

ความแกร่งและอำนาจการทดสอบของสถิติอิงพารามิเตอร์และ สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลาง ระหว่างประชากรสองกลุ่ม สำหรับข้อมูลแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ

Robustness and Power of the Test of Parametric and Nonparametric Statistics in Testing of Central Difference Between Two Populations for Likert-type Data 5 Point

มนตรี สังข์ทอง*

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

Montri Songthong*

Division of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of
Technology Suvarnabhumi, Huntra, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแกร่งและอำนาจการทดสอบของสถิติอิงพารามิเตอร์และสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากรสองกลุ่ม สำหรับข้อมูลแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ ซึ่งตัวสถิติทดสอบที่นำมาศึกษาประกอบด้วย Z test, t test, Mann Whitney U test, van der Waerden test, Kolmogorov-Smirnov test และ modified U test โดยจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรม R เวอร์ชัน 2.9.2 มีเงื่อนไข คือ ประชากรมีการแจกแจงปกติ การแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ และการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ กำหนดขนาดตัวอย่าง ได้แก่ (10,10), (15,25) เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (30,30) เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และ (100,50), (100,100) เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ กำหนดอัตราส่วนของความแปรปรวน เท่ากับ 1:1 และ 1:2 ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ คือ ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ผลการวิจัยพบว่าเมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม คือ t test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ modified U test และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ Mann Whitney U test เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม คือ t test และ Mann Whitney U test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ คือ van der Waerden test และเมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติ

ทดสอบที่เหมาะสม คือ t test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ Z test และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ van der Waerden test สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ และความแปรปรวนไม่เท่ากัน ตัวสถิติทดสอบดังกล่าวไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

คำสำคัญ : การทดสอบความแตกต่างของค่ากลาง; ข้อมูลแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ; ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1; อำนาจการทดสอบ

Abstract

This research aimed to study robustness and power of the test of parametric and nonparametric statistics in testing of central difference between two populations for Likert-type data 5 point. The test statistics used to study were Z test, t test, Mann Whitney U test, van der Waerden test, Kolmogorov-Smirnov test and modified U test. Data simulation used by program R version 2.9.2. Classification of the population according to normal distribution, negative skewness and platykurtic kurtosis distribution and positive skewness and leptokurtic kurtosis distribution. The sample sizes were (10,10), (15,25), a small sample representative, (30,30) a medium sample representative and (100,50), (100,100), a large sample representative. The ratios of variance were (1:1) and (1:2). Hypothesis testing were at significant level of 0.05 and 0.01. The criteria used to compare the efficiency were the ability to control the type I error and power of the test. The results showed that: When the population has normal distribution, the test statistics have suitable for small sample sizes were t test, for medium sample sizes was modified U test and large sample sizes were Mann Whitney U test. When the population has negative skewness and platykurtic kurtosis distribution, The test statistics have suitable for small sample sizes were t test and Mann Whitney U test, for medium and large sample sizes were van der Waerden test. When the population has positive skewness and leptokurtic kurtosis distribution, The test statistics have suitable for small sample sizes were t test, for medium sample sizes was Z test and large sample sizes were van der Waerden, for medium and large sample sizes and not equal variance test statistics out of control type I error.

Keywords: central difference test; Likert-type data 5 point; type I error; power of the test

1. บทนำ

ในทางการศึกษา จิตวิทยา และสังคมศาสตร์ การวิจัยเชิงสำรวจถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อวัดความรู้สึก ทัศนคติ หรือความคิดเห็น โดยอาศัยเครื่องมือ คือ แบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นมาตรา

ประมาณค่าแบบลิเคิร์ท (Likert rating scale) ซึ่งอยู่ในมาตราเรียงอันดับ (ordinal scale) โดยมีหลายแบบ ได้แก่ มาตราประมาณค่า 5 ระดับ โดยให้คะแนน คือ 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 2 = ไม่เห็นด้วย 3 = ปานกลาง 4 = เห็นด้วย และ 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง ในการ

อธิบายข้อมูลดังกล่าวมีการหาค่าร้อยละ และวิเคราะห์ด้วยสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ ทั้งนี้ นักวิจัยจำนวนมากที่นำข้อมูลลักษณะดังกล่าวไปวิเคราะห์ด้วยสถิติอิงพารามิเตอร์โดยพิจารณาในมิติว่าเป็นมาตราอันตรภาค (interval scale) [1,2] สำหรับนักวิจัยกลุ่มที่ไม่เห็นด้วยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบลิเคิร์ทด้วยสถิติอิงพารามิเตอร์ เช่น Svensson [3] กล่าวว่า ข้อมูลดังกล่าวไม่ใช่เลขจำนวนจริงในระดับมาตราอันตรภาค เนื่องจากไม่มีสมบัติทางคณิตศาสตร์เป็นเพียงข้อมูลจำแนกประเภทอยู่ในระดับมาตราเรียงอันดับ ซึ่งไม่ปฏิบัติตามข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้สถิติอิงพารามิเตอร์ สอดคล้องกับแนวคิดของ Norman [4] กล่าวว่า การวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวด้วยสถิติอิงพารามิเตอร์เป็นวิธีการที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจาก (1) ขนาดตัวอย่างเล็กมาก หรือ (2) ข้อมูลจะไม่มีการแจกแจงปกติ หรือ (3) ข้อมูลดังกล่าวอยู่ในมาตราเรียงอันดับไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ถ้านำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยปราศจากความเข้าใจจะนำไปสู่คำตอบที่ผิด (getting the wrong answer)

แม้ว่าจะมีนักวิจัยบางส่วนไม่เห็นด้วยกับการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว แต่จากการศึกษาของ Clason and Dormody [5] ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทางสถิติที่หลากหลายที่ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบลิเคิร์ท ใน Journal of Agricultural Education ฉบับที่ 27-32 จาก 188 บทความ พบว่า 95 บทความ นักวิจัยสำรวจโดยใช้มาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ท ซึ่ง 54 % ของบทความดังกล่าวรายงานผลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความถี่ และร้อยละ 13 % ทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ ได้แก่ Chi-square homogeneity test, Mann-Whitney test และ Kruskal-Wallis test เป็นต้น และ 34 % ของบทความเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้สถิติอิง

พารามิเตอร์ ได้แก่ t-test และ analysis of variance เป็นต้น

สำหรับการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากรสองกลุ่ม กรณีที่ตัวอย่างเป็นอิสระกัน ตัวสถิติทดสอบที่ได้รับความนิยมและนำไปใช้อย่างแพร่หลาย คือ two sample student t test โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าประชากรต้องมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนเท่ากัน แม้ว่า two sample student t test จะเป็นตัวสถิติทดสอบที่มีความแข็งแกร่งเมื่อข้อตกลงเบื้องต้นถูกละเลย [6] ทั้งนี้ถ้ามีการละเลยข้อตกลงเกี่ยวกับความแปรปรวนในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากันจะมีผลกระทบอย่างมาก [7-10] จากปัญหาดังกล่าวนักสถิติจึงได้พัฒนาตัวสถิติทดสอบที่เรียกว่า Welch t test ซึ่งเป็นสถิติอิงพารามิเตอร์แต่ไม่มีข้อตกลงเกี่ยวกับความแปรปรวนของประชากร จากการศึกษาของ Zimmerman and Zumbo [10] พบว่าเมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติและขนาดตัวอย่างแตกต่างกันมาก Welch t test มีค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดมากที่สุด

การทดสอบสมมติฐานดังกล่าวถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ผู้วิจัยสามารถทดสอบโดยเลือกใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ ซึ่งมีหลายตัวสถิติทดสอบ เช่น Mann Whitney U test, van der Waerden test, Kolmogorov-Smirnov test และ modified U test เป็นต้น สำหรับการศึกษาวิจัยที่กล่าวว่ามีใช้การจำลองข้อมูลแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ เพื่อความชัดเจนในประเด็นดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความแข็งแกร่งและอำนาจการทดสอบของสถิติอิงพารามิเตอร์และสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากรสองกลุ่มสำหรับข้อมูลแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ โดยตัวสถิติทดสอบที่ศึกษาเปรียบเทียบ ได้แก่ Z test, t test, Mann

Whitney U test, van der Waerden test, Kolmogorov-Smirnov test และ modified U test โดยจำลองข้อมูลในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้สารสนเทศประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ และได้สารสนเทศพื้นฐานในการพัฒนาตัวสถิติทดสอบที่มีความแกร่ง (robustness) และเหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบมาตราประมาณค่าของลิเคิร์ทต่อไป

2. วิธีการทางสถิติ

การศึกษาความแกร่งและอำนาจการทดสอบของสถิติอิงพารามิเตอร์และสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากรสองกลุ่ม สำหรับข้อมูลแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ โดยตัวสถิติทดสอบที่นำมาศึกษา มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 Z test

Z test เป็นสถิติอิงพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างประชากรสองกลุ่ม โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น คือ ประชากรทั้งสองต้องมีการแจกแจงปกติ และทราบ σ_1^2 และ σ_2^2 หรือถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบใด ๆ กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีขนาดใหญ่พอ ($n_1 \geq 30, n_2 \geq 30$) สามารถใช้ Z test ในการทดสอบสมมติฐาน ทั้งนี้ถ้าไม่ทราบ σ_1^2 และ σ_2^2 จะประมาณด้วย s_1^2 และ s_2^2 มีสูตรในการคำนวณดังนี้ [11]

$$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $Z < -z_{\alpha/2}$ หรือ

$Z > z_{\alpha/2}$ โดย $z_{\alpha/2}$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางการแจกแจงปกติมาตรฐาน

2.2 t test

t test เป็นสถิติอิงพารามิเตอร์ที่ได้รับความนิยมในการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ two sample student t test เมื่อ $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ และ Welch t test เมื่อ $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้ [12]

$$\text{กรณี } \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_p^2}{n_1} + \frac{S_p^2}{n_2}}}$$

$$\text{โดย } S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

$$\text{กรณี } \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

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

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $t < -t_{\alpha/2}$ หรือ $t > t_{\alpha/2}$

โดย $t_{\alpha/2}$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางการแจกแจงที

สำหรับการจำลองแบบปัญหานี้ดำเนินการทดสอบความแปรปรวนด้วย Levene's test ถ้าความแปรปรวนเท่ากันทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยด้วย two sample student t test เมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากันทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Welch t test

2.3 Mann Whitney U Test

Mann และ Whitney ได้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้เมื่อปี ค.ศ. 1947 และให้ค่าสถิติที่คำนวณได้เป็นค่า U จึงเรียกการทดสอบนี้ว่า “Mann Whitney U test” ซึ่งใช้อันดับ (rank) ของข้อมูลมาช่วยในการคำนวณมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้ [13]

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - \sum R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - \sum R_2$$

$$U = \text{Min}(U_1, U_2)$$

เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่จะมีลักษณะใกล้เคียงการแจกแจงปกติ จะนำ U Statistics มาประมาณ ด้วย Z โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$Z = \frac{U - \mu_u}{\sigma_u} \quad \text{เมื่อ } \mu_u = \frac{n_1 n_2}{2}$$

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $U < u_0$ โดยที่ $P(U < u_0) = \frac{\alpha}{2}$ หรือเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่สามารถกำหนดค่าวิกฤต แทนด้วย $U < -z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $U > z_{\frac{\alpha}{2}}$ โดย u_0 คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางของ Mann Whitney U test และ $z_{\frac{\alpha}{2}}$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางการแจกแจงปกติมาตรฐาน

2.4 van der Waerden test

van der Waerden test เป็นตัวสถิติทดสอบที่ถูกค้นพบโดยนักคณิตศาสตร์ชาวดัตช์ ชื่อว่า Bartel Leendert van der Waerden ในปี 1952 ซึ่งสามารถใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลาง 2 กลุ่ม ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้ [14]

$$T_1 = \frac{1}{s^2} \sum_{i=1}^2 n_i \bar{A}_i^2$$

เมื่อ $A_{ij} = \Phi^{-1}\left(\frac{R(X_{ij})}{N+1}\right)$ คือ คะแนนมาตรฐานตัวที่ j กลุ่มที่ i

$$\bar{A}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} A_{ij} \quad i = 1, 2 \quad \text{คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนมาตรฐานกลุ่มที่ } i$$

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{n_i} A_{ij}^2 \quad \text{คือ ค่าความแปรปรวน}$$

ของคะแนนมาตรฐาน

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $T_1 > \chi_{\alpha,1}^2$ โดย $\chi_{\alpha,1}^2$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางการแจกแจงไคสแควร์

2.5 Kolmogonov-Smirnov test

Kolmogonov ได้พัฒนาการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (goodness-of-fit test) ขึ้นในปี ค.ศ. 1933 และ Smirnov ได้นำเสนอ Smirnov test ในปี ค.ศ. 1939 ซึ่งการทดสอบดังกล่าวมีลักษณะคล้ายกัน จึงเรียกว่า “Kolmogonov-Smirnov test” โดยมีรายละเอียดดังนี้ [13]

$$D = \text{Maximum}|S_1(X) - S_2(X)|$$

เมื่อ $S_1(X) = \frac{k_1}{n_1}$ คือ ฟังก์ชันความถี่สะสมสัมพัทธ์ของ

กลุ่มตัวอย่างที่ 1

k_1 คือ ความถี่สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ x

n_1 คือ ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ 1

$S_2(X) = \frac{k_2}{n_2}$ คือ ฟังก์ชันความถี่สะสมสัมพัทธ์ของ

กลุ่มตัวอย่างที่ 2

k_2 คือ ความถี่สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ x

n_2 คือ ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ 2

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $D > D_\alpha$ โดย D_α คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางของ Kolmogonov-Smirnov test

2.6 modified U test

Fligner and Policello [15] ได้เสนอการทดสอบความแตกต่างระหว่างประชากรสองกลุ่ม โดยไม่ต้องมีข้อสมมติว่าประชากรมีความแปรปรวนเท่ากัน เพื่อแก้ปัญหาที่เรียกว่า “ปัญหาของปีเรนส์-ฟิชเชอร์ (Behrens-Fisher problem)” โดยมีรายละเอียดดังนี้

กรณีที่จำนวนค่าสังเกตไม่เท่ากัน

กำหนดให้ P_i คือ จำนวนค่าสังเกตในกลุ่มตัวอย่างที่ 2 (Y_j) ที่น้อยกว่าจำนวนค่าสังเกตในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 (X_i)

Q_j คือ จำนวนค่าสังเกตในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 (X_i) ที่น้อยกว่าจำนวนค่าสังเกตในกลุ่มตัวอย่างที่ 2 (Y_j)

กรณีที่จำนวนค่าสังเกตเท่ากัน

กำหนดให้ P_i คือ (จำนวน Y_j ที่น้อยกว่า X_i) + $\frac{1}{2}$
(จำนวน Y_j ที่น้อยกว่า X_i)

Q_j คือ (จำนวน X_i ที่น้อยกว่า Y_j) + $\frac{1}{2}$
(จำนวน X_i ที่น้อยกว่า Y_j)

สามารถคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$\hat{U} = \frac{\sum_{j=1}^{n_2} Q_j - \sum_{i=1}^{n_1} P_i}{2\sqrt{V_1 + V_2 + PQ}}$$

$$\text{เมื่อ } \bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} P_i}{n_1}$$

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{j=1}^{n_2} Q_j}{n_2}$$

$$V_1 = \sum_{i=1}^{n_1} (P_i - \bar{P})^2$$

$$V_2 = \sum_{j=1}^{n_2} (Q_j - \bar{Q})^2$$

จะ ปฏิเสธ H_0 เมื่อ $\hat{U} < -u_{\alpha/2}$ หรือ

$\hat{U} > u_{\alpha/2}$ หรือเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่สามารถ

กำหนดค่าวิกฤต แทนด้วย $\hat{U} < -z_{\alpha/2}$ หรือ $\hat{U} > z_{\alpha/2}$ โดย

$u_{\alpha/2}$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางของ Fligner and

Policello และ $z_{\alpha/2}$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางการ

แจกแจงปกติมาตรฐาน

สำหรับประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบ
พิจารณาจากความแกร่ง (robustness) และอำนาจ
การทดสอบ (power of the test) มีรายละเอียด ดังนี้

ความแกร่ง หมายถึง ความสามารถในการ
ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติ
ทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 หมายถึง
ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง

อำนาจการทดสอบ หมายถึง ความน่าจะเป็น

ของการปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_1 เป็นจริง

3. วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการจำลองแบบปัญหาโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรมภาษา R เวอร์ชัน 2.9.2 มีขั้นตอน ดังนี้ [16]

3.1 จำลองข้อมูลแบบมาตราประมาณค่าของลิเคิร์ท 5 ระดับ โดยกำหนดให้ประชากรมีการแจกแจงปกติ ประชากรมีการแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ ($S_k = -0.50$, $K = 2.40$) และประชากรที่มีการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ ($S_k = 1.00$, $K = 4.00$)

การสร้างประชากรที่มีการแจกแจงดังกล่าวด้วยวิธีของ Ramberg และคณะ [17] ซึ่งเสนอวิธีการสร้างตัวแปรสุ่มที่ขึ้นอยู่กับความเบ้ (skewness) และความโด่ง (kurtosis) ซึ่งตัวแปรสุ่มนี้ถูกกำหนดจากค่าพารามิเตอร์ 4 ค่า ดังนี้

$$x = \lambda_1 + \frac{[R^{\lambda_3} - (1-R)^{\lambda_4}]}{\lambda_2}$$

โดย R เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1)

λ_1 เป็นพารามิเตอร์ตำแหน่ง (location parameter)

λ_2 เป็นพารามิเตอร์มาตรา (scale parameter)

λ_3, λ_4 เป็นพารามิเตอร์รูปร่าง (shape parameter) ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความเบ้และความโด่งที่กำหนด ถ้าการแจกแจงสมมาตร จะได้

$$\lambda_3 = \lambda_4$$

สำหรับค่า $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 อ่านจากตารางการแจกแจงของ Ramberg และคณะ [17] ตามค่าความเบ้และค่าความโด่งที่กำหนด โดยค่า λ_1, λ_2 ที่ได้จะมี $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$ ถ้าต้องการค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ

และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 จะต้องแปลงค่า λ_1, λ_2 ดังนี้

$$\lambda_1(\mu, \sigma^2) = \lambda_1(0,1) \sigma + \mu$$

$$\lambda_2(\mu, \sigma^2) = \lambda_2(0,1) / \sigma$$

กำหนดค่าพารามิเตอร์ของประชากรกลุ่มที่ 1 คือ $\mu_1 = 3.5$, $\sigma_1^2 = 1$ สำหรับค่าพารามิเตอร์ของประชากรกลุ่มที่ 2 แปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยจำลองแบบปัญหาการทดสอบสมมติฐานแบบสองทาง สำหรับการแปลงข้อมูลเป็นแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ อาศัยฟังก์ชัน Round () ของโปรแกรมภาษา R เวอร์ชัน 2.9.2

3.2 ขนาดตัวอย่างที่ศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

n_1	10	15	30	100	100
n_2	10	25	30	50	100

โดยกำหนดให้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 15 และ 25 เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดตัวอย่าง 30 เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และขนาดตัวอย่าง 50 และ 100 เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

$$\begin{aligned} \text{ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1} &= \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นจริง}}{10,000} \\ \text{อำนาจการทดสอบ} &= \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_1 \text{ เป็นจริง}}{10,000} \end{aligned}$$

สำหรับการพิจารณาความแรงใช้เกณฑ์ของ Bradley [18] คือ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง 0.0375-0.0625 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง 0.0060-0.0140 ถือว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ หรือตัวสถิติทดสอบมีความแรง

3.3 กำหนดอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของประชากร คือ 1:1 และ 1:1.2

3.4 กำหนดอัตราส่วนค่าความแปรปรวนของประชากร คือ 1:1 และ 1:2

3.5 กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 และ 0.01

3.6 ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากร 2 กลุ่มที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบกับประกอบด้วย Z test, t test, Mann Whitney U test, van der Waerden test, Kolmogorov-Smirnov test และ modified U test

3.7 จำลองชุดข้อมูลจำนวน 10,000 ชุด ในแต่ละสถานการณ์

8. การคำนวณความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ พิจารณาจากจำนวนการปฏิเสธ H_0 ของการจำลองชุดข้อมูลจำนวน 10,000 ชุด ในแต่ละสถานการณ์ มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

4. ผลการวิจัย

4.1 ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ ผลการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 1-2

จากตารางที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 กรณีประชากรมีการแจกแจงปกติ ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก คือ t test และ van der Waerden test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ

t test, Mann Whitney U test และ van der Waerden test และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ Z test

ตารางที่ 1 ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ

n_1	n_2	$\sigma_1^2 : \sigma_2^2$	α	Z	t	M-W	V-W	K-S	M-U
10	10	1:1	0.05	0.0680	0.0472*	0.0433*	0.0476*	0.0032	0.0731
			0.01	0.0203	0.0088*	0.0073*	0.0069*	0.0004	0.0299
		1:2	0.05	0.0623*	0.0465*	0.0415*	0.0449*	0.0032	0.0698
			0.01	0.0190	0.0095*	0.0073*	0.0068*	0.0002	0.0275
15	25	1:1	0.05	0.0600*	0.0509*	0.0507*	0.0499*	0.0067	0.0625*
			0.01	0.0170	0.0113*	0.0101*	0.0084*	0.0004	0.0203
		1:2	0.05	0.0609*	0.0404*	0.0425*	0.0585*	0.0049	0.0594*
			0.01	0.0146	0.0067*	0.0059	0.0124*	0.0004	0.0165
30	30	1:1	0.05	0.0555*	0.0518*	0.0482*	0.0487*	0.0069	0.0518*
			0.01	0.0127*	0.0101*	0.0093*	0.0093*	0.0013	0.0130*
		1:2	0.05	0.0535*	0.0501*	0.0491*	0.0469*	0.0073	0.0539*
			0.01	0.0142	0.0101*	0.0105*	0.0095*	0.0011	0.0142
100	50	1:1	0.05	0.0536*	0.0530*	0.0524*	0.0519*	0.0072	0.0518*
			0.01	0.0126*	0.0112*	0.0106*	0.0110*	0.0013	0.0127*
		1:2	0.05	0.0533*	0.0579*	0.0612*	0.0644	0.0107	0.0505*
			0.01	0.0117*	0.0161	0.0130*	0.0157	0.0008	0.0109*
100	100	1:1	0.05	0.0460*	0.0449*	0.0448*	0.0452*	0.0046	0.0423*
			0.01	0.0096*	0.0091*	0.0089*	0.0085*	0.0008	0.0086*
		1:2	0.05	0.0602*	0.0587*	0.0507*	0.0516*	0.0094	0.0477*
			0.01	0.0111*	0.0103*	0.0099*	0.0087*	0.0008	0.0094*

*สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 กรณีประชากรมีการแจกแจงปกติ ตัวสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดและสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก คือ t test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ modified U test และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ Mann Whitney U test

4.2 ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ ($S_k = -0.50, K = 2.40$) ผลการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 3-4 จากตารางที่ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 กรณีประชากรมีการแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ ($S_k = -0.50, K = 2.40$) ตัวสถิติ

ทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก คือ t test, Mann Whitney U test t และ van der Waerden test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ Z test, t test และ van der Waerden test และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ Z test และ t test

จากตารางที่ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

และ 0.01 กรณีประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และความโด่งต่ำกว่าปกติ ($S_k = -0.50$, $K = 2.40$) ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังของการทดสอบสูงสุดและสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก คือ t test และ Mann Whitney U test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ คือ van der Waerden test

ตารางที่ 2 อำนาจการทดสอบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ

n_1	n_2	$\sigma_1^2 : \sigma_2^2$	α	Z	t	M-W	V-W	K-S	M-U
10	10	1:1	0.05	0.4923	0.4242	0.4167	0.4243**	0.0576	0.5097
			0.01	0.2935	0.2059**	0.1613	0.1636	0.0135	0.3348
		1:2	0.05	0.3722**	0.3220	0.3275	0.3245	0.0431	0.3889
			0.01	0.2142	0.1497**	0.1170	0.1153	0.0105	0.2324
15	25	1:1	0.05	0.7172**	0.7040	0.7083	0.2964	0.2497	0.7683
			0.01	0.4971	0.4643**	0.4451	0.1055	0.101	0.5848
		1:2	0.05	0.5557	0.5078	0.5676**	0.2268	0.1860	0.6487
			0.01	0.3415	0.2822**	0.3050	0.0754	0.0666	0.4437
30	30	1:1	0.05	0.9043	0.8968	0.9031	0.8985	0.5262	0.9157**
			0.01	0.7591	0.7339	0.7383	0.7238	0.2864	0.7887**
		1:2	0.05	0.7339	0.7200	0.7884	0.7524	0.3978	0.7993**
			0.01	0.5202	0.4901	0.5531**	0.5054	0.1767	0.5984
100	50	1:1	0.05	0.9978	0.9979	0.9983**	0.9979	0.9473	0.9978
			0.01	0.9868	0.9866	0.9884**	0.9853	0.8185	0.9884**
		1:2	0.05	0.9492	0.9565	0.9801**	0.9721	0.8613	0.9726
			0.01	0.8622	0.8841	0.9255**	0.9022	0.6349	0.9015
100	100	1:1	0.05	1.0000**	1.0000**	1.0000**	1.0000**	0.9942	1.0000**
			0.01	0.9994	0.9993	0.9995**	0.9993	0.9696	0.9995**
		1:2	0.05	0.9964	0.9963	0.9990**	0.9977	0.9764	0.9990**
			0.01	0.9810	0.9797	0.9944	0.9861	0.8921	0.9946**

**อำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ตารางที่ 3 ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ

n_1	n_2	$\sigma_1^2 : \sigma_2^2$	α	Z	t	M-W	V-W	K-S	M-U
10	10	1:1	0.05	0.0703	0.0535*	0.0478*	0.0524*	0.0028	0.0906
			0.01	0.0230	0.0115*	0.0080*	0.0083*	0.0008	0.0392
		1:2	0.05	0.0674	0.0502*	0.0486*	0.0485*	0.0051	0.0852
			0.01	0.0208	0.0119*	0.0078*	0.0077*	0.0006	0.0344
15	25	1:1	0.05	0.0599*	0.0492*	0.0491*	0.0524*	0.0067	0.0749
			0.01	0.0158	0.0106*	0.0088*	0.0097*	0.0010	0.0253
		1:2	0.05	0.0601*	0.0407*	0.0430*	0.0583*	0.0128	0.0779
			0.01	0.0158	0.0071*	0.0077*	0.0112*	0.0012	0.0251
30	30	1:1	0.05	0.0556*	0.0501*	0.0487*	0.0500*	0.0051	0.0698
			0.01	0.0129*	0.0104*	0.0080*	0.0088*	0.0003	0.0205
		1:2	0.05	0.0595*	0.0558*	0.0642	0.0574*	0.0275	0.0811
			0.01	0.0138*	0.0114*	0.0143	0.0121*	0.0057	0.0256
100	50	1:1	0.05	0.0510*	0.0488*	0.0474*	0.0476*	0.0066	0.0628
			0.01	0.0090*	0.0087*	0.0075*	0.0083*	0.0005	0.0142
		1:2	0.05	0.0572*	0.0606*	0.0899	0.0812	0.0998	0.0836
			0.01	0.0122*	0.0134*	0.0241	0.0194	0.0237	0.0220
100	100	1:1	0.05	0.0532*	0.0510*	0.0528*	0.0544*	0.0053	0.0666
			0.01	0.0108*	0.0103*	0.0098*	0.0105*	0.0007	0.0165
		1:2	0.05	0.0524*	0.0510*	0.0746	0.0587*	0.1560	0.0906
			0.01	0.0120*	0.0110*	0.0192	0.0134*	0.0398	0.0250

*สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

4.3 ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ ($S_k = 1.00$, $K = 4.00$) ผลการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 5-6

จากตารางที่ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 กรณีประชากรมีการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ ($S_k = 1.00$, $K = 4.00$) ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่

1 ได้ดีที่สุด เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก คือ t test และ Mann Whitney U test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ คือ Z test, t test, Mann Whitney U test และ van der Waerden test สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ และความแปรปรวนไม่เท่ากัน ตัวสถิติทดสอบดังกล่าวไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ตารางที่ 4 อำนาจการทดสอบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ

n_1	n_2	$\sigma_1^2 : \sigma_2^2$	α	Z	t	M-W	V-W	K-S	M-U
10	10	1:1	0.05	0.3309	0.2815	0.2750	0.2875**	0.0418	0.3789
			0.01	0.1673	0.1132**	0.0911	0.0949	0.0100	0.2294
		1:2	0.05	0.2267	0.1908	0.2169**	0.2132	0.0535	0.2949
			0.01	0.1124	0.0776**	0.0723	0.0716	0.0147	0.1678
15	25	1:1	0.05	0.5214**	0.5126	0.5049	0.2121	0.1758	0.6214
			0.01	0.2953	0.2806**	0.2562	0.0645	0.0550	0.4254
		1:2	0.05	0.3204	0.2836	0.3763**	0.1582	0.2149	0.4869
			0.01	0.1484	0.1157	0.1585**	0.0443	0.0793	0.2977
30	30	1:1	0.05	0.7304	0.7155	0.7195	0.7349**	0.3727	0.7710
			0.01	0.5059**	0.4746	0.4738	0.4876	0.1605	0.5778
		1:2	0.05	0.4492	0.4344	0.5533	0.5048**	0.4308	0.6046
			0.01	0.2378	0.2146	0.3002	0.2587**	0.2148	0.3888
100	50	1:1	0.05	0.9678	0.9668	0.9636	0.9723**	0.8173	0.9660
			0.01	0.8945	0.8854	0.8838	0.9019**	0.5939	0.8934
		1:2	0.05	0.7317	0.7419**	0.8657	0.8371	0.8842	0.8504
			0.01	0.5244	0.5533**	0.7031	0.6509	0.7148	0.6815
100	100	1:1	0.05	0.9971	0.9971	0.9969	0.9980**	0.9618	0.9981
			0.01	0.9800	0.9785	0.9794	0.9832**	0.8584	0.9867
		1:2	0.05	0.9021	0.9004	0.9705	0.9512**	0.9886	0.9781
			0.01	0.7587	0.7527	0.8968	0.8495**	0.9389	0.9221

**อำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 กรณีประชากรมีการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ ($S_k = 1.00$, $K = 4.00$) ตัวสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดและสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก คือ t test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ Z test และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ Van der Waerden test

5. สรุป

สรุปตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากรสองกลุ่มสำหรับข้อมูลแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 7

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าเมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติ

ทดสอบที่เหมาะสม คือ t test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ Modified U test และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ Mann Whitney U test เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม คือ t test และ Mann Whitney U test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและ

ขนาดใหญ่ คือ van der Waerden test และเมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม คือ t test กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ Z test และกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ คือ van der Waerden test

ตารางที่ 5 ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ

n_1	n_2	$\sigma_1^2 : \sigma_2^2$	α	Z	t	M-W	V-W	K-S	M-U
10	10	1:1	0.05	0.0678	0.0448*	0.0428*	0.0476*	0.0017	0.0273
			0.01	0.0183	0.0088*	0.0063*	0.0062*	0.0003	0.0075*
		1:2	0.05	0.0828	0.0645	0.0637	0.0658	0.0049	0.0778
			0.01	0.0295	0.0170	0.0117*	0.0117*	0.0007	0.0345
15	25	1:1	0.05	0.0591*	0.0485*	0.0457*	0.0509*	0.0053	0.0219
			0.01	0.0164	0.0106*	0.0096*	0.0088*	0.0007	0.0043
		1:2	0.05	0.0818	0.0578*	0.0654	0.0712	0.0085	0.0703
			0.01	0.0226	0.0131*	0.0124*	0.0170	0.0012	0.0217
30	30	1:1	0.05	0.0510*	0.0480*	0.0441*	0.0482*	0.0050	0.0177
			0.01	0.0124*	0.0101*	0.0075*	0.0087*	0.0004	0.0028
		1:2	0.05	0.0930	0.0858	0.1008	0.1107	0.0374	0.0847
			0.01	0.0248	0.0211	0.0248	0.0264	0.0063*	0.0246
100	50	1:1	0.05	0.0561*	0.0545*	0.0516*	0.0557*	0.0055	0.0168
			0.01	0.0120*	0.0114*	0.0101*	0.0104*	0.0013	0.0030
		1:2	0.05	0.1360	0.1463	0.1943	0.2552	0.2403	0.1318
			0.01	0.0463	0.0586	0.0733	0.1079	0.0736	0.0449
100	100	1:1	0.05	0.0501*	0.0484*	0.0484*	0.0528*	0.0051	0.0144
			0.01	0.0095*	0.0089*	0.0094*	0.0095*	0.0006	0.0009
		1:2	0.05	0.1806	0.1779	0.2214	0.2773	0.4423	0.1788
			0.01	0.0635	0.0612	0.0841	0.1125	0.1592	0.0611

*สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ตารางที่ 6 อำนาจการทดสอบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ

n_1	n_2	$\sigma_1^2 : \sigma_2^2$	α	Z	t	M-W	V-W	K-S	M-U
10	10	1:1	0.05	0.4032	0.3423**	0.3351	0.3413	0.0747	0.3677
			0.01	0.2248	0.1565	0.1250	0.1236	0.0204	0.2083**
		1:2	0.05	0.2671	0.2251	0.2079	0.2211***	0.0256	0.1969
			0.01	0.1301	0.0766	0.0523	0.0566**	0.0059	0.0861
15	25	1:1	0.05	0.6109**	0.5992	0.5958	0.2343	0.2921	0.5951
			0.01	0.4000	0.3570**	0.3346	0.0779	0.1391	0.3852
		1:2	0.05	0.4179	0.3797**	0.3602	0.1606	0.1072	0.3330
			0.01	0.2332	0.1742**	0.1517	0.0474	0.0322	0.1649
30	30	1:1	0.05	0.8076**	0.7968	0.8038	0.8066	0.5504	0.7708
			0.01	0.6052**	0.5774	0.5781	0.5737	0.3265	0.5510
		1:2	0.05	0.5733***	0.5583	0.5443	0.5581	0.2101	0.4512
			0.01	0.3463***	0.3178	0.2939	0.2994	0.0834	0.2242
100	50	1:1	0.05	0.9919	0.9906	0.9918	0.9924**	0.9473	0.9853
			0.01	0.9607**	0.9526	0.9588	0.9563	0.8391	0.9231
		1:2	0.05	0.8837	0.8846	0.8773	0.8891***	0.5617	0.7751
			0.01	0.7193	0.7245***	0.7084	0.7203	0.2969	0.5134
100	100	1:1	0.05	0.9994	0.9994	0.9995**	0.9995**	0.9947	0.9991
			0.01	0.9950	0.9946	0.9958	0.9963**	0.9752	0.9916
		1:2	0.05	0.9700	0.9693	0.9668	0.9717***	0.7671	0.9387
			0.01	0.9048***	0.9013	0.8911	0.9042	0.5459	0.8073

**อำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

***อำนาจการทดสอบสูงสุดแต่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ตารางที่ 7 ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมแต่ละสถานการณ์ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากร 2 กลุ่ม สำหรับข้อมูลแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง		
	เล็ก (10,10),(15,25)	กลาง (30,30)	ใหญ่ (100,50),(100,100)
ปกติ	t test	Modified U test	Mann Whitney U test
เบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ	t test, Mann Whitney U test	van der Waerden test	van der Waerden test
เบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ	t test	Z test	van der Waerden test

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาตรวจสอบให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงต้นฉบับบทความวิจัยดังกล่าวนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Brown, J.D., 2000, What issues affect Likert-scale questionnaire formats ?, Shiken : JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter 4: 18-21.
- [2] Warachan, B., 2011, Appropriate statistical analysis for two independent groups of Likert-type data, Ph.D. Thesis, American University, Washington, D.C., 100 p.
- [3] Svensson, E., 2001, Guidelines to statistical evaluation of data from rating scales and questionnaires, J. Rehab. Med. 33: 47-48.
- [4] Norman, G., 2010, Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics, Available Source: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>, April 5, 2014.
- [5] Clason, D.L. and Dormody, T.J., 1994, Analyzing data measured by individual Likert-type items, J. Agri. Educ. 35: 31-35.
- [6] Boneau, C.A., 1960, The effects of violation of assumptions underlying the t-test, Psychol. Bull. 57: 49-64.
- [7] Hsu, P.L., 1938, Contributions to the theory of Student's t test as applied to the problem of two samples, Stat. Res. Memoirs 2: 1-24.
- [8] Scheffe, H., 1959, The Analysis of Variance, Wiley, New York.
- [9] Scheffe, H., 1970, Practical solutions of the Behrens-Fisher problem, J. Am. Stat. Assoc. 65: 1501-1508.
- [10] Zimmerman, D.W. and Zumbo, B.D., 2009, Hazards in choosing between pooled and separate-variances t tests, Psicologica 30: 371-390.
- [11] มนตรี สังข์ทอง, 2557, หลักสถิติ, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ, 452 น.
- [12] Hopkins, K.D., Glass, G.V. and Hopkins, B.R., 1987, Basic statistics for the behavioral sciences, 2nd Ed., Prentice-Hall, New Jersey.
- [13] Sheskin, J.D., 2000, Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures, 2nd Ed., Chapman and Hall/CRC, Florida.
- [14] van der Waerden, B.L., 1952, Order tests for the two-sample problem and their power, Indagationes Mathematicae 14: 453-458.
- [15] Fligner, M.A. and Policello, G.E., 1981, Robust rank procedures for the Behrens-Fisher problem, J. Am. Stat. Assoc. 76: 162-168.
- [16] มนตรี สังข์ทอง, 2556, การศึกษาประสิทธิภาพของสถิติอิงพารามิเตอร์และสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากร 2 กลุ่ม, ว.วิทยาศาสตร์ มข. 41: 226-238.

-
- [17] Ramberg, J.S., Dudewicz, E.J., Tadikamalla, P.R. and Mykytka, E.F., 1979, A probability distribution and its uses in fitting data, Technometrics 21: 201-214.
- [18] Bradley, J.V., 1978, Robustness ?, Br. J. Math. Stat. Psychol. 31: 144-152.