การเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างการทดสอบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ของแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม

Comparisons of Probability of Type I Error and Power of a Test of Test Statistic in Multiple Comparison between Parametric and Nonparametric Tests of a Randomized Complete Block Design

ธนพงศ์ ก้องนภาสันติกุล, ธวัชชัย แตงทอง*, ธารทิพย์ โนภาศ,
นัฐกานต์ ปัตติสัย และสายชล สินสมบูรณ์ทอง

*ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520*

Thanapong Kongnapasantikul, Thawatchai Taengthong*, Tantip Nopas,
Nattakan Pattisai and Saichon Sinsomboonthong

*Department of Statistics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบ ในการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างการทดสอบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ของแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม ซึ่งมีตัวสถิติทดสอบที่ศึกษา 6 ตัว ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบของการทดสอบอิงพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูล ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ และตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของ ดันแคน และตัวสถิติทดสอบของการทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์อีก 3 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบของนีเมนยี ตัวสถิติทดสอบของโคโนเวอร์ และตัวสถิติทดสอบของฟรีดเมน โดยสุ่มข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติเพื่อคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และสุ่มข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงเลขชี้กำลัง เพื่อคำนวณกำลังการทดสอบ โดยกำหนดจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 5 และ 7

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** Thawatchai2138@outlook.co.th **doi:** 10.14456/tstj.2018.32

ทรีทเมนต์ จำนวนบล็อกเป็น 3, 4, 5, 6 และ 7 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01, 0.05 และ 0.10 ผลการวิจัยเมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 พบว่ากรณีการแจกแจงปรกติ ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน และกรณีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนแตกต่างกัน ตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีที่สุด ในกรณีตัวสถิติทดสองของการทดสอบอิงพารามิเตอร์ คือ ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน และในกรณีตัวสถิติทดสอบของการทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ คือ ตัวสถิติทดสอบของโคโนเวอร์ และเมื่อพิจารณากำลังการทดสอบพบว่าในกรณีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน และกรณีการแจกแจงแกมมา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงเลขชี้กำลังที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนแตกต่างกัน ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ในกรณีตัวสถิติทดสอบของการทดสอบอิงพารามิเตอร์ คือ ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ และในกรณีตัวสถิติสอบของการทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ คือ ตัวสถิติทดสอบของโคโนเวอร์

คำสำคัญ : การเปรียบเทียบพหุคูณ; ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1; กำลังการทดสอบ

Abstract

The objective of this research was to multi-compare the efficiency of control of probability of type I error and power of a test between parametric and nonparametric tests of a randomized complete block design. The 3 parametric test statistics were Student-Newman-Keul’s, Fisher’s Least Significant Difference and Duncan’s New Multiple Range, while the 3 non-parametric tests were Nemenyi, Conover and Friedman. In all cases, we used randomized data with a normal distribution for calculating the probability of type I error, and we used randomized data with a gamma distribution, a chi-squared distribution and an exponential distribution for calculating the power of a test. The sample sizes were 3, 5 and 7 treatments and the number of blocks were 3, 4, 5, 6 and 7 blocks. Three significance levels were used: 0.01, 0.05 and 0.10. The results for probability of type I error revealed that, for controlling probability of type I error, when averages were different but variances were the same and when averages were different and variances were also different, in the case of parametric tests, The Duncan’s New Multiple Range was the best in controlling it, and in the case of Non-Parametric test, The Conover test was the best. For the power of a test, in the case that the gamma distribution had the same averages but different variances and in the cases that the gamma distribution, chi-squared distribution and exponential distribution had both different averages and different variances, in the case of Parametric test, the Fisher’s Least Significant Difference showed the highest power of a test, and in the case of non-parametric test, The Conover test showed the highest power of a test.

Keywords: multiple comparisons; probability of type I error; power of a test

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการทดลองในการอนุมานเชิงสถิติเกี่ยวกับประชากรโดยเฉพาะการทดสอบสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากร ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ถ้าจากการทดสอบสมมุติฐานดังกล่าวเกิดการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง (H_0) คือ มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เราจะต้องเปรียบเทียบพหุคูณต่อไปเพื่อหาว่ามีค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการเปรียบเทียบแบบพหุคูณจะมีทั้งแบบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์โดยจะใช้ตัวสถิติทดสอบใดตัวสถิติทดสอบหนึ่งเท่านั้น ซึ่งในการทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณมีตัวสถิติทดสอบให้ผู้วิจัยเลือกใช้ทั้งแบบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารา-มิเตอร์ โดยในการเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบควรจะต้องมีแนวทางในการเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบให้เหมาะสมกับข้อมูลของผู้วิจัย

การศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า กฤตพล และคณะ [1] พบว่าตัวสถิติทดสอบของบอน-เฟอร์โรนี (Bonferroni’s w test) ตัวสถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey’s w test) ตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลส์ (Student-Newman-Keul’s test or SNK test) และตัวสถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe’s test) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบ พบว่าตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูล มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถานการณ์ที่ศึกษา

นิภาพร [2] พบว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน กำลังการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 5 ตัว ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ (Fisher’s least significant difference, LSD) มีค่ากำลังการทดสอบสูงสุด บุญชม [3] กล่าวว่าการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนแต่ละตัวสถิติทดสอบอาจให้ผลเหมือนกันหรือให้ผลแตกต่างกัน โอกาสที่จะเกิดความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เรียงจากน้อยไปหามาก คือ ตัวสถิติทดสอบของเชฟเฟ ตัวสถิติทดสอบของทูกีย์ ตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลส์ และตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน (Duncan’s new multiple rang test) ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน ตัวสถิติทดสอบของเชฟเฟ มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญของความแตกต่างน้อยกว่าวิธีอื่น และตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคนมีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญมากกว่าวิธีอื่น บางครั้งเมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ความแปรปรวนพบค่าเอฟ มีนัยสำคัญจึงทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ การใช้ตัวสถิติทดสอบของเชฟเฟหรือตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลส์อาจไม่พบความแตกต่างในคู่ใด ๆ แต่เมื่อใช้ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน อาจพบความแตกต่างในบางคู่ก็ได้ ปุณยนุช [4] สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน ตัวสถิติทดสอบที่ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในทุกกรณี มี 2 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ และตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในทุกกรณี มี 3 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ ตัวสถิติทดสอบของวอลเลอร์-ดันแคน และตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน เมื่อพิจารณาที่กำลังการทดสอบพบว่าตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ และตัวสถิติทดสอบของวอลเลอร์-ดันแคน (Waller-Duncan test) จะเป็น 2 ตัวที่มีค่าใกล้เคียงกันและมีกำลังการทดสอบสูงสุดใน

ทุกกรณี เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 ถึง 4 กลุ่ม และตัวสถิติทดสอบของกาเบรียล (Gabriel test) เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกกรณีเมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 5 ถึง 8 กลุ่ม ศรัญญา [5] สรุปผลการวิจัยว่าเมื่อประชากรมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปรกติที่มีความโด่งไม่มาก ตัวสถิติทดสอบที่ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด คือ ตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลส์ รองลงมาเป็นตัวสถิติทดสอบของทูกีย์ ตัวสถิติทดสอบของเชฟเฟและตัวสถิติทดสอบของฟรีดแมน และที่ความโด่งมาก จำนวนบล็อกมากตัวสถิติทดสอบของฟรีดแมน (Friedman test) ให้กำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลส์ แต่เมื่อประชากรมีลักษณะหางยาว ตัวสถิติทดสอบของฟรีดแมนให้กำลังการทดสอบสูงที่สุดรองลงมาเป็นตัวสถิติทดสอบของด็อกซั่ม (Doksum test) เมื่อจำนวนบล็อกมากตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลส์ ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด และงานวิจัยของ บอร์ดแมน และมอฟฟิท [6] ศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์พหุคูณ 5 วิธี คือ วิธีของตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ ตัวสถิติทดสอบของทูกีย์ ตัวสถิติทดสอบของเชฟเฟ ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคนและตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูล ด้วยกลุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงปรกติขนาด 5, 10 และ 15 ในระดับการทดลองตั้งแต่ 2 ถึง 11 และทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง เปรียบเทียบอัตราความผิดพลาด 2 แบบ คือ อัตราความผิดพลาดต่อการเปรียบเทียบ และอัตราความผิดพลาดต่อการทดสอบ ผลการวิจัยพบว่าอัตราความผิดพลาดของวิธีของตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ และวิธีของตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคนเพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย ส่วนวิธีของตัวสถิติทดสอบของเชฟเฟ เป็นวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ ที่มีอัตราความผิดพลาดที่คงที่มากที่สุด

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจการศึกษาการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างการทดสอบแบบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ของแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม โดยเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบ 6 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูล ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ และตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน ตัวสถิติทดสอบของนีเมนยี (Nemenyi test) ตัวสถิติทดสอบโคโนเวอร์ (Conover test) และตัวสถิติทดสอบของฟรีดเมน โดยใช้โปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.3.2 ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างการทดสอบแบบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ทั้ง 6 ตัว ของแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม

2.2 เพื่อหาตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับทดสอบข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงเลขชี้กำลัง

3. การวางแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ในการศึกษาเปรียบเทียบ ดังนี้

3.1 กำหนดจำนวนทรีทเมนต์ที่ศึกษาเป็น 3, 5 และ 7 ทรีทเมนต์

3.2 กำหนดจำนวนบล็อกที่ศึกษาเป็น 3, 4, 5,

6 และ7 บล็อก

3.3 ขนาดการทดลองแบ่งตามจำนวนทรีทเมนต์และจำนวนบล็อกตามที่กำหนด จะได้ขนาดการทดลองทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ดังนี้ (3, 3), (3, 4), (3, 5), (3, 6), (3, 7), (5, 3), (5, 4), (5, 5), (5, 6), (5, 7), (7, 3), (7, 4), (7, 5), (7, 6), (7, 7)

3.4 กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

3.5 กำหนดข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ด้วยพารามิเตอร์ $\left(\mu,\sigma^2\right)$ การแจกแจงแกมมาด้วยพารามิเตอร์ (α,β) การแจกไคกำลังสองด้วยพารามิเตอร์ (v) และการแจกแจงเลขชี้กำลังด้วยพารามิเตอร์ (β)

3.6 การคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบ จะกำหนดค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของแต่ละประชากร สำหรับแต่ละการแจกแจงดังต่อไปนี้

3.6.1 การแจกแจงปรกติ กำหนดค่าพารามิเตอร์ $\left(\mu,\sigma^2\right)$ ดังแสดงในตารางที่ 1

3.6.2 การแจกแจงแกมมา กำหนดค่าพารา-

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สำหรับการแจกแจงปรกติ

สถานการณ์	พารามิเตอร์ $\left(\mu,\sigma^2\right)$						
	บล็อก 1	บล็อก 2	บล็อก 3	บล็อก 4	บล็อก 5	บล็อก 6	บล็อก 7
1	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)
2	(0,5)	(0,10)	(0,15)	(0,20)	(0,25)	(0,30)	(0,35)
3	(1,1)	(3,1)	(6,1)	(9,1)	(12,1)	(15,1)	(18,1)
4	(1,5)	(3,10)	(6,15)	(9,20)	(12,25)	(15,30)	(18,35)

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (α,β)						
	บล็อก 1	บล็อก 2	บล็อก 3	บล็อก 4	บล็อก 5	บล็อก 6	บล็อก 7
1	(2,4)	(2,4)	(2,4)	(2,4)	(2,4)	(2,4)	(2,4)
2	(2,4)	(4,2)	(8,1)	(1,8)	(5,8/5)	(12,2/3)	(3,8/3)
3	(4,2)	(256,1/4)	(144,1/3)	(1,4)	(16,1)	(49,4/7)	(81,4/9)
4	(1,4)	(3,6)	(6,8)	(9,10)	(12,12)	(15,14)	(18,16)

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงไคกำลังสอง

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (v)						
	บล็อก 1	บล็อก 2	บล็อก 3	บล็อก 4	บล็อก 5	บล็อก 6	บล็อก 7
1	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
2	(2)	(6)	(12)	(18)	(24)	(30)	(36)

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงเลขชี้กำลัง

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (β)						
	บล็อก 1	บล็อก 2	บล็อก 3	บล็อก 4	บล็อก 5	บล็อก 6	บล็อก 7
1	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
2	(4)	(6)	(8)	(10)	(12)	(14)	(16)

มิเตอร์ (α,β) ดังแสดงในตารางที่ 2

3.6.3 การแจกแจงไคกำลังสอง กำหนดค่าพารามิเตอร์ (v) ดังแสดงในตารางที่ 3

3.6.4 การแจกแจงเลขชี้กำลัง กำหนดค่าพารามิเตอร์ (β) ดังแสดงในตารางที่ 4

3.7 คำนวณความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบตามเกณฑ์ของคอแครน (Cochran) [7] และเกณฑ์ของแบรดลีย์ (Bradley) [8] ในแต่ละสถานการณ์

3.8 คำนวณกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของคอแครนและเกณฑ์ของแบรดลีย์ได้ในแต่ละสถานการณ์

3.9 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ โดยตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์เกณฑ์ของคอแครน และเกณฑ์ของแบรดลีย์ และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนโดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 ขั้นตอนในการคำนวณความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (α)

4.1.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดให้มีการแจกแจงปรกติ (H_0 เป็นจริง) ให้มีพารามิเตอร์ตามที่ต้องการ โดยโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.3.2

4.1.2 คำนวณตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.3.2

4.1.3 สรุปผลการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง ในแต่ละระดับนัยสำคัญโดยการเทียบระดับนัยสำคัญกับค่าพี (p-value)

4.1.4 ทำซ้ำข้อ 4.1.1-4.1.3 จนครบ 9,000 ครั้ง เนื่องจากการคำนวณจำนวนครั้งในการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีการแจงแจกปรกติที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเท่ากัน จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 และจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตั้งแต่ 1,000-12,000 ครั้ง ของตัวสถิติทดสอบแต่ละตัว พบว่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว จะเริ่มคงที่เมื่อจำนวนครั้งเท่ากับ 9,000 ครั้ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้จำนวนครั้งเท่ากับ 9,000 ครั้ง ในการวิจัยครั้งนี้ แล้วหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง H_0 ดังนี้

$$\text{ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นจริง}}{9{,}000}$$

ถ้าความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสำหรับแต่ละสถานการณ์มีค่าอยู่ในช่วงที่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์ของการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบ ได้แก่ เกณฑ์ของคอแครนและเกณฑ์ของแบรดลีย์ จะถือว่าตัวสถิติทดสอบนั้นมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ดังนี้

เกณฑ์ของคอแครน : ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.007, 0.015) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.04, 0.06) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.08, 0.12) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 จะสรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

เกณฑ์ของแบรดลีย์ : ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.005, 0.015) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.025, 0.075) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.05, 0.15) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 จะสรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

4.2 ขั้นตอนในการคำนวณกำลังการทดสอบ $(1-\beta)$ ของตัวสถิติทดสอบ

4.2.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดจากประชากรให้มีการแจกแจงแกมมา การแจกแจงไค-กำลังสอง และการแจกแจงเลขชี้กำลัง (H_0 ไม่เป็นจริง) ให้มีพารามิเตอร์และองศาเสรีตามที่ต้องการด้วยโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.3.2

4.2.2 คำนวณตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.3.2

4.2.3 สรุปผลการปฏิเสธสมมุติฐานว่างในแต่ละระดับนัยสำคัญในการเทียบระดับนัยสำคัญกับค่าพี

4.2.4 ทำซ้ำข้อ 4.2.1-4.2.3 จบครบ 9,000 ครั้ง แล้วหากำลังการทดสอบ โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง H_0 ดังนี้

$$\text{กำลังการทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ไม่จริง}}{9{,}000}$$

5. ผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างการทดสอบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ของแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่มทั้ง 6 ตัว สำหรับการแจกแจงปรกติ สามารถสรุปผลดังตารางที่ 5-6

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างการทดสอบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ของแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่มทั้ง 6 ตัว จำแนกตามการแจกแจงแกมมา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงเลขชี้กำลังสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 7-10

ตารางที่ 5 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01, 0.05 และ 0.10

จำนวนบล็อก	ตัวสถิติทดสอบ / จำนวนทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน								
		ระดับนัยสำคัญ 0.01			ระดับนัยสำคัญ 0.05			ระดับนัยสำคัญ 0.10		
		3	5	7	3	5	7	3	5	7
3	1. SNK	0.0086^{BC}	0.0074^{BC}	0.0076^{BC}	0.0478^{BC}	0.0454^{BC}	0.0401^{BC}	0.0988^{BC}	0.0910^{BC}	0.0886^{BC}
	2. LSD	0.0089^{BC}	0.0085^{BC}	0.0096^{BC}	0.0476^{BC}	0.0502^{BC}	0.0490^{BC}	0.0986^{BC}	0.0966^{BC}	0.1019^{BC}
	3. Duncan	0.0088^{BC}	0.0087^{BC}	0.0095^{BC}	0.0477^{BC}	0.0501^{BC}	0.0490^{BC}	0.0985^{BC}	0.0965^{BC}	0.1018^{BC}
	4. Conover	0.0086^{BC}	0.0030	0.0033	0.0477^{BC}	0.0262^{B}	0.0189	0.0986^{BC}	0.0527^{B}	0.0386
	5. Nemenyi	0.0000	0.0000	0.0000	0.0453^{BC}	0.0143	0.0214	0.0905^{BC}	0.0588^{B}	0.0739^{B}
	6. Friedman	0.0000	0.0000	0.0000	0.0451^{BC}	0.0145	0.0214	0.0906^{BC}	0.0287	0.0468
4	1. SNK	0.0099^{BC}	0.0080^{BC}	0.0063^{B}	0.0486^{BC}	0.0474^{BC}	0.0400^{BC}	0.1023^{BC}	0.0961^{BC}	0.0889^{BC}
	2. LSD	0.0100^{BC}	0.0091^{BC}	0.0093^{BC}	0.0485^{BC}	0.0537^{BC}	0.0502^{BC}	0.1023^{BC}	0.1023^{BC}	0.1043^{BC}
	3. Duncan	0.0104^{BC}	0.0093^{BC}	0.0092^{BC}	0.0488^{BC}	0.0536^{BC}	0.0504^{BC}	0.1021^{BC}	0.1023^{BC}	0.1041^{BC}
	4. Conover	0.0098^{BC}	0.0066^{B}	0.0044	0.0488^{BC}	0.0394^{B}	0.0183	0.1022^{BC}	0.0729^{B}	0.1044^{BC}
	5. Nemenyi	0.0000	0.0041	0.0022	0.0471^{BC}	0.0517^{BC}	0.0496^{BC}	0.1020^{BC}	0.1022^{BC}	0.1043^{BC}
	6. Friedman	0.0000	0.0044	0.0024	0.0474^{BC}	0.0515^{BC}	0.0498^{BC}	0.0991^{BC}	0.0996^{BC}	0.1023^{BC}
5	1. SNK	0.0108^{BC}	0.0078^{BC}	0.0071^{BC}	0.0489^{BC}	0.0453^{BC}	0.0356^{B}	0.1029^{BC}	0.0897^{BC}	0.0841^{BC}
	2. LSD	0.0111^{BC}	0.0097^{BC}	0.0101^{BC}	0.0490^{BC}	0.0509^{BC}	0.0486^{BC}	0.1028^{BC}	0.0970^{BC}	0.1004^{BC}
	3. Duncan	0.0111^{BC}	0.0094^{BC}	0.0101^{BC}	0.0493^{BC}	0.0509^{BC}	0.0487^{BC}	0.1027^{BC}	0.0971^{BC}	0.1003^{BC}
	4. Conover	0.0114^{BC}	0.0096^{BC}	0.0057^{B}	0.0490^{BC}	0.0506^{BC}	0.0310^{B}	0.1028^{BC}	0.0970^{BC}	0.0626^{BC}
	5. Nemenyi	0.0095^{BC}	0.0097^{BC}	0.0104^{BC}	0.0492^{BC}	0.0509^{BC}	0.0487^{BC}	0.1026^{BC}	0.0970^{BC}	0.1004^{BC}
	6. Friedman	0.0098^{BC}	0.0096^{BC}	0.0100^{BC}	0.0490^{BC}	0.0507^{BC}	0.0486^{BC}	0.1025^{BC}	0.0972^{BC}	0.1002^{BC}
6	1. SNK	0.0092^{BC}	0.0079^{BC}	0.0058^{B}	0.0466^{BC}	0.0451^{BC}	0.0411^{BC}	0.0999^{BC}	0.0910^{BC}	0.0818^{BC}
	2. LSD	0.0093^{BC}	0.0100^{BC}	0.0086^{BC}	0.0471^{BC}	0.0504^{BC}	0.0521^{BC}	0.0995^{BC}	0.1001^{BC}	0.0998^{BC}
	3. Duncan	0.0093^{BC}	0.0104^{BC}	0.0081^{BC}	0.0474^{BC}	0.0501^{BC}	0.0521^{BC}	0.0998^{BC}	0.1001^{BC}	0.0995^{BC}
	4. Conover	0.0090^{BC}	0.0104^{BC}	0.0061^{B}	0.0474^{BC}	0.0501^{BC}	0.0400^{BC}	0.0998^{BC}	0.1004^{BC}	0.0779^{B}
	5. Nemenyi	0.0092^{BC}	0.0102^{BC}	0.0086^{BC}	0.0472^{BC}	0.0503^{BC}	0.0521^{BC}	0.0997^{BC}	0.1002^{BC}	0.0997^{BC}
	6. Friedman	0.0094^{BC}	0.0100^{BC}	0.0085^{BC}	0.0470^{BC}	0.0504^{BC}	0.0524^{BC}	0.0995^{BC}	0.1002^{BC}	0.0997^{BC}
7	1. SNK	0.0106^{BC}	0.0060^{B}	0.0070^{BC}	0.0481^{BC}	0.0430^{BC}	0.0444^{BC}	0.0964^{BC}	0.0931^{BC}	0.0867^{BC}
	2. LSD	0.0109^{BC}	0.0078^{BC}	0.0153	0.0489^{BC}	0.0509^{BC}	0.0671^{B}	0.0961^{BC}	0.1017^{BC}	0.1153^{BC}
	3. Duncan	0.0109^{BC}	0.0077^{BC}	0.0142^{BC}	0.0489^{BC}	0.0506^{BC}	0.0670^{B}	0.0960^{BC}	0.1017^{BC}	0.1154^{BC}
	4. Conover	0.0108^{BC}	0.0075^{BC}	0.0152	0.0487^{BC}	0.0506^{BC}	0.0673^{B}	0.0963^{BC}	0.1019^{BC}	0.1152^{BC}
	5. Nemenyi	0.0105^{BC}	0.0078^{BC}	0.0153	0.0485^{BC}	0.0508^{BC}	0.0674^{B}	0.0961^{BC}	0.1015^{BC}	0.1153^{BC}
	6. Friedman	0.0109^{BC}	0.0077^{BC}	0.0153	0.0487^{BC}	0.0505^{BC}	0.0673^{B}	0.0961^{BC}	0.1017^{BC}	0.1150^{BC}

หมายเหตุ : B หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของแบรดลีย์

BC หมายถึง ผ่านทั้งเกณฑ์ของคอแครน และเกณฑ์ของแบรดลีย์

ตารางที่ 6 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01, 0.05 และ 0.10

จำนวนบล็อก	ตัวสถิติทดสอบ / จำนวนทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน								
		ระดับนัยสำคัญ 0.01			ระดับนัยสำคัญ 0.05			ระดับนัยสำคัญ 0.10		
		3	5	7	3	5	7	3	5	7
3	1. SNK	0.0051 ^{B}	0.0042	0.0048	0.0302 ^{B}	0.0324 ^{B}	0.0306 ^{B}	0.0610 ^{B}	0.0704 ^{B}	0.0664 ^{B}
	2. LSD	0.0054 ^{B}	0.0047	0.0062 ^{B}	0.0303 ^{B}	0.0352 ^{B}	0.0377 ^{B}	0.0613 ^{B}	0.0743 ^{B}	0.0776 ^{B}
	3. Duncan	0.0052 ^{B}	0.0048	0.0064 ^{B}	0.0303 ^{B}	0.0354 ^{B}	0.0379 ^{B}	0.0611 ^{B}	0.0742 ^{B}	0.0775 ^{B}
	4. Conover	0.0041	0.0009	0.0013	0.0300 ^{B}	0.0151	0.0192	0.0602 ^{B}	0.0392	0.0498
	5. Nemenyi	0.0000	0.0000	0.0000	0.0171	0.0022	0.0026	0.0239	0.0128	0.0149
	6. Friedman	0.0000	0.0000	0.0000	0.0171	0.0023	0.0027	0.0238	0.0047	0.0060 ^{B}
4	1. SNK	0.0057 ^{B}	0.0054 ^{B}	0.0048	0.0372 ^{B}	0.0401 ^{BC}	0.0346 ^{B}	0.0809 ^{BC}	0.0808 ^{BC}	0.0763 ^{B}
	2. LSD	0.0055 ^{B}	0.0067 ^{B}	0.0066 ^{B}	0.0374 ^{B}	0.0460 ^{BC}	0.0439 ^{BC}	0.0809 ^{BC}	0.0893 ^{BC}	0.0926 ^{BC}
	3. Duncan	0.0055 ^{B}	0.0065 ^{B}	0.0065 ^{B}	0.0374 ^{B}	0.0460 ^{BC}	0.0439 ^{BC}	0.0806 ^{BC}	0.0893 ^{BC}	0.0926 ^{BC}
	4. Conover	0.0016	0.0026	0.0032	0.0211	0.0361 ^{B}	0.0380 ^{B}	0.0620 ^{B}	0.0783 ^{B}	0.0864 ^{BC}
	5. Nemenyi	0.0000	0.0000	0.0002	0.0117	0.0123	0.0119	0.0423	0.0558 ^{B}	0.0524 ^{B}
	6. Friedman	0.0000	0.0000	0.0004	0.0119	0.0120	0.0116	0.0206	0.0230	0.0217
5	1. SNK	0.0064 ^{B}	0.0067 ^{B}	0.0044	0.0417 ^{BC}	0.0383 ^{B}	0.0321 ^{B}	0.0872 ^{BC}	0.0881 ^{BC}	0.0764 ^{B}
	2. LSD	0.0066 ^{B}	0.0089 ^{BC}	0.0060 ^{B}	0.0418 ^{BC}	0.0424 ^{BC}	0.0404 ^{BC}	0.0873 ^{BC}	0.0964 ^{BC}	0.0919 ^{BC}
	3. Duncan	0.0065 ^{B}	0.0087 ^{BC}	0.0060 ^{B}	0.0417 ^{BC}	0.0421 ^{BC}	0.0400 ^{BC}	0.0872 ^{BC}	0.0962 ^{BC}	0.0919 ^{BC}
	4. Conover	0.0051 ^{B}	0.0086 ^{BC}	0.0048	0.0358 ^{B}	0.0423 ^{BC}	0.0397 ^{B}	0.0838 ^{BC}	0.0963 ^{BC}	0.0918 ^{BC}
	5. Nemenyi	0.0003	0.0053 ^{B}	0.0016	0.0226	0.0398 ^{B}	0.0278 ^{B}	0.0641 ^{B}	0.0924 ^{BC}	0.0820 ^{BC}
	6. Friedman	0.0001	0.0054 ^{B}	0.0021	0.0225	0.0396 ^{B}	0.0292 ^{B}	0.0473	0.0881 ^{BC}	0.0712 ^{BC}
6	1. SNK	0.0083 ^{BC}	0.0062 ^{B}	0.0041	0.0451 ^{BC}	0.0419 ^{BC}	0.0312 ^{B}	0.0894 ^{BC}	0.0849 ^{BC}	0.0792 ^{B}
	2. LSD	0.0085 ^{BC}	0.0078 ^{BC}	0.0063 ^{B}	0.0457 ^{BC}	0.0469 ^{BC}	0.0429 ^{BC}	0.0894 ^{BC}	0.0929 ^{BC}	0.0966 ^{BC}
	3. Duncan	0.0089 ^{BC}	0.0075 ^{BC}	0.0063 ^{B}	0.0455 ^{BC}	0.0469 ^{BC}	0.0427 ^{BC}	0.0891 ^{BC}	0.0925 ^{BC}	0.0968 ^{BC}
	4. Conover	0.0086 ^{BC}	0.0077 ^{BC}	0.0061 ^{B}	0.0455 ^{BC}	0.0466 ^{BC}	0.0427 ^{BC}	0.0890 ^{BC}	0.0928 ^{BC}	0.0968 ^{BC}
	5. Nemenyi	0.0062 ^{B}	0.0052 ^{B}	0.0048	0.0429 ^{BC}	0.0449 ^{BC}	0.0411 ^{BC}	0.0861 ^{BC}	0.0916 ^{BC}	0.054 ^{B}
	6. Friedman	0.0062 ^{B}	0.0052 ^{B}	0.0045	0.0426 ^{BC}	0.0445 ^{BC}	0.0414 ^{BC}	0.0816 ^{BC}	0.0893 ^{BC}	0.0928 ^{BC}
7	1. SNK	0.0093 ^{BC}	0.0071 ^{BC}	0.0066 ^{B}	0.0460 ^{BC}	0.0378 ^{B}	0.0424 ^{BC}	0.0962 ^{BC}	0.0864 ^{BC}	0.0859 ^{BC}
	2. LSD	0.0096 ^{BC}	0.0086 ^{BC}	0.014 ^{BC}	0.0462 ^{BC}	0.0431 ^{BC}	0.0647 ^{BC}	0.0964 ^{BC}	0.0974 ^{BC}	0.1128 ^{BC}
	3. Duncan	0.0099 ^{BC}	0.0088 ^{BC}	0.0144 ^{BC}	0.0461 ^{BC}	0.0433 ^{BC}	0.0649 ^{BC}	0.0963 ^{BC}	0.0971 ^{BC}	0.1127 ^{BC}
	4. Conover	0.0093 ^{BC}	0.0086 ^{BC}	0.0141 ^{BC}	0.0461 ^{BC}	0.0434 ^{BC}	0.0648 ^{BC}	0.0963 ^{BC}	0.0975 ^{BC}	0.1127 ^{BC}
	5. Nemenyi	0.0068 ^{BC}	0.0076 ^{BC}	0.0143 ^{BC}	0.0437 ^{BC}	0.0428 ^{BC}	0.0645 ^{BC}	0.0961 ^{BC}	0.0972 ^{BC}	0.1129 ^{BC}
	6. Friedman	0.0065 ^{BC}	0.0078 ^{BC}	0.0143 ^{BC}	0.0438 ^{BC}	0.0429 ^{BC}	0.0646 ^{BC}	0.0911 ^{BC}	0.0964 ^{BC}	0.1126 ^{BC}

หมายเหตุ : B หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของแบรดลีย์

BC หมายถึง ผ่านทั้งเกณฑ์ของคอแครน และเกณฑ์ของแบรดลีย์

ตารางที่ 7 กำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01, 0.05 และ 0.10

จำนวนบล็อก	ตัวสถิติทดสอบ / จำนวนทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน								
		ระดับนัยสำคัญ 0.01			ระดับนัยสำคัญ 0.05			ระดับนัยสำคัญ 0.10		
		3	5	7	3	5	7	3	5	7
3	1. SNK	0.0100	0.0121	0.1156*	0.0517	0.0524	0.0509	0.1128	0.1118	0.1068
	2. LSD	0.0202	0.0586*	0.1040	0.0961	0.2332	0.3649*	0.1909	0.3993	0.5807
	3. Duncan	0.0180	0.0406	0.0568	0.0892	0.1834	0.2586	0.1828	0.3361	0.4700
	4. Conover	0.9909*	-	-	1.0000*	0.8901*	-	1.0000*	0.9817*	-
	5. Nemenyi	-	-	-	0.9909	-	-	0.9909	0.6839	0.6171*
	6. Friedman	-	-	-	0.9909	-	-	0.9909	-	-
4	1. SNK	0.0093	0.0080	0.0109	0.0513	0.0504	0.0533	0.1093	0.1126	0.1000
	2. LSD	0.0199*	0.0567	0.1029*	0.1056	0.2442	0.3861	0.2040	0.4236	0.6111
	3. Duncan	0.0169	0.0343	0.0544	0.0926	0.1739	0.2580	0.1868	0.3408	0.4729
	4. Conover	0.0010	0.8149*	-	0.6458*	0.9853*	-	0.9978*	1.0000*	0.9980*
	5. Nemenyi	-	-	-	0.0018	0.3807	0.7812	0.6428	0.8845	0.9853
	6. Friedman	-	-	-	0.0018	0.3807	0.7816*	0.0014	0.3925	0.7993
5	1. SNK	0.0102	0.0083	0.0083	0.0516	0.0523	0.0503	0.1161	0.1047	0.0680
	2. LSD	0.0216*	0.0641	0.1120	0.1046*	0.2577	0.3948	0.2161	0.6086	0.6086
	3. Duncan	0.0171	0.0360	0.0566	0.0903	0.1804	0.2562	0.1966	0.4587	0.4587
	4. Conover	0.0200	1.0000*	0.9999*	0.0760	1.0000*	1.0000*	0.6850*	1.0000*	1.0000*
	5. Nemenyi	0.0000	0.9969	0.1624	0.0012	1.0000*	0.9163	0.0209	0.9994	0.9994
	6. Friedman	0.0000	0.9967	0.1624	0.0012	1.0000*	0.9170	0.0013	0.9170	0.9170
6	1. SNK	0.0089	0.0076	0.0114	0.0544	0.0507	0.0543	0.1156	0.1126	0.1091
	2. LSD	0.0210*	0.0641	0.1217	0.1113*	0.2634	0.4143	0.2122*	0.4408	0.6338
	3. Duncan	0.0164	0.0358	0.0594	0.0931	0.1803	0.2702	0.1888	0.3433	0.4748
	4. Conover	0.0000	1.0000*	1.0000*	0.0004	1.0000*	1.0000*	0.0006	1.0000*	1.0000*
	5. Nemenyi	0.0000	0.2090	0.7273	0.0000	1.0000*	0.9982	0.0000	1.0000*	1.0000*
	6. Friedman	0.0000	0.2090	0.7273	0.0000	1.0000*	0.9982	0.0000	1.0000*	0.9982
7	1. SNK	0.0089	0.0109	0.0102	0.0556	0.0547	0.0536	0.1194	0.1136	0.1109
	2. LSD	0.0236*	0.0694	-	0.1166*	0.2734	0.4234	0.2188	0.4578	0.6363
	3. Duncan	0.0178	0.0389	0.0588*	0.0970	0.1817	0.2722	0.1938	0.3503	0.4762
	4. Conover	0.0000	1.0000*	-	0.0654	1.0000*	1.0000*	0.8009*	1.0000*	1.0000*
	5. Nemenyi	0.0000	0.9839	-	0.0000	1.0000*	1.0000*	0.0000	1.0000*	1.0000*
	6. Friedman	0.0000	0.9839	-	0.0000	1.0000*	1.0000*	0.0000	1.0000*	1.0000*

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

ตารางที่ 8 กำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01, 0.05 และ 0.10

จำนวนบล็อก	ตัวสถิติทดสอบ / จำนวนทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน								
		ระดับนัยสำคัญ 0.01			ระดับนัยสำคัญ 0.05			ระดับนัยสำคัญ 0.10		
		3	5	7	3	5	7	3	5	7
3	1. SNK	0.0724	-	-	0.1214	0.0772	0.0590	0.1769	0.1299	0.1147
	2. LSD	0.1255*	-	0.1464*	0.2005	0.2886*-	0.3894*	0.2898	0.4551*	0.6123*
	3. Duncan	0.1229	-	0.0845	0.1901	0.2286	0.2746	0.2786	0.3801	0.4952
	4. Conover	-	-	-	0.9965*	-	-	0.9697*	-	-
	5. Nemenyi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6. Friedman	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1440
4	1. SNK	0.0359	0.0184	-	0.0871	0.0601	0.0536	0.1436	0.1181	0.1058
	2. LSD	0.0640*	0.0864*	0.1160*	0.1603*	0.2731	0.4012	0.2523	0.4389	0.6143
	3. Duncan	0.0548	0.0525	0.0585	0.1428	0.1999	0.2689	0.2368	0.3578	0.4721
	4. Conover	-	-	-	-	0.9172*	0.9233*	0.8932*	0.9512*	0.9646*
	5. Nemenyi	-	-	-	-	-	-	-	0.7834	0.7108
	6. Friedman	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1. SNK	0.0238	0.0156	-	0.0737	0.0585	0.0524	0.1355	0.1171	0.1023
	2. LSD	0.0546	0.0786	0.1150*	0.1440	0.2679	0.4048	0.2418	0.4574	0.6146
	3. Duncan	0.0453	0.0503	0.0564	0.1252	0.1908	0.2683	0.2185	0.3558	0.4655
	4. Conover	0.8990*	0.9869*	-	0.9362*	0.9975*	0.9908*	0.9733*	0.9994*	0.9979*
	5. Nemenyi	-	0.3405	-	-	0.8394	0.7300	0.7902	0.9076	0.8947
	6. Friedman	-	0.3405	-	-	0.8392	0.7423	-	0.8171	0.7346
6	1. SNK	0.0198	0.0113	-	0.0685	0.0571	0.0534	0.1310	0.1139	0.1060
	2. LSD	0.0457	0.0692	0.1179	0.1889	0.2646	0.4218	0.2359	0.4539	0.6349
	3. Duncan	0.0363	0.0418	0.0560	0.1195	0.1846	0.2762	0.2090	0.3469	0.4736
	4. Conover	0.9655*	0.9873*	0.9876*	0.9897*	0.9968*	0.9996*	0.9954*	0.9990*	0.9999*
	5. Nemenyi	0.3600	0.6304	-	0.8011	0.9122	0.9131	0.8935	0.9440	0.9677
	6. Friedman	0.3600	0.6300	-	0.8010	0.9123	0.9134	0.7572	0.8972	0.9105
7	1. SNK	0.0183	0.0067	0.0098	0.1227	0.0503	0.0499	0.1227	0.1120	0.1111
	2. LSD	0.0391	0.0681	0.1202	0.2297	0.2664	0.4206	0.2297	0.4461	0.6335
	3. Duncan	0.0321	0.0381	0.0573	0.2009	0.1808	0.2738	0.2009	0.3424	0.4732
	4. Conover	0.9773*	0.9962*	0.9997*	0.9975*	0.9995*	1.0000*	0.9975*	1.0000*	1.0000*
	5. Nemenyi	0.6929	0.7089	0.8968	0.9408	0.9256	0.9858	0.9408	0.9786	0.9962
	6. Friedman	0.6926	0.7085	0.8970	0.9490	0.9258	0.9858	0.8490	0.9237	0.9859

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

ตารางที่ 9 กำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง ที่มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01, 0.05 และ 0.10

จำนวนบล็อก	ตัวสถิติทดสอบ / จำนวนทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน								
		ระดับนัยสำคัญ 0.01			ระดับนัยสำคัญ 0.05			ระดับนัยสำคัญ 0.10		
		3	5	7	3	5	7	3	5	7
3	1. SNK	0.0274	-	-	0.0632	0.0376	0.0353	0.1090	0.0927	0.0810
	2. LSD	0.0498*	-	0.0818*	0.1206	0.2226*	0.3535*	0.2075	0.4128*	0.6039*
	3. Duncan	0.0438	-	0.0438	0.1157	0.1674	0.2381	0.1959	0.3425	0.4693
	4. Conover	-	-	-	0.9990*	-	-	0.9790*	-	-
	5. Nemenyi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6. Friedman	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2738
4	1. SNK	0.0082	0.0058	-	0.0463	0.0442	0.0401	0.1017	0.1028	0.0956
	2. LSD	0.0215*	0.0476*	0.0949*	0.1058*	0.2485	0.3894	0.2068	0.4452	0.6268
	3. Duncan	0.0173	0.0277	0.0447	0.0919	0.1762	0.2483	0.1868	0.3556	0.4773
	4. Conover	-	-	-	-	0.9597*	0.8989*	0.9842*	0.9609	0.8994
	5. Nemenyi	-	-	-	-	-	-	-	0.9743*	0.9721*
	6. Friedman	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1. SNK	0.0066	0.0054	-	0.0441	0.0434	0.0243	0.1079	0.0999	0.0599
	2. LSD	0.0173	0.0532	0.1072*	0.0981	0.2468	0.4082	0.2121	0.4418	0.6351
	3. Duncan	0.0133	0.0297	0.0473	0.0829	0.1719	0.2583	0.1862	0.3428	0.4808
	4. Conover	0.9935*	1.0000*	-	0.9982*	1.0000*	0.9903	0.9996*	1.0000*	0.9903
	5. Nemenyi	-	0.8333	-	-	0.9987	0.9938	0.9884	0.9996	0.9998*
	6. Friedman	-	0.8340	-	-	0.9987	0.9939*	-	0.9987	0.9939
6	1. SNK	0.0066	0.0068	-	0.0489	0.0467	0.0488	0.1116	0.1063	0.1026
	2. LSD	0.0175	0.0599	0.1180	0.1064	0.2653	0.4189	0.2142	0.4503	0.6411
	3. Duncan	0.0131	0.0317	0.0543	0.0900	0.1830	0.2681	0.1891	0.3523	0.4823
	4. Conover	1.0000*	1.0000*	0.9999*	1.0000*	1.0000*	0.9999	1.0000*	1.0000*	0.9999
	5. Nemenyi	0.8835	0.9923	-	0.9967	1.0000*	1.0000*	0.9998	1.0000*	1.0000*
	6. Friedman	0.8835	0.9923	-	0.9967	1.0000*	1.0000*	0.9963	1.0000*	1.0000*
7	1. SNK	0.0076	0.0064	0.0092	0.0496	0.0451	0.0463	0.1152	0.1030	0.1003
	2. LSD	0.0171	0.0568	0.1158	0.1125	0.2652	0.4188	0.2138	0.4542	0.6429
	3. Duncan	0.0136	0.0317	0.0512	0.0934	0.1802	0.2611	0.1862	0.3477	0.4810
	4. Conover	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*
	5. Nemenyi	0.9942	0.9996	1.0000*	0.9999	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*	1.0000*
	6. Friedman	0.9942	0.9996	1.0000*	0.9999	1.0000*	1.0000*	0.9999	1.0000*	1.0000*

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

ตารางที่ 10 กำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01, 0.05 และ 0.10

จำนวนบล็อก	ตัวสถิติทดสอบ / จำนวนทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน								
		ระดับนัยสำคัญ 0.01			ระดับนัยสำคัญ 0.05			ระดับนัยสำคัญ 0.10		
		3	5	7	3	5	7	3	5	7
3	1. SNK	0.0877	-	-	0.2198	0.1152	0.0786	0.2380	0.1647	0.1347
	2. LSD	0.1140*	-	0.2179*	0.3182	0.4225*	0.4958*	0.3778	0.5817*	0.6951*
	3. Duncan	0.1053	-	0.1401	0.3080	0.3298	0.3626	0.3653	0.4781	0.5559
	4. Conover	-	-	-	0.9979*	-	-	0.9676*	-	-
	5. Nemenyi	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6. Friedman	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0518
4	1. SNK	0.0421	0.0296	-	0.1002	0.0710	0.0522	0.1980	0.1530	0.1325
	2. LSD	0.0684*	0.1283*	0.1614*	0.1787*	0.3647	0.4584	0.3303	0.5510	0.6902
	3. Duncan	0.0526	0.0790	0.0872	0.1602	0.2680	0.3087	0.3090	0.4510	0.5449
	4. Conover	-	-	-	-	0.6610*	0.5777*	0.6204*	0.7252*	0.7268*
	5. Nemenyi	-	-	-	-	-	-	-	0.4089	0.2707
	6. Friedman	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1. SNK	0.0373	0.0107	-	0.0888	0.0717	0.0515	0.1775	0.1261	0.1126
	2. LSD	0.0634	0.0877	0.1490*	0.1930	0.3474	0.4754	0.3043	0.5276	0.7025
	3. Duncan	0.0560	0.0429	0.0771	0.1623	0.2525	0.2902	0.2792	0.4173	0.5206
	4. Conover	0.4403*	0.8676*	-	0.5757*	0.9117*	0.7439*	0.7497*	0.9649*	0.8561*
	5. Nemenyi	-	0.1055	-	-	0.4392	0.2185	0.3670	0.5249	0.3686
	6. Friedman	-	0.1059	-	-	0.4390	0.2402	-	0.3527	0.2077
6	1. SNK	0.0203	0.0187	-	0.0954	0.0506	0.0481	0.1633	0.1212	0.1093
	2. LSD	0.0380	0.0870	0.1173	0.1890	0.3163	0.4639	0.3050	0.5171	0.6836
	3. Duncan	0.0354	0.0595	0.0577	0.1629	0.2101	0.2858	0.2724	0.3944	0.5101
	4. Conover	0.5316*	0.7291*	0.6956*	0.7597*	0.8672*	0.8672*	0.8472*	0.9406*	0.9412*
	5. Nemenyi	0.0684	0.1919	-	0.3050	0.4087	0.3058	0.4493	0.4959	0.4350
	6. Friedman	0.0680	0.1916	-	0.3051	0.4085	0.3056	0.2693	0.3731	0.2469
7	1. SNK	0.0168	0.0049	0.0087	0.0898	0.0588	0.0464	0.1417	0.1205	0.0994
	2. LSD	0.0355	0.0676	0.1252	0.1755	0.3198	0.4463	0.2860	0.5101	0.6886
	3. Duncan	0.0299	0.0407	0.0554	0.1479	0.2099	0.2695	0.2486	0.3906	0.5068
	4. Conover	0.5944*	0.8264*	0.8668*	0.7975*	0.9227*	0.9605*	0.8787*	0.9657*	0.9898*
	5. Nemenyi	0.1830	0.1654	0.2500	0.3908	0.3918	0.4783	0.5250	0.5754	0.6228
	6. Friedman	0.1832	0.1654	0.2500	0.3905	0.3919	0.4783	0.3594	0.3418	0.4351

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ในการเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยผู้วิจัยจะพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ซึ่งจากการวิจัยในครั้งนี้พบว่า

6.1 เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 พบว่าในกรณีการแจกแจงปรกติที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน และค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนแตกต่างกัน

6.1.1 กรณีตัวสถิติทดสอบของการทดสอบอิงพารามิเตอร์

- ตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ร้อยละ 95.56
- ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ร้อยละ 97.78
- ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคนมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ร้อยละ 98.89

6.1.2 กรณีตัวสถิติทดสอบของการทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์

- ตัวสถิติทดสอบของนีเมนยีมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ร้อยละ 66.67
- ตัวสถิติทดสอบของโคโนเวอร์มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ร้อยละ 75.56
- ตัวสถิติทดสอบของฟรีดเมนมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ร้อยละ 63.33

ดังนั้นตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคนมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีที่สุด

6.2 เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบจะพบว่าในกรณีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ความแปรปรวนเท่ากัน และกรณีการแจกแจงแกมมา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงเลขชี้กำลังที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนแตกต่างกัน

6.2.1 กรณีตัวสถิติทดสอบของการทดสอบอิงพารามิเตอร์

- ตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลไม่พบว่ามีกำลังการทดสอบในทุกสถานการณ์
- ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์มีกำลังการทดสอบคิดเป็นร้อยละ 24.44
- ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคนมีกำลังการทดสอบคิดเป็นร้อยละ 0.56

6.2.2 กรณีตัวสถิติทดสอบของการทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์

- ตัวสถิติทดสอบของนีเมนยีมีกำลังการทดสอบคิดเป็นร้อยละ 20.56
- ตัวสถิติทดสอบของโคโนเวอร์มีกำลังการทดสอบคิดเป็นร้อยละ 67.78
- ตัวสถิติทดสอบของฟรีดเมนมีกำลังการทดสอบคิดเป็นร้อยละ 16.11

ดังนั้นตัวสถิติทดสอบของโคโนเวอร์มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

7. วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า ตัวสถิติทดสอบแบบพิสัยพหุ-

คูณของดันแคนมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในทุกสถาน-การณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุณยนุช ที่กล่าวว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในทุกกรณี มี 2 วิธี คือ ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ และตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในทุกกรณี มี 3 วิธี คือ วิธี ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ ตัวสถิติทดสอบของวอลเลอร์-ดันแคน และตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญชม ที่กล่าวว่าในการวิเคราะห์ข้อมูลวิธีของ ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญมากกว่าวิธีอื่น และสอดคล้องกับงานวิจัยของบอร์ดแมนและมอฟฟิท ที่กล่าวว่า อัตราความผิดพลาดของวิธี ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน เพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย แต่ขัดแย้งกับงานวิจัยของ กฤตพล และคณะ ที่กล่าวว่าตัวสถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี ตัวสถิติทดสอบของทูกีย์ ตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์- นิวแมน-คูลส์ และตัวสถิติทดสอบของเชฟเฟสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์ที่ศึกษาอาจเนื่องมาจากว่างานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม แต่งานวิจัยของ กฤตพล และคณะ เป็นการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเมื่อพิจารณากำลังการทดสอบพบว่าตัวสถิติทดสอบของโคโนเวอร์มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถานการณ์ ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ นิภาพร ที่กล่าวว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน กำลังการทดสอบด้วยสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 5 วิธี วิธี ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญน้อยสุดของฟิชเชอร์ มีค่ากำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมา คือ วิธีตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน ตัวสถิติทดสอบของเชฟเฟ และตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลส์ และสถิติทดสอบที่ให้ค่ากำลังการทดสอบน้อยที่สุด คือ ตัวสถิติทดสอบของทูกีย์คาร์เมอร์ ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ กฤตพล และคณะ ที่กล่าวว่าตัวสถิติทดสอบของสติวเดนต์-นิวแมน-คูลส์ มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถาน-การณ์ ซึ่งการที่ผลที่ออกมาแตกต่างกันอาจเป็นเพราะงานวิจัยนี้ได้ศึกษาทั้งตัวสถิติทดสอบแบบที่ใช้พารา-มิเตอร์และแบบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์และการวางแผนการทดลองที่ใช้ในงานวิจัยก็ใช้การแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม ส่วน นิภาพร เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบแบบที่ใช้พารามิเตอร์ในการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และ กฤตพล เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบแบบที่ใช้พารามิเตอร์ในการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างการทดสอบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ของแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่มของตัวสถิติทดสอบอื่นๆ เช่น ตัวสถิติทดสอบของไรอัน-อินอท-กาเบรียล-เวลท์-เอฟ ตัวสถิติทดสอบของกาเบรียล ตัวสถิติทดสอบของวอลเลอร์ดันแคน ตัวสถิติทดสอบของแม็กซ์-สคิลลิงจ์ และตัวสถิติทดสอบของฮอแลนเดอร์

8.2 ควรขยายขนาดการทดลองที่ศึกษาให้มีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับจำนวนบล็อก หรืออาจเพิ่มขนาดการทดลองนอกจากเหนือจากที่งานวิจัยนี้ได้ศึกษา

8.3 ควรศึกษาในกรณีที่ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงอื่น ๆ เช่น การแจกแจงเบ้

ซ้าย การแจกแจงที่มีความโด่งน้อยและโด่งมาก หรือการแจกแจงที่แตกต่างกันในแต่ละประชากร

9. รายการอ้างอิง

[1] กฤตพล ธีรธนิตนันท์, กำชัย สุภัทรกุล, ปารณัท สุขเจริญ, โศภน พงษ์ชาลี, 2538, การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สาขาสถิติประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

[2] นิภาพร ขำสะอาด, 2552, อำนาจการทดสอบของการใช้สถิติการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

[3] บุญชม ศรีสะอาด, 2538, วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย, ภาควิชาพื้นฐานของการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, มหาสารคาม.

[4] ปุณยนุช พินชู, 2548, การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

[5] ศรัญญาวรรลยางกูร, 2531, การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบแบบพาราเมตริกและนอนพาราเมตริกในการเปรียบเทียบเชิงพหุของแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

[6] Boardman, T.J. and Moffitt, D.R., 1971, Graphical Monte Carlo type I error rate for multiple comparison procedures, Biometrics 27: 738-744.

[7] Cochran, W.G, 1954, Some methods for strengthening the common chi-squared tests, Biometrics 10: 417-451.

[8] Bradley, J.V., 1978, Robustness, J. Math. Stat. Psychol. 31: 144-152.