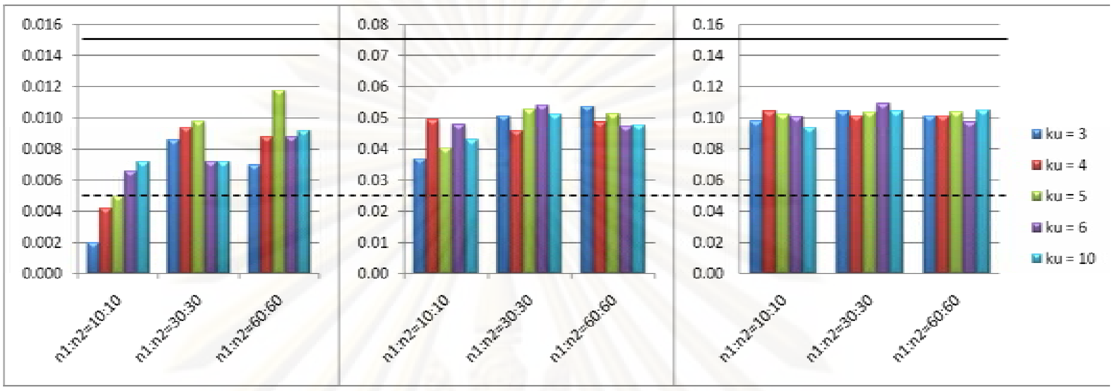


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.5 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

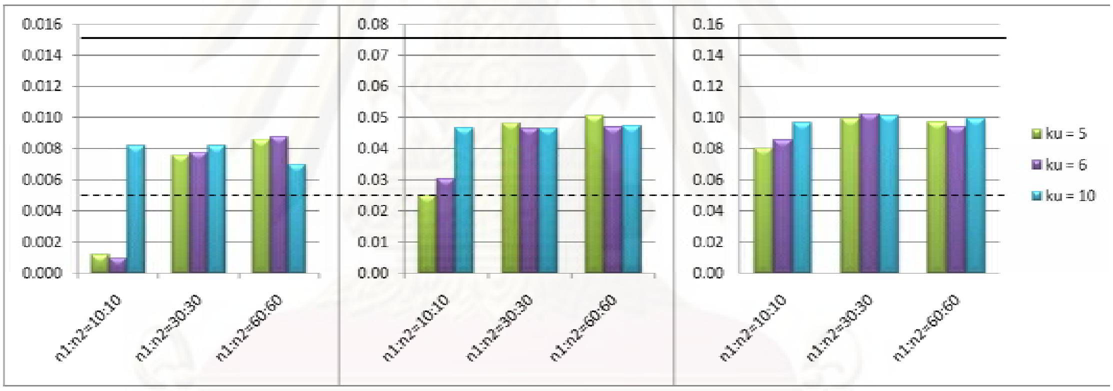
___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley --- ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 1.5



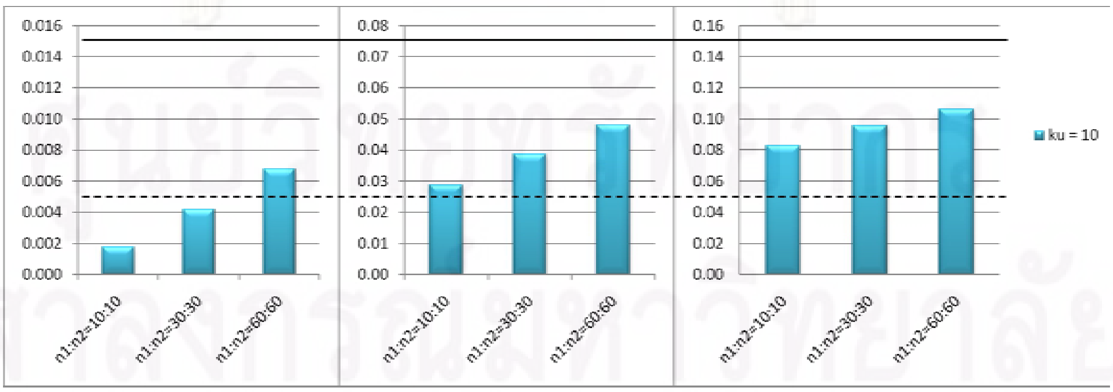
α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.0



α = .01 α = .05 α = .10

sk = 2.5

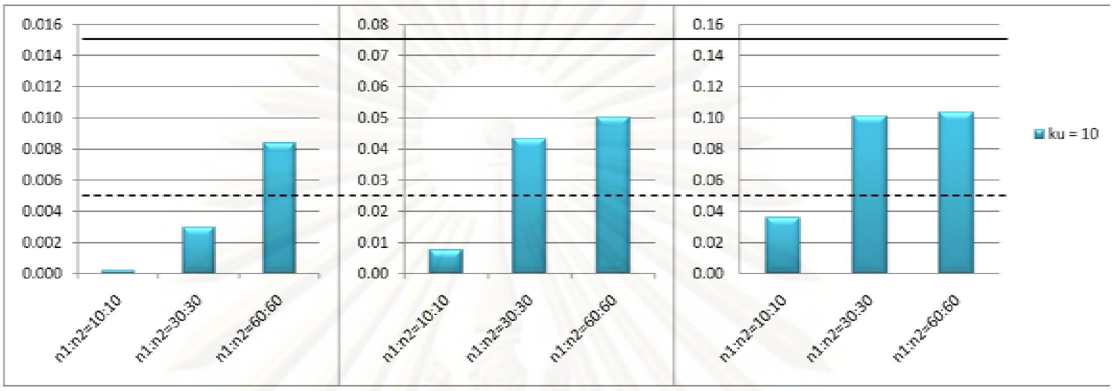


α = .01 α = .05 α = .10

แผนภาพที่ 4.5 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

___ ค่าสูงสุดตามเกณฑ์ของ Bradley - - - ค่าต่ำสุดตามเกณฑ์ของ Bradley

sk = 3.0



α = .01 α = .05 α = .10

ตอนที่ 2 ผลการทดสอบสมมติฐาน สัดส่วนการทดสอบได้ถูกต้องของสถิติทดสอบที

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานความสามารถในการควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทีไว้ที่ระดับ .80 ($H_0 \geq .80$: สัดส่วนการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทีมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์) โดยกำหนดการแสดงผลการทดสอบให้สอดคล้องกับลักษณะการแสดงผลการทดสอบของโปรแกรม MATLAB คือ

0 หมายถึง สถิติทดสอบทีมีสัดส่วนการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ ($H_0 \geq .80$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1 หมายถึง ไม่อาจสรุปได้ว่าสถิติทดสอบทีมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ ($H_a < .80$)

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ส่วนใหญ่มีผลการทดสอบเป็น “0” นั่นหมายความว่าสถิติทดสอบทีมีความสามารถในการควบคุมค่าคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีเพียงบางสถานการณ์ที่ไม่อาจสรุปได้ว่าสถิติทดสอบทีมีความสามารถในการควบคุมคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้แก่

1. การทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม (One sample t-test) ด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10 หน่วยตัวอย่าง ที่มีค่าความเบ้ 3.0 ค่าความโด่ง 10 และทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ .01

2. การทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม (One sample t-test) ด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10 หน่วยตัวอย่าง ที่มีค่าความเบ้ 3.0 ค่าความโด่ง 10 และทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ .05

3. การทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม (One sample t-test) ด้วยขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10 หน่วยตัวอย่าง ที่มีค่าความเบ้ 3.0 ค่าความโด่ง 10 และทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ .10

โดยทั้ง 3 สถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ต่างมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองสูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งสิ้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัดส่วนการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทีแบบต่าง ๆ

sk	n_1	n_2	ผลการทดสอบสมมติฐาน														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
เมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม																	
0.0	10	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	10	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0	10	-	0*	0*	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	-	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	-	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	10	-	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0	0	0	0	0	0
	30	-	0*	0*	0*	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	-	0*	0*	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	10	-	-	-	0*	0*	0*	-	-	0*	0*	0*	-	-	0*	0*	0
	30	-	-	-	0*	0*	0*	-	-	0	0*	0	-	-	0	0	0
	60	-	-	-	0*	0*	0*	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
2.5	10	-	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*
	30	-	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0
	60	-	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0
3.0	10	-	-	-	-	-	1*	-	-	-	-	1*	-	-	-	-	1*
	30	-	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0
	60	-	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0
เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกันและกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน																	
0.0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัดส่วนการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทีแบบต่าง ๆ

sk	n_1	n_2	ผลการทดสอบสมมติฐาน														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกันและกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน																	
1.5	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	10	10	-	-	0*	0*	0	-	-	0*	0	0	-	-	0	0	0
	30	30	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
	60	60	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
2.5	10	10	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	30	30	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	60	60	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
3.0	10	10	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*
	30	30	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	60	60	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และมีขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30%																	
0.0	10	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	10	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0	10	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	10	13	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	10	13	-	-	0*	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
	30	39	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
	60	78	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
2.5	10	13	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	30	39	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	60	78	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัดส่วนการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทีแบบต่าง ๆ

sk	n_1	n_2	ผลการทดสอบสมมติฐาน														
			α = .01					α = .05					α = .10				
			ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และมีขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30%																	
3.0	10	13	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0
	30	39	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	60	78	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
กรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และมีขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50%																	
0.0	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	10	15	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
	30	45	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
	60	90	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
2.5	10	15	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	30	45	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	60	90	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
3.0	10	15	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0
	30	45	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	60	90	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
กรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน																	
0.0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัดส่วนการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทีแบบต่าง ๆ

			ผลการทดสอบสมมติฐาน														
			α = .01					α = .05					α = .10				
sk	n_1	n_2	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10	ku = 3	ku = 4	ku = 5	ku = 6	ku = 10
กรณีมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน																	
1.0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	10	10	0*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	10	10	-	-	0*	0*	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
	30	30	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
	60	60	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
2.5	10	10	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	30	30	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	60	60	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
3.0	10	10	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0*
	30	30	-	-	-	-	0*	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
	60	60	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0

* หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองไม่ตกอยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแกร่งของสถิติทดสอบที

ความแกร่งของสถิติทดสอบทีในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาจากความสามารถของสถิติทดสอบที 2 ประการที่ได้นำเสนอไว้ใน 2 ตอนข้างต้นคือ ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley ต้องมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) จากการทดลองตกอยู่ในช่วง $0.5\alpha - 1.5\alpha$ และค่าสัดส่วนความสามารถในการทดสอบได้ถูกต้องของสถิติทดสอบทีที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

เมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม

จากการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01, .05, .10 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง n_i = 10, 30, 60 ค่าความเบ้ sk = 0, 0.5, 1.0, 1.5,2.0, 2.5, 3.0 ค่าความโด่ง ku = 3, 4, 5, 6, 10 รวมจำนวนสถานการณ์ในการทดสอบ 225 สถานการณ์ พบว่าสถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ “การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ” เป็นส่วนใหญ่คือมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงฯ จำนวน 172 สถานการณ์ โดยเมื่อค่าความเบ้เท่ากับ 0 และ 0.5 สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อค่าความเบ้เพิ่มขึ้นเป็น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ความแกร่งของสถิติทดสอบทีที่มีต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีค่าลดลงเป็น 88.89 เปอร์เซ็นต์ 60.00 เปอร์เซ็นต์ 40.74 เปอร์เซ็นต์ 22.22 เปอร์เซ็นต์ และ 22.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม

ความเบ้	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ / ความโด่ง															ร้อยละ
		.01					.05					.10					
		3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	
0.0	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
0.5	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.0	10	X	X	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	88.89
	30	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.5	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	60.00
	30	X	X	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60	X	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2.0	10	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	✓	40.74
	30	-	-	X	X	X	-	-	✓	✓	✓	-	-	X	✓	✓	
	60	-	-	X	X	X	-	-	✓	X	✓	-	-	✓	✓	✓	

ตารางที่ 4.7 สถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ เมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม

ความเบ้	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ / ความโด่ง															ร้อยละ
		.01					.05					.10					
		3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	
2.5	10	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	22.22
	30	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	
	60	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	
3.0	10	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	22.22
	30	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	
	60	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	

เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

จากการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01, .05, .10 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง $n_1 : n_2$ = 10 : 10, 30 : 30, 60 : 60 ค่าความเบ้ sk = 0, 0.5, 1.0, 1.5,2.0, 2.5, 3.0 ค่าความโด่ง ku = 3, 4, 5, 6, 10 รวมจำนวนสถานการณ์ในการทดสอบ 225 สถานการณ์ พบว่าสถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ “การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ” เป็นส่วนใหญ่ คือมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงฯ จำนวน 217 สถานการณ์ โดยเมื่อค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, และ 1.5 สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อค่าความเบ้เพิ่มขึ้นเป็น 2.0, 2.5 และ 3.0 ความแกร่งของสถิติทดสอบทีจะมีค่าลดลงเป็น 88.89 เปอร์เซ็นต์ 88.89 เปอร์เซ็นต์ และ 55.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

ความเบ้	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ / ความโด่ง															ร้อยละ
		.01					.05					.10					
		3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	
0.0	10,10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
0.5	10,10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.0	10,10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

ตารางที่ 4.8 สถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

ความเบ้	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ / ความโด่ง															ร้อยละ
		.01					.05					.10					
		3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	
1.5	10,10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2.0	10,10	-	-	X	X	✓	-	-	X	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	88.89
	30,30	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	
	60,60	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	
2.5	10,10	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	88.89
	30,30	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
	60,60	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
3.0	10,10	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	55.56
	30,30	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
	60,60	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	

เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01, .05, .10 ขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์ n_1: n_2 = 10 : 13, 30 : 39, 60 : 78 ค่าความเบ้ sk = 0, 0.5, 1.0, 1.5,2.0, 2.5, 3.0 ค่าความโด่ง ku = 3, 4, 5, 6, 10 รวมจำนวนสถานการณ์ในการทดสอบ 225 สถานการณ์ พบว่าสถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ “การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ” ได้จำนวน 220 สถานการณ์ โดยเมื่อค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, และ 1.0 สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อค่าความเบ้เพิ่มขึ้นเป็น 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ความแกร่งของสถิติทดสอบทีจะมีค่าลดลงเป็น 97.78 เปอร์เซ็นต์ 96.30 เปอร์เซ็นต์ 88.89 เปอร์เซ็นต์ และ 77.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 สถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

ความเบ้	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ / ความโด่ง															ร้อยละ
		.01					.05					.10					
		3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	
	10,13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
0.0	30,39	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	60,78	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	10,13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
0.5	30,39	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	60,78	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	10,13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.0	30,39	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	60,78	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	10,13	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.5	30,39	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	97.78
	60,78	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	10,13	-	-	X	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	
2.0	30,39	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	96.30
	60,78	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	
	10,13	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
2.5	30,39	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	88.89
	60,78	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
	10,13	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	
3.0	30,39	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	77.78
	60,78	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	

เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01, .05, .10 ขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ n_1: n_2 = 10 : 13, 30 : 39, 60 : 78 ค่าความเบ้ sk = 0, 0.5, 1.0, 1.5,2.0, 2.5, 3.0 ค่าความโด่ง ku = 3, 4, 5, 6, 10 รวมจำนวนสถานการณ์ในการทดสอบ 225 สถานการณ์ พบว่าสถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ “การแจกแจงประชากรเป็นโค้งปกติ” เป็นส่วนใหญ่ คือมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงฯ จำนวน 223 สถานการณ์ โดยเมื่อค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อค่าความเบ้เพิ่มขึ้นเป็น 3.0 ความแกร่งของสถิติทดสอบทีที่มีต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีค่าลดลงเป็น 77.78 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

ความเบ้	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ / ความโด่ง															ร้อยละ
		.01					.05					.10					
		3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	
0.0	10,15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,45	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,90	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
0.5	10,15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,45	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,90	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.0	10,15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,45	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,90	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.5	10,15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,45	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,90	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2.0	10,15	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	100
	30,45	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	
	60,90	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	
2.5	10,15	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	100
	30,45	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
	60,90	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
3.0	10,15	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	77.78
	30,45	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
	60,90	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	

เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน

จากการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01, .05, .10 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง $n_1 : n_2$ = 10 : 10, 30 : 30, 60 : 60 ค่าความเบ้ sk = 0, 0.5, 1.0, 1.5,2.0, 2.5, 3.0 ค่าความโด่ง ku = 3, 4, 5, 6, 10 รวมจำนวนสถานการณ์ในการทดสอบ 225 สถานการณ์ พบว่าสถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ "การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ" เป็นส่วนใหญ่ คือมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงฯ จำนวน 215 สถานการณ์ โดยเมื่อค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, และ 1.0 สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อค่าความเบ้เพิ่มขึ้นเป็น 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ความแกร่งของสถิติทดสอบทีที่มีต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีค่าลดลงเป็น 95.56 เปอร์เซ็นต์ 92.59 เปอร์เซ็นต์ 77.78 เปอร์เซ็นต์ และ 55.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 สถานการณ์ที่สถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

ความเบ้	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ / ความโด่ง															ร้อยละ
		.01					.05					.10					
		3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	3	4	5	6	10	
0.0	10,10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
0.5	10,10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.0	10,10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
	30,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.5	10,10	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	95.56
	30,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	60,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2.0	10,10	-	-	X	X	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	92.59
	30,30	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	
	60,60	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	
2.5	10,10	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	77.78
	30,30	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
	60,60	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
3.0	10,10	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	55.56
	30,30	-	-	-	-	X	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	
	60,60	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อการแจกแจงข้อมูลของประชากรไม่เป็นโค้งปกติ และเพื่อศึกษาค่าความเบ้และค่าความโด่งที่ทำให้สถิติทดสอบทีมีความแกร่งภายใต้ข้อกำหนดของรูปแบบการใช้สถิติทดสอบทีในการทดสอบค่าเฉลี่ยจำนวน 3 รูปแบบคือ 1) การทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม (one sample t-test), 2) การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน (independent sample t-test) และ 3) การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน (paired sample t-test) ขนาดกลุ่มตัวอย่างกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม และ 2 กลุ่มขนาดเท่ากัน n_i = 10, 30, 60 กรณีมีประชากร 2 กลุ่มขนาดต่างกัน n_1 = 10, 30, 60 n_2 = n_1 x 130% และ n_1 x 150% ระดับนัยสำคัญในการทดสอบแบบ 2 หาง α = .01, .05, .10 ค่าความเบ้ sk = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 ค่าความโด่ง ku = 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 10.0 ทำการศึกษาโดยใช้เทคนิคการจำลองมอนติ คาร์โล (Monte Carlo simulation) และทำการทดสอบซ้ำในแต่ละสถานการณ์ทดลองจำนวน 5,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม MATLAB

จากผลการวิจัยที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย 4 ตอนคือ 1) ผลการวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) ของการทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม 2) ผลการวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) ของการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน 3) ผลการวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) ของการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน 4) รายงานผลการทดสอบสมมติฐานตรวจสอบความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทีที่ระดับ .80 ($H_0 \geq .80$)

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับความแกร่งของสถิติทดสอบที

การสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับความแกร่งของสถิติทดสอบที โดยพิจารณาความแกร่งจากความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley ($.5\alpha \leq \hat{\alpha} \leq 1.5\alpha$) และความสามารถในการทดสอบได้ถูกต้องของสถิติทดสอบทีตามเกณฑ์การทดสอบสมมติฐานที่ระดับ .80 (80 เปอร์เซ็นต์) ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 และเป็นการทดสอบแบบหางเดียว ผลการทดลองสามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ในกรอบแนวคิดการวิจัยได้แก่ รูปแบบของสถิติทดสอบทีที่ใช้ในการทดสอบ (ประชากร 1 กลุ่ม หรือประชากร 2 กลุ่ม) ค่าความเบ้ประชากร ค่าความโด่งประชากร ขนาดกลุ่มตัวอย่าง และระดับนัยสำคัญในการทดสอบมีความสัมพันธ์ต่อความแกร่งของสถิติทดสอบทีทุกปัจจัย แต่มีลักษณะความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันคือ ค่าความเบ้มีความสัมพันธ์ในลักษณะผกผันกับความแกร่งของสถิติทดสอบทีคือเมื่อค่าความเบ้เพิ่มขึ้นความแกร่งของสถิติทดสอบทีจะลดลง แต่สำหรับค่าความโด่ง รูปแบบของสถิติทดสอบที (เมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม หรือเมื่อมีประชากร 2 กลุ่ม) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง และระดับนัยสำคัญในการทดสอบมีความสัมพันธ์กับความแกร่งของสถิติทดสอบทีในลักษณะแปรผันตรงคือเมื่อค่าของปัจจัยเหล่านี้มีค่าเพิ่มขึ้น ความแกร่งของสถิติทดสอบทีก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อพิจารณาตามลักษณะการทดสอบ 5 ลักษณะคือ 1) การทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม, 2) การทดอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน, 3) การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์, 4) การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ และ 5) การทดสอบเมื่อประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน พบว่าสถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นแตกต่างกัน คือ

1. เมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม

ในภาพรวมการทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม สถิติทดสอบทีมีความแกร่ง 76.44 เปอร์เซ็นต์จากสถานการณ์ที่ทำการทดสอบ 225 สถานการณ์ ซึ่งนับว่าเป็นระดับค่าวามแกร่งของสถิติทดสอบที่ค่อนข้างต่ำ จะต้องมีความระมัดระวังในการนำไปใช้ แต่เมื่อพิจารณาที่ค่าความแบ้แต่ละค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อทำการศึกษา จะพบว่าสถิติทดสอบทีกรณีการทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่มมีความแกร่งที่สูงและต่ำแตกต่างกันมากโดยที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5 และ 1.0 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งสูงมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์ และ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งค่อนข้างต่ำถึงต่ำมากโดยมีค่าความแกร่ง 60 เปอร์เซ็นต์, 40.74 เปอร์เซ็นต์, 22.22 เปอร์เซ็นต์ และ 22.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นในการทดสอบกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม เมื่อพบว่าข้อมูลมีค่าความเบ้ $sk \geq 1.5$ ผู้วิจัยจะต้องมีความระมัดระวังในการเลือกหรือกำหนดลักษณะของข้อมูลดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ลักษณะของข้อมูลที่เหมาะสมต่อการทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากรด้วยสถิติทดสอบทีกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม เมื่อความเบ้ sk ≥ 1.5

ความเบ้	ขนาดตัวอย่าง	ความโด่งอย่างน้อย		
		α = .01	α = .05	α = .10
1.5	10	-	10	3
	30	-	3	3
	60	10	3	3
2.0	10	-	-	10
	30	-	5	6
	60	-	5	5
2.5	10	-	-	-
	30	-	-	10
	60	-	-	10
3.0	10	-	-	-
	30	-	-	10
	60	-	-	10

2. เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

ในภาพรวมการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน สถิติทดสอบทีมีความแกร่งค่อนข้างสูงถึง 96.44 เปอร์เซ็นต์จากสถานการณ์ที่ทำการทดสอบ 225 สถานการณ์ เมื่อพิจารณาที่ค่าความแบ้แต่ละค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อทำการศึกษา พบว่าสถิติทดสอบทีกรณีการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและมีขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากันมีความแกร่งที่สูงและต่ำแตกต่างกันมากโดยที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งสูงมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 88.89 เปอร์เซ็นต์ และ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งค่อนข้างต่ำโดยมีค่าความแกร่ง 55.56 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการทดสอบกรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากันเมื่อพบว่าข้อมูลมีค่าความเบ้ sk ≥ 3.0 ผู้วิจัยจะต้องมีความระมัดระวังในการเลือกหรือกำหนดลักษณะของข้อมูลดังนี้

2.1 ทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .01$ ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อยกลุ่มละ 60 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.2 ทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อยกลุ่มละ 30 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.3 ทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .10$ ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อยกลุ่มละ 30 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

3. เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

ในภาพรวมการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์ สถิติทดสอบทีมีความแกร่งค่อนข้างสูงถึง 97.78 เปอร์เซ็นต์จากสถานการณ์ที่ทำการทดสอบ 225 สถานการณ์ เมื่อพิจารณาที่ค่าความแบ้แต่ละค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อทำการศึกษาพบว่าสถิติทดสอบทีกรณีการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่ม เป็นอิสระจากกันและมีขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์ มีความแกร่งที่สูงและต่ำแตกต่างกันมากโดยที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งสูงมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 97.78 เปอร์เซ็นต์, 96.30 เปอร์เซ็นต์ และ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งค่อนข้างต่ำโดยมีค่าความแกร่ง 77.78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการทดสอบกรณีมีประชากร 2 กลุ่ม เป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพบว่าข้อมูลมีค่าความเบ้ sk $\geq$ 3.0 ผู้วิจัยจะต้องมีความระมัดระวังในการเลือกหรือกำหนดลักษณะของข้อมูลดังนี้

2.1 เมื่อทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .01$ ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1:n_2 =$ 30 : 39 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.2 เมื่อทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1:n_2 =$ 30 : 39 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.3 เมื่อทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .10$ ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1:n_2 =$ 10 : 13 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

4. เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

ในภาพรวมการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ สถิติทดสอบทีมีความแกร่งสูงมากถึง 99.11 เปอร์เซ็นต์ จากสถานการณ์ที่ทำการทดสอบ 225 สถานการณ์ เมื่อพิจารณาที่ค่าความแบ้แต่ละค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อทำการศึกษาพบว่าสถิติทดสอบทีกรณีการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและมีขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแกร่งที่สูงและต่ำแตกต่างกันมากโดยที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งสูงมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ทุกระดับค่าความเบ้ แต่ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 3.0 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งค่อนข้างต่ำโดยมีค่าความแกร่ง 77.78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการทดสอบกรณีมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพบว่าข้อมูลมีค่าความเบ้ sk $\geq$ 3.0 ผู้วิจัยจะต้องมีความระมัดระวังในการเลือกหรือกำหนดลักษณะของข้อมูลดังนี้

2.1 เมื่อทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .01$ ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1{:}n_2 = 30 : 45$ หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.2 เมื่อทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1{:}n_2 = 30 : 45$ หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.3 เมื่อทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .10$ ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1{:}n_2 = 10 : 15$ หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

5. เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

ในภาพรวมการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน สถิติทดสอบทีมีความแกร่งค่อนข้างสูงถึง 95.56 เปอร์เซ็นต์จากสถานการณ์ที่ทำการทดสอบ 225 สถานการณ์ เมื่อพิจารณาที่ค่าความแบ้แต่ละค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อทำการศึกษาพบว่าสถิติทดสอบทีกรณีการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่ม ไม่เป็นอิสระจากกัน มีความแกร่งที่สูงและต่ำแตกต่างกันมากโดยที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งสูงมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 100 เปอร์เซ็นต์, 95.56 เปอร์เซ็นต์ และ 92.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 2.5 และ 3.0 สถิติทดสอบทีมีความแกร่งค่อนข้างต่ำโดยมีค่าความแกร่ง 77.78 เปอร์เซ็นต์ และ 55.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นในการทดสอบกรณีมีประชากร 2 กลุ่ม ไม่เป็นอิสระจากกัน เมื่อพบว่าข้อมูลมีค่าความเบ้ sk $\geq$ 2.5 ผู้วิจัยจะต้องมีความระมัดระวังในการเลือกหรือกำหนดลักษณะของข้อมูลดังนี้

<u>เมื่อข้อมูลมีค่าความเบ้ sk = 2.5</u>

2.1 ทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01 ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1:n_2$ = 60 : 60 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.2 ทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05 ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1:n_2$ = 10 : 10 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.3 ทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10 ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1:n_2$ = 10 : 10 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

<u>เมื่อข้อมูลมีค่าความเบ้ sk = 3.0</u>

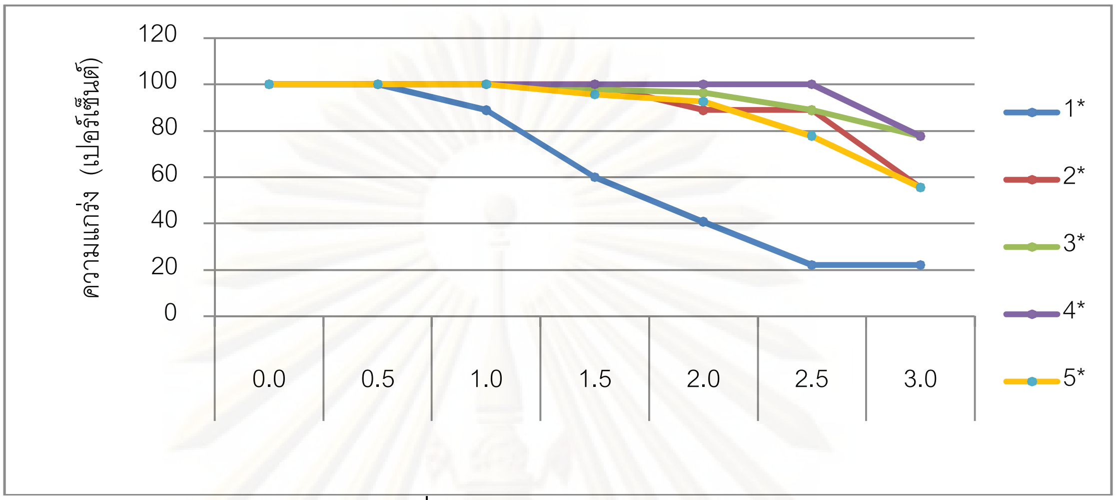
2.1 ทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .01 ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1:n_2$ = 60 : 60 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.2 ทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .05 ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1:n_2$ = 30 : 30 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

2.3 ทำกาทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α = .10 ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย $n_1:n_2$ = 30 : 30 หน่วยตัวอย่าง ค่าความโด่งอย่างน้อย 10

เมื่อพิจารณาความแกร่งของสถิติทดสอบทีในภาพรวมจำแนกตามลักษณะการทดสอบ 5 รูปแบบคือ 1) การทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม, 2) การทดอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน, 3) การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์, 4) การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ และ 5) การทดสอบเมื่อประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน พบว่าการทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นต่ำที่สุด โดยมีความแกร่ง 76.44 เปอร์เซ็นต์ แต่การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นสูงที่สุด โดยมีความแกร่ง 99.11 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบที่แต่ละค่าความเบ้ของแต่ละลักษณะการทดสอบ จะพบว่าการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่ม มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นที่ค่าความเบ้ต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน และสูงกว่าการทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม ทุกกรณี ดังแสดงในแผนภาพที่ 5.1

แผนภาพที่ 5.1 ความแกร่งของสถิติทดสอบทีที่ค่าความเบ้ต่าง ๆ กัน จำแนกตามลักษณะการทดสอบ 5 ลักษณะ



1* หมายถึง การทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม

2* หมายถึง การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

3* หมายถึง การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 30 เปอร์เซ็นต์

4* หมายถึง การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน 50 เปอร์เซ็นต์

5* หมายถึง การทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน

สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับประเด็นอื่น ๆ

เมื่อข้อมูลมีความเบ้แตกต่างกัน อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดจากการใช้สถิติทดสอบทีต่างแบบ จะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน คือ การทดสอบกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม กลุ่มประชากรที่ข้อมูลมีค่าความเบ้สูงจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงด้วย และมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley ในทุกสถานการณ์ที่ไม่แกร่ง แต่สำหรับการทดสอบกรณีมีประชากร 2 กลุ่ม ผลการทดสอบของประชากรคู่ที่ข้อมูลมีค่าความเบ้สูงจะมีอัตราความเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าของประชากรคู่ที่ข้อมูลมีค่าความเบ้ต่ำ และมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ของ Bradley ในทุกสถานการณ์ที่ไม่แกร่ง

การทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีค่าความเบ้ของข้อมูลของประชากร 2 กลุ่ม มีค่าเท่ากันแต่ค่าความโด่งของข้อมูลของประชากร 2 กลุ่มมีค่าต่างกัน กลุ่มประชากรที่ข้อมูลมีค่าความโด่งสูงจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เข้าใกล้หรืออยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley มากกว่า ยกเว้นการทดสอบกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม ที่ค่าความเบ้เท่ากับ 2.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 30 และทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 นั่นแสดงว่าค่าความโด่งมีความสัมพันธ์ช่วยลดทอนอิทธิพลของค่าความเบ้ที่มีต่อความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบที

สัดส่วนความสามารถในการทดสอบได้ถูกต้องในแต่ละสถานการณ์ของสถิติทดสอบทีส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 3 สัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ได้นำเสนอไว้ข้างต้น พบว่าสถิติทดสอบทีค่อนข้างมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ “การแจกแจงประชากรเป็นโค้งปกติ” โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงด้วยค่าความเบ้ปกติ (Sk = 0) ค่าความโด่งมากกว่า 3 การทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีทุกลักษณะการทดสอบสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความแกร่งของสถิติของ ไปรมา พจนพิมล (2525) ซึ่งได้กล่าวไว้ในสรุปผลการวิจัยว่า “สถิติทดสอบทีมีความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบสูงเป็นอันดับ 1 ไม่ว่าจะกำหนดระดับนัยสำคัญเป็นเท่าใดก็ตาม” สอดคล้องกับการศึกษาของ อัญชนา ลีลาจรัสกุล (2541), วาสนา ทองการุณ (2527), และ Boneau, C.A. (1960) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความแกร่งของสถิติทดสอบทีเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างไปจากการแจกแจงปกติพบว่าหลาย ๆ กรณีสถิติทดสอบทียังคงมีความแกร่ง นั้นแสดงว่าสถิติทดสอบทีสามารถใช้ทดสอบค่าเฉลี่ยประชากรไม่เกินสองกลุ่มในกรณีที่ประชากรมีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ “การแจกแจงประชากรไม่เป็นโค้งปกติ” ได้แต่มีขอบเขตจำกัด โดยพิจารณาที่ค่าความเบ้เป็นสำคัญ ดังที่ได้นำเสนอไว้แล้วในสรุปผลการวิจัยข้างต้น

นอกจากอิทธิพลของค่าความเบ้ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อพิจารณาที่ปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความแกร่งของสถิติทดสอบที จากการศึกษาในครั้งนี้อันประกอบด้วย ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ค่าความโด่งของข้อมูล และระดับนัยสำคัญในการทดสอบ ก็จะพบว่าผลการศึกษามีประเด็นสอดคล้องกับผลการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่นในหลายประเด็น และขณะเดียวกันก็มีบางประเด็นในบางสถานการณ์ศึกษาที่มีผลขัดแย้งจากผลการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่น ดังนี้

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จากผลการวิจัยจะพบว่าสถานการณ์ส่วนใหญ่ที่สถิติทดสอบทีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จะมีขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 และข้อมูลมีค่าความโด่งต่ำ แต่เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็น 30 หรือ 60 หรือข้อมูลมีค่าความโด่งสูงขึ้น ส่วนใหญ่ก็จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้แทบทุกสถานการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นภัสวรรณ ชาติวัฒนานนท์ (2540) ที่สรุปไว้ว่า ณ ค่าความเบ้ที่เท่ากัน และค่าความโด่งมีค่ามาก การแจกแจงของสถิติทดสอบทีจะลู่เข้าสู่การแจกแจงแบบทีได้เร็ว กล่าวคือขนาดตัวอย่าง n ที่ได้มีค่าไม่มาก

เมื่อค่าความโด่งมีค่าต่าง ๆ กัน แต่ปัจจัยอื่นมีค่าคงที่ ผลการวิจัยส่วนใหญ่พบว่าเมื่อค่าความโด่งเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการคำนวณมีโอกาสตกอยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Delaney, H.D. & Vargha, A. (2000) ที่ทำการศึกษาเรื่องอิทธิพลของการแจกแจงไม่ปกติของประชากรที่ส่งผลต่อการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที กรณีประชากรสองกลุ่ม สรุปได้ว่ากรณีประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย หรือเบ้ขวา ระดับความโด่งที่มีค่าสูงอาจชดเชยอิทธิพลของความเบ้ได้ค่อนข้างมาก ยกเว้นกรณีการทดสอบเมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม สัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 2.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 30 ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05

สำหรับการทดสอบกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม ค่าความเบ้เท่ากับ 2.0 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 30 ทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 ที่ค่าความโด่งเท่ากับ 5.0 สถิติทดสอบทีแกร่ง ($\hat{\alpha}$ = .0622) แต่ที่ค่าความโด่งเท่ากับ 6.0 สถิติทดสอบทีไม่แกร่ง ($\hat{\alpha}$ = .0852 สูงกว่าเกณฑ์ของ Bradley) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากรูปแบบการใช้สถิติทดสอบทีในการทดสอบที่เป็นแบบ 1 กลุ่มประชากร

ระดับนัยสำคัญในการทดสอบ พิจารณาเมื่อปัจจัยอื่น ๆ มีค่าคงที่ ผลการวิจัยพบว่าการเพิ่มระดับนัยสำคัญในการทดสอบให้มีค่าสูงขึ้นจาก .01 เป็น .05 หรือ .10 จะส่งผลให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงขึ้น และส่งผลให้สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้อยู่ในช่วงเกณฑ์ของ Bradley ได้มาก

ขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อัญชนา ลีลาจรัสกุล (2541) ที่สรุปได้ว่า การใช้สถิติทดสอบทีเพื่อทดสอบค่าเฉลี่ยประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ด้วยการทดสอบสองหาง ณ ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 ที่ทุกขนาดตัวอย่าง (ช่วง 10 – 70) สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ช่วงความเบ้ .25 - .50 แต่ ณ ระดับนัย .10 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 20 – 70 สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ช่วงความเบ้ .25 – 1.0

ข้อเสนอแนะ

แต่ถ้าผู้วิจัยมีข้อจำกัดเรื่องของการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง หรือกลุ่มตัวอย่างมีอยู่อย่างจำกัด เช่น การทำวิจัยในชั้นเรียนของครูในโรงเรียนขนาดเล็ก มีนักเรียนจำนวนน้อย เป็นต้น ผู้วิจัยสามารถแก้ปัญหาได้โดยการ

สำหรับการนำไปใช้

1. สำหรับการประยุกต์ใช้สถิติทดสอบทีเพื่อทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร โดยทั่วไปก่อนทำการทดสอบผู้วิจัยจะต้องมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น 2 ข้อก่อน คือ ตัวแปรที่ศึกษาควรมีระดับการวัดถึงระดับอันตรภาค และควรมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (ระพินทร์ โพธิ์ศรี, 2551 : 79) หรืออาจจะต้องพิจาณาถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความแกร่งของสถิติทดสอบทีก่อนเช่น วิธีการในการสุ่มกลุ่มตัวอย่างมีความเหมาะสมหรือไม่ ขนาดกลุ่มตัวอย่างเพียงพอหรือไม่ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้เห็นว่าข้อมูลที่สุ่มมาจากประชากรในการศึกษาครั้งนี้ มีความเหมาะสมต่อการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที แต่จากผลการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการพิจารณาถึงค่าความเบ้และค่าความโด่งของข้อมูลเพิ่มด้วย และควรมีการนำเสนอค่าความเบ้และค่าความโด่งไว้ในรายงานผลการศึกษาด้วยทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการสนับสนุนผลการเคราะห์ข้อมูลของนักวิจัยให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น จากเหตุผลว่าข้อมูลในสภาพความเป็นจริงไม่มีข้อมูลใดที่นักวิจัยทราบได้แน่ชัดว่ามีลักษณะการแจกแจงประชากรเป็นโค้งปกติ

2. จากผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถยืนยันได้ว่าสถิติทดสอบทีมีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ “การแจกแจงประชากรเป็นโค้งปกติ” พอที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทดสอบค่าเฉลี่ยประชากรได้ ถึงแม้ว่าประชากรจะมีลักษณะการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติก็ตาม แต่ทั้งนี้นักวิจัยจะต้องมีความระมัดระวังในการนำไปประยุกต์ใช้เมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม ที่ค่าความเบ้ของประชากรมีค่าสูงตั้งแต่ 1.0 ขึ้นไป โดยเฉพาะในกรณีที่ทำการทดสอบด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (10 หน่วยตัวอย่าง) หรือการทดสอบเมื่อมีประชากร 2 กลุ่ม ที่ค่าความเบ้ของข้อมูลมีค่าสูงตั้งแต่ 2.5 ขึ้นไป เนื่องจากเมื่อค่าความเบ้สูงขึ้นจะส่งผลให้ความสามารถในการควบคุมอัตราความประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทีลดลง

3. สำหรับการทำงานวิจัยขนาดเล็ก เช่นงานวิจัยในชั้นเรียน โดยเฉพาะงานวิจัยในชั้นเรียนของครูในโรงเรียนขนาดเล็ก ซึ่งมักพบกับปัญหาเรื่องขนาดกลุ่มตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด ไม่สามารถสุ่มกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาดที่เหมาะสมได้ ผู้วิจัยอาจแก้ปัญหานี้ได้โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แล้วเลือกใช้ข้อมูลชุดที่มีค่าความเบ้ต่ำ แต่ค่าความโด่งสูง เพื่อทำการทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากรด้วยสถิติทดสอบทีต่อไป หรือทำการวิจัยโดยออกแบบงานวิจัยให้สามารถทดสอบได้ด้วยสถิติทดสอบทีกรณีมีประชากร 2 กลุ่ม ทั้งนี้เพราะประชากรที่มีค่าความโด่งสูง หรือการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีกรณีมีประชากร 2 กลุ่ม มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องมากกว่าประชากรที่มีค่าความโด่งต่ำ หรือการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีกรณีมีประชากร 1 กลุ่ม

สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ขวาด้วยค่าความโด่งสูงกว่าปกติ ความแปรปรวนประชากรมีค่าเท่ากัน และทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีแบบสองหางเท่านั้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรมีการศึกษาในกรณีที่ข้อมูลประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย หรือค่าความโด่งต่ำกว่าปกติ หรือความแปรปรวนประชากรมีค่าต่างกัน หรือทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีแบบหางเดียวเพิ่มเติม

2. ในการจำลองข้อมูลด้วยคำสั่ง pearrnd ของโปรแกรม MATLAB นอกจากผู้ใช้จะต้องคำถึงข้อกำหนดของคำสั่งที่ทางบริษัทผู้พัฒนาโปรแกรมได้นำเสนอไว้ในโปรแกรมแล้ว จากการสังเกตของผู้วิจัยเห็นว่ามีอีกสิ่งหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือค่าความต่างของค่าความเบ้ และค่าความโด่ง เพราะการจำลองในกรณีที่ค่าความโด่งมีค่าสูงกว่าค่าความเบ้มาก ๆ จะทำให้ข้อมูลที่ได้จากการจำลองมีค่าความโด่งต่างจากที่คาดหวังค่อนข้างมาก

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2551). *การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ธรรมสาร.

จงจิต มารุ่งสิริกุล. (2548). *การแก้ไขปัญหาข้อมูลตอบสนองของแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดที่ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย.* พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพ : ไทเนรมิตกิจ อินเตอร์ โปรเกรสซิฟ.

ต่าย เซี่ยงฉี. (2534). *การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจากการทดสอบเลอร์รูปปิรามิดที่มีรูปแบบ จำนวนขั้น และวิธีการให้คะแนนที่แตกต่างกันโดยใช้วิธีมอนติ คาร์โล.* วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ธนากร อนันต์สิทธินนท์. (2545). *ขนาดตัวอย่างสำหรับการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพมาศ อัครจันทโชติ. (2539). *การเปรียบเทียบวิธีการสร้างตัวแบบในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุนาม กรณีที่มี 2 ตัวแปรอิสระซึ่งเกิดอันตรกิริยา.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นภัสวรรณ ชาติวัฒนานนท์ (2540). *ขนาดตัวอย่างสำหรับตัวสถิติที ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2540). *ปทานุกรมการวิจัย.* พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาศึกษาศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เบญจาวรรณ ทองหล่อ. (2550). *ช่วงความเชื่อมั่นของดัชนีความสามารถของกระบวนการเมื่อข้อมูลเป็นอนุกรมเวลา AR(1).* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติประยุกต์ สาขาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.

ประคอง กรรณสูต. (2542). *สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.* กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประลองพล ประสงค์พร. (2551). *การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบความถดถอยโลจิสติกเมื่อมีค่าสูญหาย.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และ สินทร ศิลา. (2547). *สถิติเพื่อการวิจัยทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ ; บริษัทพิทพ์ดี จำกัด.

มนัส สังวรศิลป์, วรรัตน์ ภัทรอมรกุล. (2543). *คู่มือโปรแกรม MATLAB ฉบับสมบูรณ์.* กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส.

ยุทธ ไกยวรรณ์. (2544). *สถิติสำหรับการวิจัย.* กรุงเทพมหานคร : พระนครแกรนด์วิว.

ระพินทร์ โพธิ์ศรี. (2551). *สถิติเพื่อการวิจัย (Statistics for Research)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วาสนา ทองการุณ. (2527). *การศึกษาแบบมอนติคาร์โล : การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของทีเทส และคอลมอโกรอฟ สเมอร์นอฟเทส แบบสองกลุ่ม ภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากร 3 แบบ.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา สาขาสถิติการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีนัส พีชวณิชย์, สมจิต วัฒนาชยากูล. (2532). *สถิติสำหรับนักสังคมศาสตร์.* กรุงเทพมหานคร : ประกายพรึก.

วีรวรรณ ศักดาจิวะเจริญ. (2544). *ช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภกิจ วงศ์วิวัฒนนุกิจ. (2550). *พจนานุกรมศัพท์การวิจัยและสถิติ.* กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการการพิมพ์.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2545). *สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย.* พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาพร ชัยบุตร. (มปป). *อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เมื่อมีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่คงที่.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สายทอง แจ่มใจ. (2547). *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบในการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุกัญญา หนูกล่ำ. (2542). *อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพัตรา ชะมะบูรณ์. (2546). *การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา สาขาสถิติการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิชาติ ลือชัย. (2546). *การศึกษาการแจกแจงที่มีลักษณะหางยาวแบบลอกนอร์มอล โคชี และลาปลาซ.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรไทย พลเสน. การทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงที่ไม่สมมาตรด้วยตัวประมาณแจ๊คไนฟ์และตัวประมาณบูทสแตร็บ. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์.* 5, 1 (มิถุนายน 2549) : 1 - 7.

อัญชนา ลีลาจรัสกุล. (2541). *การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบเบ้ขวา.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ สาขาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Boneau, C. A. (1960). The Effects of Violations of Assumptions Underlying the t-test. *Psychological Bulletin* 1: 49-64.

Clinton, I.C. (1976). *Elementary Statistical Procedures,* Mc Graw – Hill Book Company.

Delaney, H.D. & Vargha, A. (2000). The Effect of Nonnormality on Student' s Two-sample T Test. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association*, New Orleans, April, 2000.

Ramberg, J.S. et al. (1979). A Probability Distribution and Its Uses in Fitting Data. *American Statistical Association and American Society for Quality* 21,2: 201-214.

Ramberg, J.S. & Schmeiser, B.W. (1974). An Approximate Method for Generating Asymmetric Random Variables. *Association for Computing Machinery* 17, 2: 78-82.

Kohout, J. (1974). *Statistics for Social Scientists : A Coordinated Learning System.* New York: John Wiley.

Larry, H.L. (1972). An Empirical Investigation of Specified Violations of The Assumptions Underlying Statistical Techniques. *Final Report*. Department of Health Education and Welfare. School of Education University of Kansas.

Ramsey, P.H. (1980). Exact Type 1 Error Rates for Robustness of Student' s t Test with Unequal Variances. *Journal of Educational Statistics* 4: 337-349.

Schechtman, E. & Sherman, M. (2007). The two-sample t-test with a known ratio of variances. *Statistical Methodology* 4: 508-514.

Weiss, A.H. (1995). *Introduction Statistics.* Addison–Wesley Publishing Company.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาษาคอมพิวเตอร์ (syntax) โปรแกรม MATLAB

1. ภาษาคอมพิวเตอร์ (syntax) โปรแกรม MATLAB เพื่อการศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อมีประชากร 1 กลุ่ม

```
clc
clear all
tic
% 1 sample t-test
%ชุดนี้ถูกต้องแล้ว
sk = 2;
ku = 5.1;

% sample size
N10 = 10;
N30 = 30;
N60 = 60;

% ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ
alpha01 = 0.01;
alpha05 = 0.05;
alpha_10 = 0.10;

rounds = 5000;

for i = 1:rounds
    Gp_collect10(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N10,1);
    Gp_collect30(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N30,1);
    Gp_collect60(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N60,1);

    T01N10(:,i) = ttest(Gp_collect10(:,i),0,alpha01);
    T01N30(:,i) = ttest(Gp_collect30(:,i),0,alpha01);
    T01N60(:,i) = ttest(Gp_collect60(:,i),0,alpha01);

    T05N10(:,i) = ttest(Gp_collect10(:,i),0,alpha05);
    T05N30(:,i) = ttest(Gp_collect30(:,i),0,alpha05);
    T05N60(:,i) = ttest(Gp_collect60(:,i),0,alpha05);

    T_10N10(:,i) = ttest(Gp_collect10(:,i),0,alpha_10);
    T_10N30(:,i) = ttest(Gp_collect30(:,i),0,alpha_10);
    T_10N60(:,i) = ttest(Gp_collect60(:,i),0,alpha_10);
end

% การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
total01N10 = sum(T01N10);
total01N30 = sum(T01N30);
total01N60 = sum(T01N60);
total05N10 = sum(T05N10);
total05N30 = sum(T05N30);
total05N60 = sum(T05N60);
total_10N10 = sum(T_10N10);
total_10N30 = sum(T_10N30);
total_10N60 = sum(T_10N60);
```

```
type1error01N10 = (total01N10/rounds);
type1error01N30 = (total01N30/rounds);
type1error01N60 = (total01N60/rounds);
type1error05N10 = (total05N10/rounds);
type1error05N30 = (total05N30/rounds);
type1error05N60 = (total05N60/rounds);
type1error_10N10 = (total_10N10/rounds);
type1error_10N30 = (total_10N30/rounds);
type1error_10N60 = (total_10N60/rounds);

% อำนาจการทดสอบ
% Hypothesis test,onetail,p0 >= .80,alpha .05, Ho:>=.80,Ha:<.80
Pt01N10 = sum(1-T01N10')/rounds;
Pt01N30 = sum(1-T01N30')/rounds;
Pt01N60 = sum(1-T01N60')/rounds;
Pt05N10 = sum(1-T05N10')/rounds;
Pt05N30 = sum(1-T05N30')/rounds;
Pt05N60 = sum(1-T05N60')/rounds;
Pt_10N10 = sum(1-T_10N10')/rounds;
Pt_10N30 = sum(1-T_10N30')/rounds;
Pt_10N60 = sum(1-T_10N60')/rounds;

Qt01N10 = 1-Pt01N10;
Qt01N30 = 1-Pt01N30;
Qt01N60 = 1-Pt01N60;
Qt05N10 = 1-Pt05N10;
Qt05N30 = 1-Pt05N30;
Qt05N60 = 1-Pt05N60;
Qt_10N10 = 1-Pt_10N10;
Qt_10N30 = 1-Pt_10N30;
Qt_10N60 = 1-Pt_10N60;

Z01N10 = (Pt01N10-0.80)/sqrt((Pt01N10*Qt01N10)/rounds);
Z01N30 = (Pt01N30-0.80)/sqrt((Pt01N30*Qt01N30)/rounds);
Z01N60 = (Pt01N60-0.80)/sqrt((Pt01N60*Qt01N60)/rounds);
Z05N10 = (Pt05N10-0.80)/sqrt((Pt05N10*Qt05N10)/rounds);
Z05N30 = (Pt05N30-0.80)/sqrt((Pt05N30*Qt05N30)/rounds);
Z05N60 = (Pt05N60-0.80)/sqrt((Pt05N60*Qt05N60)/rounds);
Z_10N10 = (Pt_10N10-0.80)/sqrt((Pt_10N10*Qt_10N10)/rounds);
Z_10N30 = (Pt_10N30-0.80)/sqrt((Pt_10N30*Qt_10N30)/rounds);
Z_10N60 = (Pt_10N60-0.80)/sqrt((Pt_10N60*Qt_10N60)/rounds);

if Z01N10 < -1.645
    Power01N10 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N10 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z01N30 < -1.645
    Power01N30 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N30 = 0 %Ha : P < .80
end
```

```
if Z01N60 < -1.645
    Power01N60 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N60 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N10 < -1.645
    Power05N10 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N10 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N30 < -1.645
    Power05N30 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N30 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N60 < -1.645
    Power05N60 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N60 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N10 < -1.645
    Power_10N10 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N10 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N30 < -1.645
    Power_10N30 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N30 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N60 < -1.645
    Power_10N60 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N60 = 0 %Ha : P < .80
end

Output_1sample = [type1error01N10 type1error01N30 type1error01N60
Power01N10 Power01N30 Power01N60 Z01N10 Z01N30 Z01N60
    type1error05N10 type1error05N30 type1error05N60 Power05N10
Power05N30 Power05N60 Z05N10 Z05N30 Z05N60
    type1error_10N10 type1error_10N30 type1error_10N60 Power_10N10
Power_10N30 Power_10N60 Z_10N10 Z_10N30 Z_10N60];

save One_sample_sk3_consku10.0001.mat
toc
```

2. ภาษาคอมพิวเตอร์ (syntax) โปรแกรม MATLAB เพื่อการศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

```
clc
clear all
tic
% Independent sample t-test (N equal)
sk = 2;
ku = 6;

% sample size
N10 = 10;
N30 = 30;
N60 = 60;

% ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ
alpha01 = 0.01;
alpha05 = 0.05;
alpha_10 = 0.10;

rounds = 5000;

for i = 1:rounds
    Gp_collect10A(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N10,1);
    Gp_collect30A(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N30,1);
    Gp_collect60A(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N60,1);

    Gp_collect10B(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N10,1);
    Gp_collect30B(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N30,1);
    Gp_collect60B(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N60,1);

    T01N10(:,i) =
ttest2(Gp_collect10A(:,i),Gp_collect10B(:,i),alpha01);
    T01N30(:,i) =
ttest2(Gp_collect30A(:,i),Gp_collect30B(:,i),alpha01);
    T01N60(:,i) =
ttest2(Gp_collect60A(:,i),Gp_collect60B(:,i),alpha01);

    T05N10(:,i) =
ttest2(Gp_collect10A(:,i),Gp_collect10B(:,i),alpha05);
    T05N30(:,i) =
ttest2(Gp_collect30A(:,i),Gp_collect30B(:,i),alpha05);
    T05N60(:,i) =
ttest2(Gp_collect60A(:,i),Gp_collect60B(:,i),alpha05);

    T_10N10(:,i) =
ttest2(Gp_collect10A(:,i),Gp_collect10B(:,i),alpha_10);
    T_10N30(:,i) =
ttest2(Gp_collect30A(:,i),Gp_collect30B(:,i),alpha_10);
    T_10N60(:,i) =
ttest2(Gp_collect60A(:,i),Gp_collect60B(:,i),alpha_10);
end

% การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
total01N10 = sum(T01N10);
```

```
total01N30 = sum(T01N30);
total01N60 = sum(T01N60);
total05N10 = sum(T05N10);
total05N30 = sum(T05N30);
total05N60 = sum(T05N60);
total_10N10 = sum(T_10N10);
total_10N30 = sum(T_10N30);
total_10N60 = sum(T_10N60);

type1error01N10 = (total01N10/rounds);
type1error01N30 = (total01N30/rounds);
type1error01N60 = (total01N60/rounds);
type1error05N10 = (total05N10/rounds);
type1error05N30 = (total05N30/rounds);
type1error05N60 = (total05N60/rounds);
type1error_10N10 = (total_10N10/rounds);
type1error_10N30 = (total_10N30/rounds);
type1error_10N60 = (total_10N60/rounds);

% Hypothesis test,onetail,p0 >= .80,alpha .05, Ho:>=.80,Ha:<.80
Pt01N10 = sum(1-T01N10')/rounds;
Pt01N30 = sum(1-T01N30')/rounds;
Pt01N60 = sum(1-T01N60')/rounds;
Pt05N10 = sum(1-T05N10')/rounds;
Pt05N30 = sum(1-T05N30')/rounds;
Pt05N60 = sum(1-T05N60')/rounds;
Pt_10N10 = sum(1-T_10N10')/rounds;
Pt_10N30 = sum(1-T_10N30')/rounds;
Pt_10N60 = sum(1-T_10N60')/rounds;

Qt01N10 = 1-Pt01N10;
Qt01N30 = 1-Pt01N30;
Qt01N60 = 1-Pt01N60;
Qt05N10 = 1-Pt05N10;
Qt05N30 = 1-Pt05N30;
Qt05N60 = 1-Pt05N60;
Qt_10N10 = 1-Pt_10N10;
Qt_10N30 = 1-Pt_10N30;
Qt_10N60 = 1-Pt_10N60;

Z01N10 = (Pt01N10-0.80)/sqrt((Pt01N10*Qt01N10)/rounds);
Z01N30 = (Pt01N30-0.80)/sqrt((Pt01N30*Qt01N30)/rounds);
Z01N60 = (Pt01N60-0.80)/sqrt((Pt01N60*Qt01N60)/rounds);
Z05N10 = (Pt05N10-0.80)/sqrt((Pt05N10*Qt05N10)/rounds);
Z05N30 = (Pt05N30-0.80)/sqrt((Pt05N30*Qt05N30)/rounds);
Z05N60 = (Pt05N60-0.80)/sqrt((Pt05N60*Qt05N60)/rounds);
Z_10N10 = (Pt_10N10-0.80)/sqrt((Pt_10N10*Qt_10N10)/rounds);
Z_10N30 = (Pt_10N30-0.80)/sqrt((Pt_10N30*Qt_10N30)/rounds);
Z_10N60 = (Pt_10N60-0.80)/sqrt((Pt_10N60*Qt_10N60)/rounds);

if Z01N10 < -1.645
    Power01N10 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N10 = 0 %Ha : P < .80
end
if Z01N30 < -1.645
    Power01N30 = 1 % accept Ho : P >= .80
```

```
else
    Power01N30 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z01N60 < -1.645
    Power01N60 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N60 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N10 < -1.645
    Power05N10 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N10 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N30 < -1.645
    Power05N30 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N30 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N60 < -1.645
    Power05N60 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N60 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N10 < -1.645
    Power_10N10 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N10 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N30 < -1.645
    Power_10N30 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N30 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N60 < -1.645
    Power_10N60 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N60 = 0 %Ha : P < .80
end

Output_independent_nn = [type1error01N10 type1error01N30
type1error01N60 Power01N10 Power01N30 Power01N60 Z01N10 Z01N30 Z01N60
    type1error05N10 type1error05N30 type1error05N60 Power05N10
Power05N30 Power05N60 Z05N10 Z05N30 Z05N60
    type1error_10N10 type1error_10N30 type1error_10N60 Power_10N10
Power_10N30 Power_10N60 Z_10N10 Z_10N30 Z_10N60];

save Independent(N_equal)sk2_ku6.mat
toc
```

3. ภาษาคอมพิวเตอร์ (syntax) โปรแกรม MATLABเพื่อการศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน

```
clc
clear all
tic
% Independent sample t-test (N Unequal)
sk = 2;
ku = 6;

% sample size
N10 = 10;
N130n10 = (130*N10)/100;
N150n10 = (150*N10)/100;
N30 = 30;
N130n30 = (130*N30)/100;
N150n30 = (150*N30)/100;
N60 = 60;
N130n60 = (130*N60)/100;
N150n60 = (150*N60)/100;

% ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ
alpha01 = 0.01;
alpha05 = 0.05;
alpha_10 = 0.10;

rounds = 5000;

for i = 1:rounds
    Gp_collect10(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N10,1);
    Gp_collect30(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N30,1);
    Gp_collect60(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N60,1);

    Gp_collect130n10(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N130n10,1);
    Gp_collect130n30(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N130n30,1);
    Gp_collect130n60(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N130n60,1);

    Gp_collect150n10(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N150n10,1);
    Gp_collect150n30(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N150n30,1);
    Gp_collect150n60(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N150n60,1);

    %%%%130%%%%%%%%%130%%%%%%%%%130%%%%%%%%%130%%%%%%%%%130%%%%
    T01N10_130(:,i) =
ttest2(Gp_collect10(:,i),Gp_collect130n10(:,i),alpha01);
    T01N30_130(:,i) =
ttest2(Gp_collect30(:,i),Gp_collect130n30(:,i),alpha01);
    T01N60_130(:,i) =
ttest2(Gp_collect60(:,i),Gp_collect130n60(:,i),alpha01);

    T05N10_130(:,i) =
ttest2(Gp_collect10(:,i),Gp_collect130n10(:,i),alpha05);
    T05N30_130(:,i) =
ttest2(Gp_collect30(:,i),Gp_collect130n30(:,i),alpha05);
    T05N60_130(:,i) =
ttest2(Gp_collect60(:,i),Gp_collect130n60(:,i),alpha05);
```

```
    T_10N10_130(:,i) =
ttest2(Gp_collect10(:,i),Gp_collect130n10(:,i),alpha_10);
    T_10N30_130(:,i) =
ttest2(Gp_collect30(:,i),Gp_collect130n30(:,i),alpha_10);
    T_10N60_130(:,i) =
ttest2(Gp_collect60(:,i),Gp_collect130n60(:,i),alpha_10);


%%%%150%%%%%%%%150%%%%%%%150%%%%%%%%150%%%%%%%%150%%%%%%%%150%%
%%
    T01N10_150(:,i) =
ttest2(Gp_collect10(:,i),Gp_collect150n10(:,i),alpha01);
    T01N30_150(:,i) =
ttest2(Gp_collect30(:,i),Gp_collect150n30(:,i),alpha01);
    T01N60_150(:,i) =
ttest2(Gp_collect60(:,i),Gp_collect150n60(:,i),alpha01);

    T05N10_150(:,i) =
ttest2(Gp_collect10(:,i),Gp_collect150n10(:,i),alpha05);
    T05N30_150(:,i) =
ttest2(Gp_collect30(:,i),Gp_collect150n30(:,i),alpha05);
    T05N60_150(:,i) =
ttest2(Gp_collect60(:,i),Gp_collect150n60(:,i),alpha05);

    T_10N10_150(:,i) =
ttest2(Gp_collect10(:,i),Gp_collect150n10(:,i),alpha_10);
    T_10N30_150(:,i) =
ttest2(Gp_collect30(:,i),Gp_collect150n30(:,i),alpha_10);
    T_10N60_150(:,i) =
ttest2(Gp_collect60(:,i),Gp_collect150n60(:,i),alpha_10);
end

% การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
total01N10_130 = sum(T01N10_130);
total01N30_130 = sum(T01N30_130);
total01N60_130 = sum(T01N60_130);
total05N10_130 = sum(T05N10_130);
total05N30_130 = sum(T05N30_130);
total05N60_130 = sum(T05N60_130);
total_10N10_130 = sum(T_10N10_130);
total_10N30_130 = sum(T_10N30_130);
total_10N60_130 = sum(T_10N60_130);

total01N10_150 = sum(T01N10_150);
total01N30_150 = sum(T01N30_150);
total01N60_150 = sum(T01N60_150);
total05N10_150 = sum(T05N10_150);
total05N30_150 = sum(T05N30_150);
total05N60_150 = sum(T05N60_150);
total_10N10_150 = sum(T_10N10_150);
total_10N30_150 = sum(T_10N30_150);
total_10N60_150 = sum(T_10N60_150);
type1_01N10_130 = (total01N10_130/rounds);
type1_01N30_130 = (total01N30_130/rounds);
type1_01N60_130 = (total01N60_130/rounds);
type1_05N10_130 = (total05N10_130/rounds);
```

```
type1_05N30_130 = (total05N30_130/rounds);
type1_05N60_130 = (total05N60_130/rounds);
type1e_10N10_130 = (total_10N10_130/rounds);
type1e_10N30_130 = (total_10N30_130/rounds);
type1e_10N60_130 = (total_10N60_130/rounds);

type1_01N10_150 = (total01N10_150/rounds);
type1_01N30_150 = (total01N30_150/rounds);
type1_01N60_150 = (total01N60_150/rounds);
type1_05N10_150 = (total05N10_150/rounds);
type1_05N30_150 = (total05N30_150/rounds);
type1_05N60_150 = (total05N60_150/rounds);
type1e_10N10_150 = (total_10N10_150/rounds);
type1e_10N30_150 = (total_10N30_150/rounds);
type1e_10N60_150 = (total_10N60_150/rounds);

% Hypothesis test,onetail,p0 >= .80,alpha .05, Ho:>=.80,Ha:<.80
Pt01N10_130 = sum(1-T01N10_130')/rounds;
Pt01N30_130 = sum(1-T01N30_130')/rounds;
Pt01N60_130 = sum(1-T01N60_130')/rounds;
Pt05N10_130 = sum(1-T05N10_130')/rounds;
Pt05N30_130 = sum(1-T05N30_130')/rounds;
Pt05N60_130 = sum(1-T05N60_130')/rounds;
Pt_10N10_130 = sum(1-T_10N10_130')/rounds;
Pt_10N30_130 = sum(1-T_10N30_130')/rounds;
Pt_10N60_130 = sum(1-T_10N60_130')/rounds;

Pt01N10_150 = sum(1-T01N10_150')/rounds;
Pt01N30_150 = sum(1-T01N30_150')/rounds;
Pt01N60_150 = sum(1-T01N60_150')/rounds;
Pt05N10_150 = sum(1-T05N10_150')/rounds;
Pt05N30_150 = sum(1-T05N30_150')/rounds;
Pt05N60_150 = sum(1-T05N60_150')/rounds;
Pt_10N10_150 = sum(1-T_10N10_150')/rounds;
Pt_10N30_150 = sum(1-T_10N30_150')/rounds;
Pt_10N60_150 = sum(1-T_10N60_150')/rounds;

Qt01N10_130 = 1-Pt01N10_130;
Qt01N30_130 = 1-Pt01N30_130;
Qt01N60_130 = 1-Pt01N60_130;
Qt05N10_130 = 1-Pt05N10_130;
Qt05N30_130 = 1-Pt05N30_130;
Qt05N60_130 = 1-Pt05N60_130;
Qt_10N10_130 = 1-Pt_10N10_130;
Qt_10N30_130 = 1-Pt_10N30_130;
Qt_10N60_130 = 1-Pt_10N60_130;

Qt01N10_150 = 1-Pt01N10_150;
Qt01N30_150 = 1-Pt01N30_150;
Qt01N60_150 = 1-Pt01N60_150;
Qt05N10_150 = 1-Pt05N10_150;
Qt05N30_150 = 1-Pt05N30_150;
Qt05N60_150 = 1-Pt05N60_150;
Qt_10N10_150 = 1-Pt_10N10_150;
Qt_10N30_150 = 1-Pt_10N30_150;
Qt_10N60_150 = 1-Pt_10N60_150;
```

```
Z01N10_130 = (Pt01N10_130-
0.80)/sqrt((Pt01N10_130*Qt01N10_130)/rounds);
Z01N30_130 = (Pt01N30_130-
0.80)/sqrt((Pt01N30_130*Qt01N30_130)/rounds);
Z01N60_130 = (Pt01N60_130-
0.80)/sqrt((Pt01N60_130*Qt01N60_130)/rounds);
Z05N10_130 = (Pt05N10_130-
0.80)/sqrt((Pt05N10_130*Qt05N10_130)/rounds);
Z05N30_130 = (Pt05N30_130-
0.80)/sqrt((Pt05N30_130*Qt05N30_130)/rounds);
Z05N60_130 = (Pt05N60_130-
0.80)/sqrt((Pt05N60_130*Qt05N60_130)/rounds);
Z_10N10_130 = (Pt_10N10_130-
0.80)/sqrt((Pt_10N10_130*Qt_10N10_130)/rounds);
Z_10N30_130 = (Pt_10N30_130-
0.80)/sqrt((Pt_10N30_130*Qt_10N30_130)/rounds);
Z_10N60_130 = (Pt_10N60_130-
0.80)/sqrt((Pt_10N60_130*Qt_10N60_130)/rounds);

Z01N10_150 = (Pt01N10_150-
0.80)/sqrt((Pt01N10_150*Qt01N10_150)/rounds);
Z01N30_150 = (Pt01N30_150-
0.80)/sqrt((Pt01N30_150*Qt01N30_150)/rounds);
Z01N60_150 = (Pt01N60_150-
0.80)/sqrt((Pt01N60_150*Qt01N60_150)/rounds);
Z05N10_150 = (Pt05N10_150-
0.80)/sqrt((Pt05N10_150*Qt05N10_150)/rounds);
Z05N30_150 = (Pt05N30_150-
0.80)/sqrt((Pt05N30_150*Qt05N30_150)/rounds);
Z05N60_150 = (Pt05N60_150-
0.80)/sqrt((Pt05N60_150*Qt05N60_150)/rounds);
Z_10N10_150 = (Pt_10N10_150-
0.80)/sqrt((Pt_10N10_150*Qt_10N10_150)/rounds);
Z_10N30_150 = (Pt_10N30_150-
0.80)/sqrt((Pt_10N30_150*Qt_10N30_150)/rounds);
Z_10N60_150 = (Pt_10N60_150-
0.80)/sqrt((Pt_10N60_150*Qt_10N60_150)/rounds);

if Z01N10_130 < -1.645
    Power01N10_130 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N10_130 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z01N30_130 < -1.645
    Power01N30_130 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N30_130 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z01N60_130 < -1.645
    Power01N60_130 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N60_130 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N10_130 < -1.645
```

```
    Power05N10_130 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N10_130 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N30_130 < -1.645
    Power05N30_130 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N30_130 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N60_130 < -1.645
    Power05N60_130 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N60_130 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N10_130 < -1.645
    Power_10N10_130 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N10_130 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N30_130 < -1.645
    Power_10N30_130 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N30_130 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N60_130 < -1.645
    Power_10N60_130 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N60_130 = 0 %Ha : P < .80
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if Z01N10_150 < -1.645
    Power01N10_150 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N10_150 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z01N30_150 < -1.645
    Power01N30_150 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N30_150 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z01N60_150 < -1.645
    Power01N60_150 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N60_150 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N10_150 < -1.645
    Power05N10_150 = 1 % accept Ho : P >= .80
```

```
else
    Power05N10_150 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N30_150 < -1.645
    Power05N30_150 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N30_150 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N60_150 < -1.645
    Power05N60_150 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N60_150 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N10_150 < -1.645
    Power_10N10_150 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N10_150 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N30_150 < -1.645
    Power_10N30_150 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N30_150 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N60_150 < -1.645
    Power_10N60_150 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N60_150 = 0 %Ha : P < .80
end

Output = [type1_01N10_130 type1_01N10_150 type1_01N30_130
type1_01N30_150 type1_01N60_130 type1_01N60_130...
    Power01N10_130 Power01N10_150 Power01N30_130 Power01N30_150
Power01N60_130 Power01N60_150...
    Z01N10_130 Z01N10_150 Z01N30_130 Z01N30_150 Z01N60_130 Z01N60_150
    type1_05N10_130 type1_05N10_150 type1_05N30_130 type1_05N30_150
type1_05N60_130 type1_05N60_130...
    Power05N10_130 Power05N10_150 Power05N30_130 Power05N30_150
Power05N60_130 Power05N60_150...
    Z05N10_130 Z05N10_150 Z05N30_130 Z05N30_150 Z05N60_130 Z05N60_150
    type1e_10N10_130 type1e_10N10_150 type1e_10N30_130
type1e_10N30_150 type1e_10N60_130 type1e_10N60_130...
    Power_10N10_130 Power_10N10_150 Power_10N30_130 Power_10N30_150
Power_10N60_130 Power_10N60_150...
    Z_10N10_130 Z_10N10_150 Z_10N30_130 Z_10N30_150 Z_10N60_130
Z_10N60_150];

save Independent_Unequal_sk2_ku6.mat
toc
```

4. ภาษาคอมพิวเตอร์ (syntax) โปรแกรม MATLAB เพื่อการศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบที เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มผูกพันกัน

```
clc
clear all
tic
% Paired t-test
sk = 2;
ku = 6;

% sample size
N10 = 10;
N30 = 30;
N60 = 60;

% ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ
alpha01 = 0.01;
alpha05 = 0.05;
alpha_10 = 0.10;

rounds = 5000;

for i = 1:rounds
    Gp_collect10A(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N10,1);
    Gp_collect30A(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N30,1);
    Gp_collect60A(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N60,1);

    Gp_collect10B(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N10,1);
    Gp_collect30B(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N30,1);
    Gp_collect60B(:,i) = pearsrnd(0,1,sk,ku,N60,1);

    T01N10(:,i) =
ttest(Gp_collect10A(:,i),Gp_collect10B(:,i),alpha01);
    T01N30(:,i) =
ttest(Gp_collect30A(:,i),Gp_collect30B(:,i),alpha01);
    T01N60(:,i) =
ttest(Gp_collect60A(:,i),Gp_collect60B(:,i),alpha01);

    T05N10(:,i) =
ttest(Gp_collect10A(:,i),Gp_collect10B(:,i),alpha05);
    T05N30(:,i) =
ttest(Gp_collect30A(:,i),Gp_collect30B(:,i),alpha05);
    T05N60(:,i) =
ttest(Gp_collect60A(:,i),Gp_collect60B(:,i),alpha05);

    T_10N10(:,i) =
ttest(Gp_collect10A(:,i),Gp_collect10B(:,i),alpha_10);
    T_10N30(:,i) =
ttest(Gp_collect30A(:,i),Gp_collect30B(:,i),alpha_10);
    T_10N60(:,i) =
ttest(Gp_collect60A(:,i),Gp_collect60B(:,i),alpha_10);
end

% การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
total01N10 = sum(T01N10);
total01N30 = sum(T01N30);
```

```
total01N60 = sum(T01N60);
total05N10 = sum(T05N10);
total05N30 = sum(T05N30);
total05N60 = sum(T05N60);
total_10N10 = sum(T_10N10);
total_10N30 = sum(T_10N30);
total_10N60 = sum(T_10N60);

type1error01N10 = (total01N10/rounds);
type1error01N30 = (total01N30/rounds);
type1error01N60 = (total01N60/rounds);
type1error05N10 = (total05N10/rounds);
type1error05N30 = (total05N30/rounds);
type1error05N60 = (total05N60/rounds);
type1error_10N10 = (total_10N10/rounds);
type1error_10N30 = (total_10N30/rounds);
type1error_10N60 = (total_10N60/rounds);

% Hypothesis test,onetail,p0 >= .80,alpha .05, Ho:>=.80,Ha:<.80
Pt01N10 = sum(1-T01N10')/rounds;
Pt01N30 = sum(1-T01N30')/rounds;
Pt01N60 = sum(1-T01N60')/rounds;
Pt05N10 = sum(1-T05N10')/rounds;
Pt05N30 = sum(1-T05N30')/rounds;
Pt05N60 = sum(1-T05N60')/rounds;
Pt_10N10 = sum(1-T_10N10')/rounds;
Pt_10N30 = sum(1-T_10N30')/rounds;
Pt_10N60 = sum(1-T_10N60')/rounds;

Qt01N10 = 1-Pt01N10;
Qt01N30 = 1-Pt01N30;
Qt01N60 = 1-Pt01N60;
Qt05N10 = 1-Pt05N10;
Qt05N30 = 1-Pt05N30;
Qt05N60 = 1-Pt05N60;
Qt_10N10 = 1-Pt_10N10;
Qt_10N30 = 1-Pt_10N30;
Qt_10N60 = 1-Pt_10N60;

Z01N10 = (Pt01N10-0.80)/sqrt((Pt01N10*Qt01N10)/rounds);
Z01N30 = (Pt01N30-0.80)/sqrt((Pt01N30*Qt01N30)/rounds);
Z01N60 = (Pt01N60-0.80)/sqrt((Pt01N60*Qt01N60)/rounds);
Z05N10 = (Pt05N10-0.80)/sqrt((Pt05N10*Qt05N10)/rounds);
Z05N30 = (Pt05N30-0.80)/sqrt((Pt05N30*Qt05N30)/rounds);
Z05N60 = (Pt05N60-0.80)/sqrt((Pt05N60*Qt05N60)/rounds);
Z_10N10 = (Pt_10N10-0.80)/sqrt((Pt_10N10*Qt_10N10)/rounds);
Z_10N30 = (Pt_10N30-0.80)/sqrt((Pt_10N30*Qt_10N30)/rounds);
Z_10N60 = (Pt_10N60-0.80)/sqrt((Pt_10N60*Qt_10N60)/rounds);

if Z01N10 < -1.645
    Power01N10 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N10 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z01N30 < -1.645
    Power01N30 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
```

```
    Power01N30 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z01N60 < -1.645
    Power01N60 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power01N60 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N10 < -1.645
    Power05N10 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N10 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N30 < -1.645
    Power05N30 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N30 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z05N60 < -1.645
    Power05N60 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power05N60 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N10 < -1.645
    Power_10N10 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N10 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N30 < -1.645
    Power_10N30 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N30 = 0 %Ha : P < .80
end

if Z_10N60 < -1.645
    Power_10N60 = 1 % accept Ho : P >= .80
else
    Power_10N60 = 0 %Ha : P < .80
end

Pairedtest = [type1error01N10 type1error01N30 type1error01N60...
    Power01N10 Power01N30 Power01N60...
    Z01N10 Z01N30 Z01N60
    type1error05N10 type1error05N30 type1error05N60...
    Power05N10 Power05N30 Power05N60...
    Z05N10 Z05N30 Z05N60
    type1error_10N10 type1error_10N30 type1error_10N60...
    Power_10N10 Power_10N30 Power_10N60...
    Z_10N10 Z_10N30 Z_10N60];

save PairedTest_sk2_ku6.mat
toc
```

ภาคผนวก ข

เปรียบเทียบค่าสถิติทดสอบทีและค่าพีแวลู่ (p-value)

ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับโปรแกรม spss v.11.5

1. กรณี 1 กลุ่มประชากร

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		n = 10		n = 30		n = 60		n = 10		n = 30		n = 60	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
0	3	0.1300	0.8994	0.7287	0.4720	-0.1277	0.8989	0.1300	0.8994	0.7287	0.4720	-0.1277	0.8989
	4	-0.0872	0.9324	1.2449	0.2231	1.1259	0.2648	-0.0872	0.9324	1.2449	0.2231	1.1259	0.2648
	5	-0.4752	0.6460	-0.3059	0.7619	1.8076	0.0758	-0.4752	0.6460	-0.3059	0.7619	1.8076	0.0758
	6	1.0579	0.3177	-0.0200	0.9842	-0.6955	0.4895	1.0579	0.3177	-0.0200	0.9842	-0.6955	0.4895
	10	-1.7897	0.1071	1.1078	0.2771	-0.5806	0.5637	-1.7897	0.1071	1.1078	0.2771	-0.5806	0.5637
0.5	3	0.1811	0.8603	0.9851	0.3327	0.3339	0.7396	0.1811	0.8603	0.9851	0.3327	0.3339	0.7396
	4	-1.6314	0.1372	-0.6574	0.5161	-0.4708	0.6395	-1.6314	0.1372	-0.6574	0.5161	-0.4708	0.6395
	5	-0.3735	0.7175	0.7368	0.4672	0.6380	0.5259	-0.3735	0.7175	0.7368	0.4672	0.6380	0.5259
	6	-0.8297	0.4282	-0.3526	0.7269	1.2817	0.2050	-0.8297	0.4282	-0.3526	0.7269	1.2817	0.2050
	10	0.2081	0.8398	-0.5440	0.5906	0.2533	0.8009	0.2081	0.8398	-0.5440	0.5906	0.2533	0.8009
1.0	3	0.7973	0.4458	-2.2238	0.0341	0.0728	0.9422	0.7973	0.4458	-2.2238	0.0341	0.0728	0.9422
	4	0.4238	0.6816	0.7735	0.4455	0.7309	0.4677	0.4238	0.6816	0.7735	0.4455	0.7309	0.4677

129

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		n = 10		n = 30		n = 60		n = 10		n = 30		n = 60	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
	5	-0.6666	0.5218	-0.0657	0.9481	1.5339	0.1304	-0.6666	0.5218	-0.0657	0.9481	1.5339	0.1304
	6	-1.1312	0.2872	-0.5595	0.5801	-0.5259	0.6009	-1.1312	0.2872	-0.5595	0.5801	-0.5259	0.6009
	10	-0.5452	0.5988	1.0500	0.3024	-0.7588	0.4510	-0.5452	0.5988	1.0500	0.3024	-0.7588	0.4510
1.5	3	0.8489	0.4179	-0.2122	0.8334	0.5097	0.6122	0.8489	0.4179	-0.2122	0.8334	0.5097	0.6122
	4	0.0331	0.9743	1.4097	0.1693	0.0976	0.9226	0.0331	0.9743	1.4097	0.1693	0.0976	0.9226
	5	1.0393	0.3258	0.6059	0.5493	0.0013	0.9990	1.0393	0.3258	0.6059	0.5493	0.0013	0.9990
	6	0.6007	0.5629	1.8938	0.0683	1.9958	0.0506	0.6007	0.5629	1.8938	0.0683	1.9958	0.0506
	10	0.4099	0.6915	-0.2325	0.8178	0.8658	0.3901	0.4099	0.6915	-0.2325	0.8178	0.8658	0.3901
2.0	5	-0.4645	0.6533	0.7210	0.4767	0.0764	0.9393	-0.4645	0.6533	0.7210	0.4767	0.0764	0.9393
	6	-1.5749	0.1497	-1.1260	0.2694	0.9808	0.3307	-1.5749	0.1497	-1.1260	0.2694	0.9808	0.3307
	10	-0.9317	0.3758	0.1305	0.8970	0.1872	0.8521	-0.9317	0.3758	0.1305	0.8970	0.1872	0.8521
2.5	10	-0.2198	0.8309	-1.7798	0.0856	0.7019	0.4855	-0.2198	0.8309	-1.7798	0.0856	0.7019	0.4855
3.0	10	0.8702	0.4068	-0.3737	0.7114	-0.5330	0.5961	0.8702	0.4068	-0.3737	0.7114	-0.5330	0.5961

130

2. **เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน**

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		$n_1 : n_2$ = 10 : 10		$n_1 : n_2$ = 30 : 30		$n_1 : n_2$ = 60 : 60		$n_1 : n_2$ = 10 : 10		$n_1 : n_2$ = 30 : 30		$n_1 : n_2$ = 60 : 60	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
0	3	0.1388	0.8927	0.8854	0.3796	-0.4435	0.6582	0.1388	0.8927	0.8854	0.3796	-0.4435	0.6582
	4	0.2090	0.8391	0.4624	0.6455	0.5428	0.5883	0.2090	0.8391	0.4624	0.6455	0.5428	0.5883
	5	0.6101	0.5569	0.2082	0.8358	0.4964	0.6205	0.6101	0.5569	0.2082	0.8358	0.4964	0.6205
	6	-1.0121	0.3379	-1.0557	0.2955	0.1810	0.8566	-1.0121	0.3379	-1.0557	0.2955	0.1810	0.8566
	10	0.4290	0.6780	1.8599	0.0680	0.0691	0.9450	0.4290	0.6780	1.8599	0.0680	0.0691	0.9450
0.5	3	0.6065	0.5517	-1.7856	0.0794	0.6603	0.5104	0.6065	0.5517	-1.7856	0.0794	0.6603	0.5104
	4	-0.0845	0.9336	1.9848	0.0519	0.8752	0.3832	-0.0845	0.9336	1.9848	0.0519	0.8752	0.3832
	5	-0.3763	0.7111	1.6917	0.0961	1.2332	0.2200	-0.3763	0.7111	1.6917	0.0961	1.2332	0.2200
	6	0.0520	0.9591	0.1405	0.8887	0.2659	0.7908	0.0520	0.9591	0.1405	0.8887	0.2659	0.7908
	10	0.6958	0.4954	-0.4085	0.6844	-0.0088	0.9930	0.6958	0.4954	-0.4085	0.6844	-0.0088	0.9930
1.0	3	-0.0932	0.9268	-0.2495	0.8039	-0.4444	0.6575	-0.0932	0.9268	-0.2495	0.8039	-0.4444	0.6575
	4	-0.0951	0.9252	0.9688	0.3367	-0.4772	0.6341	-0.0951	0.9252	0.9688	0.3367	-0.4772	0.6341
	5	1.0732	0.2974	-0.1260	0.9002	-0.1339	0.8937	1.0732	0.2974	-0.1260	0.9002	-0.1339	0.8937
	6	-1.4972	0.1517	1.8285	0.0726	0.0187	0.9851	-1.4972	0.1517	1.8285	0.0726	0.0187	0.9851
	10	-0.1432	0.8877	-0.6607	0.5115	0.2630	0.7930	-0.1432	0.8877	-0.6607	0.5115	0.2630	0.7930

131

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		$n_1 : n_2$ = 10 : 10		$n_1 : n_2$ = 30 : 30		$n_1 : n_2$ = 60 : 60		$n_1 : n_2$ = 10 : 10		$n_1 : n_2$ = 30 : 30		$n_1 : n_2$ = 60 : 60	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
1.5	3	-2.4439	0.0251	0.9255	0.3585	1.7275	0.0867	-2.4439	0.0251	0.9255	0.3585	1.7275	0.0867
	4	-0.7739	0.4490	-0.8865	0.3790	0.6898	0.4917	-0.7739	0.4490	-0.8865	0.3790	0.6898	0.4917
	5	0.3106	0.7597	0.3306	0.7422	0.4458	0.6566	0.3106	0.7597	0.3306	0.7422	0.4458	0.6566
	6	-1.2706	0.2200	-0.9883	0.3271	-1.8433	0.0678	-1.2706	0.2200	-0.9883	0.3271	-1.8433	0.0678
	10	0.2677	0.7920	0.2853	0.7764	-1.5370	0.1270	0.2677	0.7920	0.2853	0.7764	-1.5370	0.1270
2.0	5	1.0954	0.2878	0.0000	1.0000	0.8235	0.4119	1.0954	0.2878	0.0000	1.0000	0.8235	0.4119
	6	-1.5012	0.1506	1.7086	0.0929	-1.4673	0.1450	-1.5012	0.1506	1.7086	0.0929	-1.4673	0.1450
	10	-0.2085	0.8372	1.1852	0.2408	-0.0680	0.9459	-0.2085	0.8372	1.1852	0.2408	-0.0680	0.9459
2.5	10	1.0568	0.3046	0.5136	0.6095	0.0194	0.9846	1.0568	0.3046	0.5136	0.6095	0.0194	0.9846
3.0	10	-1.0000	0.3306	1.0269	0.3087	-1.1654	0.2462	-1.0000	0.3306	1.0269	0.3087	-1.1654	0.2462

132

3. **เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกันร้อยละ 30**

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		$n_1 : n_2 = 10 : 13$		$n_1 : n_2 = 30 : 39$		$n_1 : n_2 = 60 : 78$		$n_1 : n_2 = 10 : 13$		$n_1 : n_2 = 30 : 39$		$n_1 : n_2 = 60 : 78$	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
0	3	-0.2531	0.8027	-0.7518	0.4548	-1.0286	0.3055	-0.2531	0.8027	0.5186	-0.7518	-1.0286	0.3055
	4	-0.3662	0.7179	-1.0789	0.2845	-1.0051	0.3166	-0.3662	0.7179	0.2821	-1.0789	-1.0051	0.3166
	5	0.9720	0.3421	1.4150	0.1617	0.2644	0.7919	0.9720	0.3421	0.6752	1.4150	0.2644	0.7919
	6	-1.2967	0.2088	-0.8713	0.3867	0.4218	0.6739	-1.2967	0.2088	0.9577	-0.8713	0.4218	0.6739
	10	1.2827	0.2136	0.4398	0.6615	1.1176	0.2657	1.2827	0.2136	0.0344	0.4398	1.1176	0.2657
0.5	3	0.6801	0.5038	2.1715	0.0334	-1.5037	0.1350	0.6801	0.5038	2.1715	0.0334	-1.5037	0.1350
	4	0.7243	0.4768	0.4529	0.6521	0.3140	0.7540	0.7243	0.4768	0.4529	0.6521	0.3140	0.7540
	5	0.7180	0.4806	-1.4849	0.1423	0.2463	0.8058	0.7180	0.4806	-1.4849	0.1423	0.2463	0.8058
	6	0.6354	0.5320	0.4655	0.6431	0.2964	0.7674	0.6354	0.5320	0.4655	0.6431	0.2964	0.7674
	10	2.4991	0.0208	-1.2809	0.2046	0.3538	0.7240	2.4991	0.0208	-1.2809	0.2046	0.3538	0.7240
1.0	3	1.9457	0.0652	0.7890	0.4329	-0.5235	0.6015	1.9457	0.0652	0.7890	0.4329	-0.5235	0.6015
	4	-0.4398	0.6646	2.0455	0.0447	1.7899	0.0757	-0.4398	0.6646	2.0455	0.0447	1.7899	0.0757
	5	0.2192	0.8286	-0.0206	0.9836	-0.2810	0.7792	0.2192	0.8286	-0.0206	0.9836	-0.2810	0.7792
	6	-0.2789	0.7831	0.9789	0.3311	-0.1496	0.8813	-0.2789	0.7831	0.9789	0.3311	-0.1496	0.8813
	10	-0.8831	0.3872	0.1625	0.8714	-0.3603	0.7192	-0.8831	0.3872	0.1625	0.8714	-0.3603	0.7192

133

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		$n_1 : n_2 = 10 : 13$		$n_1 : n_2 = 30 : 39$		$n_1 : n_2 = 60 : 78$		$n_1 : n_2 = 10 : 13$		$n_1 : n_2 = 30 : 39$		$n_1 : n_2 = 60 : 78$	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
1.5	3	0.2772	0.7843	0.2317	0.8175	0.3129	0.7548	0.2772	0.7843	0.2317	0.8175	0.3129	0.7548
	4	-1.0947	0.2860	1.7594	0.0831	1.5321	0.1278	-1.0947	0.2860	1.7594	0.0831	1.5321	0.1278
	5	0.7348	0.4706	-1.0846	0.2820	-0.3423	0.7327	0.7348	0.4706	-1.0846	0.2820	-0.3423	0.7327
	6	-0.6187	0.5428	-0.9308	0.3553	-1.4208	0.1577	-0.6187	0.5428	-0.9308	0.3553	-1.4208	0.1577
	10	0.2714	0.7887	0.6389	0.5251	0.5534	0.5809	0.2714	0.7887	0.6389	0.5251	0.5534	0.5809
2.0	5	-1.6550	0.1128	0.5445	0.5879	0.4129	0.6803	-1.6550	0.1128	0.5445	0.5879	0.4129	0.6803
	6	0.4152	0.6822	-0.9964	0.3226	-1.3736	0.1718	0.4152	0.6822	-0.9964	0.3226	-1.3736	0.1718
	10	1.6205	0.1201	0.7689	0.4446	1.0120	0.3133	1.6205	0.1201	0.7689	0.4446	1.0120	0.3133
2.5	10	1.0068	0.3255	0.8050	0.4237	-0.0970	0.9229	1.0068	0.3255	0.8050	0.4237	-0.0970	0.9229
3.0	10	-0.3644	0.7192	-0.3578	0.7216	0.0232	0.9816	-0.3644	0.7192	-0.3578	0.7216	0.0232	0.9816

134

4. **เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระจากกันและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกันร้อยละ 50**

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		$n_1 : n_2 = 10 : 15$		$n_1 : n_2 = 30 : 45$		$n_1 : n_2 = 60 : 90$		$n_1 : n_2 = 10 : 15$		$n_1 : n_2 = 30 : 45$		$n_1 : n_2 = 60 : 90$	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
0	3	-0.5604	0.5806	0.8303	0.4091	1.5059	0.1342	-0.5604	0.5806	0.8303	0.4091	1.5059	0.1342
	4	1.7425	0.0948	-0.8213	0.4141	-0.6029	0.5475	1.7425	0.0948	-0.8213	0.4141	-0.6029	0.5475
	5	-0.3849	0.7039	-1.9383	0.0564	3.0203	0.0030	-0.3849	0.7039	-1.9383	0.0564	3.0203	0.0030
	6	-1.5645	0.1314	0.9039	0.3690	0.5092	0.6114	-1.5645	0.1314	0.9039	0.3690	0.5092	0.6114
	10	1.4789	0.1527	0.4951	0.6220	-0.3404	0.7341	1.4789	0.1527	0.4951	0.6220	-0.3404	0.7341
0.5	3	-0.1875	0.8529	0.1441	0.8858	-2.5322	0.0124	-0.1875	0.8529	0.1441	0.8858	-2.5322	0.0124
	4	0.7257	0.4753	0.4676	0.6415	-0.4437	0.6579	0.7257	0.4753	0.4676	0.6415	-0.4437	0.6579
	5	-0.0850	0.9330	-0.6093	0.5442	1.1943	0.2343	-0.0850	0.9330	-0.6093	0.5442	1.1943	0.2343
	6	-0.2966	0.7695	3.3545	0.0013	-0.9864	0.3256	-0.2966	0.7695	3.3545	0.0013	-0.9864	0.3256
	10	0.3364	0.7396	-0.6736	0.5027	0.5291	0.5976	0.3364	0.7396	-0.6736	0.5027	0.5291	0.5976
1.0	3	0.2596	0.7975	-1.1981	0.2348	0.7522	0.4531	0.2596	0.7975	-1.1981	0.2348	0.7522	0.4531
	4	-0.2500	0.8048	1.0523	0.2961	1.7385	0.0842	-0.2500	0.8048	1.0523	0.2961	1.7385	0.0842
	5	-0.4092	0.6862	-0.6481	0.5190	0.1757	0.8608	-0.4092	0.6862	-0.6481	0.5190	0.1757	0.8608
	6	-2.3104	0.0302	-1.6854	0.0962	-0.0326	0.9740	-2.3104	0.0302	-1.6854	0.0962	-0.0326	0.9740
	10	0.5558	0.5837	-0.0184	0.9854	1.9056	0.0586	0.5558	0.5837	-0.0184	0.9854	1.9056	0.0586

135

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		$n_1 : n_2 = 10 : 15$		$n_1 : n_2 = 30 : 45$		$n_1 : n_2 = 60 : 90$		$n_1 : n_2 = 10 : 15$		$n_1 : n_2 = 30 : 45$		$n_1 : n_2 = 60 : 90$	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
1.5	3	-0.0348	0.9725	0.4170	0.6779	0.8242	0.4111	-0.0348	0.9725	0.4170	0.6779	0.8242	0.4111
	4	0.4738	0.6401	1.5674	0.1214	0.3683	0.7132	0.4738	0.6401	1.5674	0.1214	0.3683	0.7132
	5	-0.6661	0.5120	1.4603	0.1485	0.3441	0.7312	-0.6661	0.5120	1.4603	0.1485	0.3441	0.7312
	6	-0.8846	0.3855	-1.2170	0.2275	-0.1704	0.8650	-0.8846	0.3855	-1.2170	0.2275	-0.1704	0.8650
	10	-0.9164	0.3690	-0.7309	0.4672	2.7826	0.0061	-0.9164	0.3690	-0.7309	0.4672	2.7826	0.0061
2.0	5	-1.0000	0.3277	-0.1507	0.8806	-1.2125	0.2272	-1.0000	0.3277	-0.1507	0.8806	-1.2125	0.2272
	6	0.5255	0.6043	0.5910	0.5563	-0.5917	0.5549	0.5255	0.6043	0.5910	0.5563	-0.5917	0.5549
	10	0.5698	0.5744	0.7718	0.4427	-0.2296	0.8188	0.5698	0.5744	0.7718	0.4427	-0.2296	0.8188
2.5	10	-0.1189	0.9064	1.2161	0.2279	-0.9150	0.3617	-0.1189	0.9064	1.2161	0.2279	-0.9150	0.3617
3.0	10	-1.1897	0.2463	-0.6413	0.5233	-0.3381	0.7358	-1.1897	0.2463	-0.6413	0.5233	-0.3381	0.7358

136

5. เมื่อมีประชากร 2 กลุ่มผูกพันกัน

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		$n_1 : n_2$ = 10 : 10		$n_1 : n_2$ = 30 : 30		$n_1 : n_2$ = 60 : 60		$n_1 : n_2$ = 10 : 10		$n_1 : n_2$ = 30 : 30		$n_1 : n_2$ = 60 : 60	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
0	3	0.7105	0.4954	0.7606	0.4531	-1.1122	0.2706	0.7105	0.4954	0.7606	0.4531	-1.1122	0.2706
	4	0.1691	0.8695	-0.1797	0.8586	-0.0921	0.9270	0.1691	0.8695	-0.1797	0.8586	-0.0921	0.9270
	5	-1.7226	0.1191	1.5009	0.1442	-0.6379	0.5260	-1.7226	0.1191	1.5009	0.1442	-0.6379	0.5260
	6	-0.0366	0.9716	0.7617	0.4524	-1.4011	0.1664	-0.0366	0.9716	0.7617	0.4524	-1.4011	0.1664
	10	1.5210	0.1626	-0.7548	0.4564	-0.4043	0.6875	1.5210	0.1626	-0.7548	0.4564	-0.4043	0.6875
0.5	3	-0.2810	0.7851	0.9404	0.3548	-0.6543	0.5155	-0.2810	0.7851	0.9404	0.3548	-0.6543	0.5155
	4	0.1316	0.8982	-1.1379	0.2645	0.4369	0.6638	0.1316	0.8982	-1.1379	0.2645	0.4369	0.6638
	5	0.3612	0.7263	0.8982	0.3765	0.1820	0.8562	0.3612	0.7263	0.8982	0.3765	0.1820	0.8562
	6	-0.4297	0.6775	-0.6584	0.5155	-0.9702	0.3359	-0.4297	0.6775	-0.6584	0.5155	-0.9702	0.3359
	10	0.5447	0.5992	0.3185	0.7524	-1.7115	0.0922	0.5447	0.5992	0.3185	0.7524	-1.7115	0.0922
1.0	3	-0.0968	0.9250	0.0046	0.9964	0.9493	0.3463	-0.0968	0.9250	0.0046	0.9964	0.9493	0.3463
	4	0.0889	0.9311	1.8885	0.0690	-0.7518	0.4552	0.0889	0.9311	1.8885	0.0690	-0.7518	0.4552
	5	0.7891	0.4504	0.2479	0.8060	-0.7457	0.4588	0.7891	0.4504	0.2479	0.8060	-0.7457	0.4588
	6	0.4094	0.6918	-0.5794	0.5668	-0.5164	0.6075	0.4094	0.6918	-0.5794	0.5668	-0.5164	0.6075
	10	-0.4631	0.6543	1.3216	0.1966	-2.2867	0.0258	-0.4631	0.6543	1.3216	0.1966	-2.2867	0.0258

137

สปส. ความเบ้	สปส. ความโด่ง	ผลจากโปรแกรม MATLAB						ผลจากโปรแกรม spss					
		$n_1 : n_2 = 10 : 10$		$n_1 : n_2 = 30 : 30$		$n_1 : n_2 = 60 : 60$		$n_1 : n_2 = 10 : 10$		$n_1 : n_2 = 30 : 30$		$n_1 : n_2 = 60 : 60$	
		t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
1.5	3	0.4258	0.6803	0.2316	0.8185	2.0547	0.0443	0.4258	0.6803	0.2316	0.8185	2.0547	0.0443
	4	1.3167	0.2205	2.3740	0.0244	-0.1604	0.8731	1.3167	0.2205	2.3740	0.0244	-0.1604	0.8731
	5	1.2216	0.2529	0.6747	0.5052	1.5813	0.1192	1.2216	0.2529	0.6747	0.5052	1.5813	0.1192
	6	-0.1055	0.9183	-0.2258	0.8229	-0.3589	0.7209	-0.1055	0.9183	-0.2258	0.8229	-0.3589	0.7209
	10	1.1790	0.2686	-0.1970	0.8452	0.4626	0.6454	1.1790	0.2686	-0.1970	0.8452	0.4626	0.6454
2.0	5	0.5571	0.5911	-0.3725	0.7122	-0.9419	0.3501	0.5571	0.5911	-0.3725	0.7122	-0.9419	0.3501
	6	0.7641	0.4643	0.9222	0.3640	1.9795	0.0524	0.7641	0.4643	0.9222	0.3640	1.9795	0.0524
	10	0.0723	0.9440	-0.7893	0.4363	1.6888	0.0965	0.0723	0.9440	-0.7893	0.4363	1.6888	0.0965
2.5	10	-1.8965	0.0904	1.1483	0.2602	0.9442	0.3489	-1.8965	0.0904	1.1483	0.2602	0.9442	0.3489
3.0	10	1.0000	0.3434	2.1122	0.0434	-0.3309	0.7419	1.0000	0.3434	2.1122	0.0434	-0.3309	0.7419

138

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสามารถ พันคง เกิดวันที่ 25 มกราคม 2525 ภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัดชุมพร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรการศึกษาบัณฑิตสาขาการประถมศึกษา (วิชาโทเทคโนโลยีการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เมื่อปีการศึกษา 2547 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2551

E – mail : sam25pun25@hotmail.com