

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพสำหรับวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ
แบบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์
ของแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์
Comparison of Efficiency for Parametric and
Nonparametric Tests in Multiple Comparisons of
a Randomized Incomplete Block Designs

ธวัชชัย แต่งทอง* และสายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Thawatchai Taengthong* and Saichon Sinsomboonthong

Department of Statistics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,

Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์สำหรับแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ ซึ่งมีตัวสถิติทดสอบที่ศึกษา 6 การทดสอบ คือ ตัวสถิติทดสอบพีสัยพหุคูณใหม่ของตันแคน ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคน ตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของฟิชเชอร์ ตัวสถิติทดสอบโคโนเวอร์ ตัวสถิติทดสอบเดออร์บิน และตัวสถิติทดสอบสคิลลิงจ์-แม็กซ์ โดยศึกษาจากการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบ กำหนดให้ข้อมูลถูกสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงบีตา จำนวนทรีทเมนต์และจำนวนบล็อก คือ 3, 4, 5, 6 และ 7 ทรีทเมนต์และบล็อกตามลำดับ และระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ผลการวิจัยเมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 พบว่าตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกสถานการณ์ คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคน และตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของฟิชเชอร์ และเมื่อพิจารณากำลังการทดสอบพบว่าตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคนมีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกสถานการณ์

คำสำคัญ : การเปรียบเทียบพหุคูณ; ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1; กำลังการทดสอบ

*ผู้รับผิดชอบบทความ : thawatchai2138@gmail.com

Abstract

The objective of this research was to multi-compare the control efficiency of probability of type I error and power of a test between parametric and nonparametric tests of a randomized incomplete block designs. The 6 statistics were Duncan's new multiple range, Waller-Duncan and Fisher's least significant difference, Conover, Durbin and Skillings-Mack. In all cases, we used randomized data with a normal distribution, gamma distribution and beta distribution for calculating the probability of type I error and the power of a test. Creating a randomized incomplete block designs will determine the number of treatments (that equal to 3, 4, 5, 6 and 7 treatments), and the number of blocks (that equal to 3, 4, 5, 6 and 7 blocks). Two significance levels were used 0.05 and 0.10. The results for probability of type I error revealed that, for controlling probability of type I error, the Waller-Duncan and Fisher's least significant difference were the best in controlling it. For the power of a test, the Waller-Duncan showed the highest power of a test.

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

1. บทนำ

การวิจัยหรือการทดลองในบางครั้งไม่สามารถใช้แผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เนื่องจากแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์นั้น ในแต่ละบล็อกต้องมีครบทุกทรีทเมนต์ ดังนั้นกรณีที่มีทรีทเมนต์จำนวนมาก ๆ ซึ่งพบเสมอในงานทดลองบางประเภท ทำให้ต้องใช้บล็อกขนาดใหญ่มากขึ้นไป โดยความเป็นจริงนั้นโอกาสที่จะเลือกใช้บล็อกขนาดใหญ่และมีความสม่ำเสมอทั้งหมดเป็นไปได้้น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับความแปรปรวนมาก ๆ หรืองานทดลองบางประเภทมีขีดจำกัดของขนาดของบล็อกต่ำมาก จึงกล่าวได้ว่าขนาดของบล็อกมีขีดจำกัดทำให้ไม่สามารถที่จะใช้แผนการทดลองประเภทบล็อกสมบูรณ์อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากหลักเกณฑ์การจัดบล็อกนั้นภายในแต่ละบล็อกต้องมีความสม่ำเสมอทั่วกัน เป็นเหตุให้ผู้ทดลองจำเป็นที่จะต้องใช้แผนแบบการทดลองที่แต่ละบล็อกมีไม่ครบทุกทรีทเมนต์ เพื่อให้ขนาดการทดลองเหมาะสมแผนแบบการทดลองประเภทนี้เรียกว่าแผนแบบการ

ทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ (incomplete block design) [1]

การอนุมานเชิงสถิติเกี่ยวกับประชากร โดยเฉพาะการทดสอบสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไปนั้น จะนิยมใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ซึ่งหากในการทดสอบสมมุติฐานดังกล่าวพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงจะต้องเปรียบเทียบพหุคูณต่อ เพื่อหาว่าทรีทเมนต์ของประชากรคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน ซึ่งตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบก็มีให้เลือกใช้หลายการทดสอบ และมีให้เลือกใช้ทั้งในส่วนของการทดสอบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมว่าตัวสถิติทดสอบใดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการนำมาทดสอบในแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาตัวสถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่ใช้ทดลอง

ในแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาทั้งตัวสถิติทดสอบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ ดังนี้

ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคน (Duncan's new multiple range test, DMRT or DUN) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และมีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกกรณี เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันในแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ [3] สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกกรณี เมื่อกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยกำหนดให้ความแปรปรวนเท่ากัน [4] และมีกำลังการทดสอบสูงสุดในเมื่อศึกษากำลังการทดสอบ [5] มีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกสถานการณ์ เมื่อศึกษากำลังของการประมาณค่าและขนาดกลุ่มตัวอย่างของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ [6] นอกจากนี้ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคนยังมีโอกาสพบนัยสำคัญมากที่สุดเมื่อศึกษาการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน [7] ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคูณใหม่ของดันแคนเป็นวิธีการทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงพหุคูณโดยใช้ข้อมูลทางการเกษตรในการวิจัย [8]

ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ดันแคน (Waller-Duncan test, WD) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกกรณี และมีกำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันในแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ [3] และสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกกรณี และมีกำลังการทดสอบสูงสุดในแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ [9]

ตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของฟิชเชอร์ (Fisher's least

significant difference test, LSD) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และมีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกกรณี เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันในแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ [3] สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกกรณี เมื่อกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยกำหนดให้ความแปรปรวนเท่ากัน [4] มีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกสถานการณ์เมื่อศึกษากำลังการทดสอบ [5] มีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกสถานการณ์ เมื่อศึกษากำลังของการประมาณค่าและขนาดกลุ่มตัวอย่างของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ [6] มีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกสถานการณ์ เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน [10] อีกทั้งยังพบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกสถานการณ์ เมื่อศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 [11-13] นอกจากนี้ยังพบว่าตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของฟิชเชอร์เป็นวิธีที่ให้ผลสรุปหรือผลการทดสอบที่น่าเชื่อถือมากที่สุดสำหรับใช้ในงานวิจัย เมื่อศึกษาพิจารณาจากความน่าจะเป็นของความผิดพลาด 3 ชนิด [14] และเมื่อพิจารณาถึงความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กำลังการทดสอบในงานวิจัยด้านการเกษตร [15]

ตัวสถิติทดสอบโคโนเวอร์ (Conover test, CNV) เมื่อดูตัวอย่างถูกสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา การแจกแจงโคกำลังสอง และการแจกแจงเลขชี้กำลังในแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม ตัวสถิติทดสอบโคโนเวอร์มีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกกรณี [2]

ตัวสถิติทดสอบเดอร์บิน (Durbin test, DUB) และตัวสถิติทดสอบสคิลลิงส์-แม็ก (Skillings-Mack Test, SKM) การศึกษาค้นคว้าและรวบรวมวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนั้น ผู้วิจัยยังไม่พบว่ามีการวิจัยที่

นำตัวสถิติทดสอบสองตัวนี้เข้ามาเปรียบเทียบกับตัวสถิติทดสอบตัวอื่น ๆ เนื่องจากตัวสถิติทดสอบ 2 การทดสอบนี้โดยทั่วไปแล้วมักเจอในสื่อการสอน หรือมีการนำไปใช้ในกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะไม่ตรงตามข้อกำหนดของตัวสถิติทดสอบอิงพารามิเตอร์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำตัวสถิติทดสอบทั้งสองตัวนี้เข้ามาเปรียบเทียบกับตัวสถิติทดสอบตัวอื่น ๆ ที่ใช้งานวิจัย

การทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคุณอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ของแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ โดยเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ คือ ตัวสถิติทดสอบพิสัยพหุคุณใหม่ของดันแคน ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ดันแคน ตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของพิชเชอร์ ตัวสถิติทดสอบโคโนเวอร์ ตัวสถิติทดสอบเดอริบีน และตัวสถิติทดสอบสคิลลิงจ์-แม็กซ์ โดยลักษณะของประชากรที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในงานวิจัยนี้ คือ การแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงบีตา เนื่องจากการแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงบีตา เป็นพื้นฐานของการเรียนในวิชาสถิติ นอกจากนี้ทั้ง 3 การแจกแจงยังเป็นที่ยอมรับสำหรับนำมาใช้ในการทดสอบการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบ

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคุณแบบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ 6 การทดสอบ ของแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์

2.2 เพื่อหาตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับทดสอบข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงบีตา

3. วิธีการวิจัย

3.1 การวางแผนการวิจัย

การวิจัยได้ดำเนินการกำหนดสถานการณ์ในการศึกษาเปรียบเทียบ ดังนี้

3.1.1 กำหนดจำนวนทรีทเมนต์ (t) ที่ศึกษา คือ 3, 4, 5, 6 และ 7

3.1.2 กำหนดจำนวนบล็อก (b) ที่ศึกษา คือ 3, 4, 5, 6 และ 7

3.1.3 กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) คือ 0.05 และ 0.10

3.1.4 กำหนดจำนวนทรีทเมนต์ต่อบล็อก (k) ที่ศึกษา คือ $k \leq t - 1$

3.1.5 สร้างแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ ดังนี้ (1) แต่ละบล็อกไม่สมบูรณ์จะประกอบด้วยจำนวนทรีทเมนต์ต่อบล็อกเท่ากัน (b) (2) ทรีทเมนต์แต่ละทรีทเมนต์จะปรากฏในการทดลองเป็นจำนวนครั้งเท่ากัน (r) (3) ไม่มีซ้ำของทรีทเมนต์ในบล็อกเดียวกัน ($rt = bk$) (4) ทุกทรีทเมนต์ต้องปรากฏร่วมกับทรีทเมนต์อื่น ๆ อย่างน้อย 1 ครั้ง และ (5) จำนวนครั้งในการปรากฏร่วมของแต่ละคู่ของทรีทเมนต์ต้องเท่ากัน (λ) [1]

3.1.6 จำลองข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงบีตา

3.1.7 กำหนดค่าพารามิเตอร์กรณีประชากรที่มีการแจกแจงปกติ ดังต่อไปนี้

(1) กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 แบ่งเป็น 2 สถานการณ์ ดังนี้ (1) สถานการณ์ที่ 1

ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางเท่ากัน และความแปรปรวนเท่ากัน และ (2) สถานการณ์ที่ 2 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางเท่ากัน และความแปรปรวนต่างกัน

(2) กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการ

คำนวณกำลังการทดสอบ แบ่งเป็น 2 สถานการณ์ ดังนี้

- (1) สถานการณ์ที่ 1 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน และความแปรปรวนเท่ากัน และ
- (2) สถานการณ์ที่ 2 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน และความแปรปรวนต่างกัน

โดยที่ การกำหนดค่าพารามิเตอร์

สำหรับการแจกแจงปกติในแต่ละสถานการณ์มี

ทั้งหมด 4 แบบ ดังตารางที่ 2

Table 1 Incomplete block designs 9 plans used in the research

Experimental Designs	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>k</i>	<i>r</i>	λ
1	3	3	2	2	1
2	4	4	3	3	2
3	5	5	4	4	3
4	6	3	2	4	2
5	6	4	2	3	1
6	6	6	5	5	4
7	7	7	3	3	1
8	7	7	4	4	2
9	7	7	6	6	5

Table 2 Parameters for calculation the probability of type I error and the power of a test of a normal distribution

	Situations	Models	Parameters (μ, σ^2)						
			Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Block 5	Block 6	Block 7
Parameters for calculation the probability of type I error	1	1	(4, 12)	(4, 12)	(4, 12)	(4, 12)	(4, 12)	(4, 12)	(4, 12)
		2	(8, 24)	(8, 24)	(8, 24)	(8, 24)	(8, 24)	(8, 24)	(8, 24)
		3	(16, 48)	(16, 48)	(16, 48)	(16, 48)	(16, 48)	(16, 48)	(16, 48)
		4	(32, 96)	(32, 96)	(32, 96)	(32, 96)	(32, 96)	(32, 96)	(32, 96)
	2	1	(4, 12)	(4, 24)	(4, 48)	(4, 96)	(4, 192)	(4, 384)	(4, 768)
		2	(8, 12)	(8, 24)	(8, 48)	(8, 96)	(8, 192)	(8, 384)	(8, 768)
		3	(16, 12)	(16, 24)	(16, 48)	(16, 96)	(16, 192)	(16, 384)	(16, 768)
		4	(32, 12)	(32, 24)	(32, 48)	(32, 96)	(32, 192)	(32, 384)	(32, 768)
Parameters for calculation the power of a test	3	1	(4, 12)	(6, 12)	(8, 12)	(10, 12)	(12, 12)	(14, 12)	(16, 12)
		2	(4, 24)	(6, 24)	(8, 24)	(10, 24)	(12, 24)	(14, 24)	(16, 24)
		3	(4, 48)	(6, 48)	(8, 48)	(10, 48)	(12, 48)	(14, 48)	(16, 48)
		4	(4, 96)	(6, 96)	(8, 96)	(10, 96)	(12, 96)	(14, 96)	(16, 96)
	4	1	(3, 12)	(5, 24)	(7, 48)	(9, 96)	(11, 192)	(13, 384)	(15, 768)
		2	(4, 12)	(6, 24)	(8, 48)	(10, 96)	(12, 192)	(14, 384)	(16, 768)
		3	(5, 12)	(7, 24)	(9, 48)	(11, 96)	(13, 192)	(15, 384)	(17, 768)
		4	(6, 12)	(8, 24)	(10, 48)	(12, 96)	(14, 192)	(16, 384)	(18, 768)

3.1.8 กำหนดค่าพารามิเตอร์กรณีประชากรมีการแจกแจงแกมมา ดังต่อไปนี้

(1) กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 แบ่งเป็น 2 สถานการณ์ ดังนี้ (1) สถานการณ์ที่ 1 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางเท่ากัน และความแปรปรวนเท่ากัน และ (2) สถานการณ์ที่ 2 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางเท่ากัน และความแปรปรวนต่างกัน

(2) กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ แบ่งเป็น 2 สถานการณ์ ดังนี้

(1) สถานการณ์ที่ 1 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน และความแปรปรวนเท่ากัน และ (2) สถานการณ์ที่ 2 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน และความแปรปรวนต่างกัน

โดยที่ การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาในแต่ละสถานการณ์มีทั้งหมด 4 แบบ ดังตารางที่ 3

Table 3 Parameters for calculation the probability of type I error and the power of a test of a gamma distribution

	Situations	Models	Parameters (α, β)						
			Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Block 5	Block 6	Block 7
Parameters for calculation the probability of type I error	1	1	(4, 4)	(4, 4)	(4, 4)	(4, 4)	(4, 4)	(4, 4)	(4, 4)
		2	(4, 8)	(4, 8)	(4, 8)	(4, 8)	(4, 8)	(4, 8)	(4, 8)
		3	(8, 8)	(8, 8)	(8, 8)	(8, 8)	(8, 8)	(8, 8)	(8, 8)
		4	(8, 16)	(8, 16)	(8, 16)	(8, 16)	(8, 16)	(8, 16)	(8, 16)
	2	1	(4, 4)	(8, 2)	(16, 1)	(1, 16)	(2, 8)	(40, 0.4)	(36, 0.44)
		2	(4, 8)	(8, 4)	(16, 2)	(2, 16)	(6, 5.33)	(12, 2.67)	(14, 2.29)
		3	(8, 8)	(16, 4)	(4, 16)	(2, 32)	(32, 2)	(12, 5.33)	(24, 2.67)
		4	(8, 16)	(64, 2)	(32, 4)	(16, 8)	(48, 2.67)	(24, 5.33)	(56, 2.29)
Parameters for calculation the power of a test	3	1	(4, 4)	(16, 2)	(1, 8)	(25, 1.6)	(36, 1.33)	(49, 1.14)	(9, 2.67)
		2	(4, 8)	(64, 2)	(16, 4)	(36, 2.67)	(100, 1.6)	(196, 1.1)	(324, 0.9)
		3	(8, 8)	(32, 4)	(2, 16)	(288, 1.3)	(72, 2.7)	(200, 1.6)	(392, 1.1)
		4	(8, 16)	(128, 4)	(32, 8)	(512, 2)	(288, 2.7)	(2, 32)	(800, 1.6)
	4	1	(4, 4)	(18, 1.33)	(1, 4)	(16, 4)	(8, 4)	(10, 0.8)	(4, 1.33)
		2	(4, 8)	(162, 0.9)	(4, 4)	(72, 2.67)	(96, 1.33)	(48, 1.33)	(896, 0.3)
		3	(8, 8)	(1, 16)	(144, 2.7)	(128, 4)	(8, 4)	(48, 2.67)	(384, 0.7)
		4	(288, 2.7)	(16, 4)	(72, 2.67)	(144, 2.7)	(48, 2.67)	(96, 2.67)	(896, 0.6)

3.1.9 กำหนดค่าพารามิเตอร์กรณีประชากร มีการแจกแจงบีตา ดังต่อไปนี้

(1) กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 แบ่งเป็น 2 สถานการณ์ ดังนี้ (1) สถานการณ์ที่ 1 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางเท่ากัน และความแปรปรวนเท่ากัน และ (2) สถานการณ์ที่ 2 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางเท่ากัน และความแปรปรวนต่างกัน

(2) กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ แบ่งเป็น 2 สถานการณ์ ดังนี้

(1) สถานการณ์ที่ 1 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน และความแปรปรวนเท่ากัน และ (2) สถานการณ์ที่ 2 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน และความแปรปรวนต่างกัน

โดยที่ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ สำหรับการแจกแจงบีตาในแต่ละสถานการณ์มีทั้งหมด 4 แบบ ดังตารางที่ 4

Table 4 Parameters for calculation the probability of type I error and the power of a test of a beta distribution

	Situations	Models	Parameters (α, β)						
			Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Block 5	Block 6	Block 7
Parameters for calculation the probability of type I error	1	1	(8, 12)	(8, 12)	(8, 12)	(8, 12)	(8, 12)	(8, 12)	(8, 12)
		2	(10, 6)	(10, 6)	(10, 6)	(10, 6)	(10, 6)	(10, 6)	(10, 6)
		3	(2, 8)	(2, 8)	(2, 8)	(2, 8)	(2, 8)	(2, 8)	(2, 8)
		4	(9, 8)	(9, 8)	(9, 8)	(9, 8)	(9, 8)	(9, 8)	(9, 8)
	2	1	(2, 3)	(3, 4.5)	(4, 6)	(5, 7.5)	(6, 9)	(7, 10.5)	(8, 12)
		2	(2, 1.2)	(4, 2.4)	(6, 3.6)	(8, 4.8)	(10, 6)	(12, 7.2)	(14, 8.4)
		3	(6, 24)	(4, 16)	(8, 32)	(10, 40)	(12, 48)	(14, 56)	(16, 64)
		4	(3, 2.67)	(5, 4.44)	(7, 6.56)	(9, 8)	(11, 9.78)	(13, 11.7)	(15, 13.3)
Parameters for calculation the power of a test	3	1	(2, 9.58)	(3, 10.88)	(1, 7.35)	(4, 11.69)	(5, 12.14)	(6, 12.33)	(7, 12.29)
		2	(2, 8.33)	(3, 9.36)	(1, 3.47)	(4, 9.89)	(5, 10.08)	(6, 10)	(7, 9.67)
		3	(2, 8)	(3, 8.96)	(1, 6.27)	(4, 9.44)	(5, 9.56)	(6, 9.41)	(7, 9)
		4	(2, 8.3)	(3, 9.3)	(1, 6.42)	(4, 9.85)	(5, 10)	(6, 9.96)	(7, 9.62)
	4	1	(1, 2.92)	(3, 4.5)	(3, 6.11)	(4, 7.66)	(6, 9)	(1, 6.76)	(4, 11.69)
		2	(1, 2.06)	(1, 3.5)	(3, 6.03)	(4, 8.05)	(7, 9.67)	(5, 11.93)	(5, 13.61)
		3	(5, 22.69)	(5, 17.03)	(4, 25.25)	(4, 28.97)	(7, 40.18)	(7, 44.29)	(6, 45.29)
		4	(1, 3.01)	(3, 5.54)	(4, 7.79)	(5, 10)	(6, 12.33)	(5, 13.94)	(5, 15.63)

3.1.10 หากจำนวนรอบที่ใช้ในงานวิจัยโดยจะพิจารณาจากความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ จะเริ่มคงที่เมื่อจำนวนรอบทั้งหมด 12,395 ครั้ง และจำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน 700 ครั้ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนรอบที่ใช้ในการวิจัยเท่ากับจำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน 700 ครั้ง

3.1.11 คำนวณข้อมูลแต่ละประชากรด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แล้วตรวจสอบว่าข้อมูลมีอิทธิพลของบล็อกและอิทธิพลของทรีทเมนต์หรือไม่ ถ้าข้อมูลมีอิทธิพลของบล็อกและอิทธิพลของทรีทเมนต์ก็จะนำข้อมูลนั้นมาใช้ในงานวิจัย แต่ถ้าข้อมูลไม่มีอิทธิพลของบล็อกและไม่มีอิทธิพลของทรีทเมนต์ก็จะไม่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัย ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้ชุดข้อมูลที่ต้องมีทั้งอิทธิพลของบล็อกและอิทธิพลของทรีทเมนต์ 700 ครั้ง ก่อนนำไปวิเคราะห์การเปรียบเทียบพหุคูณต่อไป

3.1.12 คำนวณความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบตามเกณฑ์ของแบรดลีย์ (Bradley) ในแต่ละสถานการณ์

3.1.13 เกณฑ์พิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแบรดลีย์ จากการทดลองที่ $\alpha = 0.05$ อยู่ในช่วง (0.04, 0.06) และที่ $\alpha = 0.10$ อยู่ในช่วง (0.08, 0.12) [16]

3.1.14 คำนวณกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของแบรดลีย์ได้ในแต่ละสถานการณ์

3.1.15 เปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบ โดยตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของ

ความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของแบรดลีย์ และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะถือว่าเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินงานตามขั้นตอนโดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การคำนวณความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

3.1.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงบีตา ให้มีพารามิเตอร์ตามที่ต้องการ โดยกำหนดค่าตัวสร้างเลขสุ่มเทียม (seeding number) เท่ากับ 10 เพื่อให้การสุ่มข้อมูลในครั้งต่อไปมีค่าเท่าเดิม โดยโปรแกรม R

3.1.2 คำนวณตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรม R

3.1.3 สรุปผลการปฏิเสธสมมติฐานว่างในแต่ละ α โดยการเปรียบเทียบค่า p-value กับ α

3.1.4 ทำซ้ำข้อ 3.1.1-3.1.3 จนครบ 700 ครั้ง แล้วหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ดังนี้ “ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 = จำนวนครั้งของการปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง ÷ จำนวนครั้งทั้งหมด”

ถ้าความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสำหรับแต่ละสถานการณ์มีค่าอยู่ในช่วงที่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์ของการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบ เช่น เกณฑ์ของแบรดลีย์ จะถือว่าตัวสถิติทดสอบนั้นมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

3.2 การคำนวณกำลังการทดสอบ

3.2.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงบีตา ให้มีพารามิเตอร์ตามที่ต้องการ โดยกำหนดค่าตัวสร้างเลขสุ่มเทียม 10 เพื่อให้การสุ่มข้อมูลในครั้งต่อไปมีค่าเท่าเดิมด้วยโปรแกรม R

3.2.2 คำนวณตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรม R

3.2.3 สรุปผลการปฏิเสธสมมุติฐานว่างในแต่ละ α โดยการเทียบค่า p-value กับ α

3.2.4 ทำซ้ำข้อ 3.2.1-3.2.3 จบครบ 700 ครั้ง แล้วหากล้าการทดสอบ โดยการนับจำนวนครั้ง

ของการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง (H_0) ดังนี้ “กล้าการทดสอบ = จำนวนครั้งของการปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 ไม่จริง ÷ จำนวนครั้งทั้งหมด”

โดยหากล้าการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เท่านั้น และเปรียบเทียบกล้าการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ ถ้าพบว่าตัวสถิติทดสอบใดมีกล้าการทดสอบสูงสุดจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

Table 5 The test statistics with the ability to control the probability of type I error for randomized data with a normal distribution

Experimental designs	Randomized data with a normal distribution			
	Situation 1: Same averages and same variances		Situation 2: Same averages but different variances	
	Levels of significance		Levels of significance	
	0.05	0.10	0.05	0.10
1	DUN, WD, LSD	DUN, WD, LSD	DUN, LSD	DUN, WD, LSD
2	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
3	WD, LSD, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM
4	None	None	None	None
5	LSD	WD, LSD, DUB	LSD	WD, LSD, DUB
6	WD, LSD, CNV, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM
7	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
8	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
9	WD, LSD, CNV, DUB	WD, LSD, CNV, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM

ตารางที่ 5 พบว่าตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกแผน คือ ตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของฟิชเชอร์ ยกเว้นแผน 4 ไม่มีตัวสถิติทดสอบตัวใดที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของแบรดลีย์

ตารางที่ 6 พบว่าตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความ

ผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกแผน สถานการณ์ที่ 1 คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคนและตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของฟิชเชอร์ และสถานการณ์ที่ 2 คือ ตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของฟิชเชอร์และตัวสถิติทดสอบเดออร์บิน ยกเว้นแผน 4 และ 5 สถานการณ์ที่ 3 และสถานการณ์ที่ 4 ที่ $\alpha = 0.05$ ไม่มีตัวสถิติทดสอบตัวใดที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของแบรดลีย์

Table 6 The test statistics with the ability to control the probability of type I error for randomized data with a gamma distribution

Experimental designs	Randomized data with a gamma distribution			
	Situation 1: Same averages and same variances		Situation 2: Same averages but different variances	
	Levels of significance		Levels of significance	
	0.05	0.10	0.05	0.10
1	DUN, WD, LSD	DUN, WD, LSD	None	None
2	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
3	WD, LSD, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM
4	None	None	None	None
5	None	None	None	LSD, DUB
6	WD, LSD, CNV, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM
7	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, CNV, DUB
8	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
9	WD, LSD, CNV, DUB	WD, LSD, CNV, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM

Table 7 The test statistics with the ability to control the probability of type I error for randomized data with a beta distribution

Experimental designs	Randomized data with a beta distribution			
	Situation 1: Same averages and same variances		Situation 2: Same averages but different variances	
	Levels of significance		Levels of significance	
	0.05	0.10	0.05	0.10
1	DUN, WD, LSD	DUN, WD, LSD	WD	WD
2	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
3	WD, LSD, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM
4	None	None	None	None
5	LSD	LSD	WD, LSD	WD, LSD, DUB
6	WD, LSD, CNV, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM
7	WD, LSD, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
8	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
9	WD, LSD, CNV, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM	WD, LSD, CNV, DUB	WD, LSD, CNV, DUB, SKM

ตารางที่ 7 พบว่าตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกแผน สถานการณ์ที่ 1 คือ ตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของ ฟิชเชอร์ และสถานการณ์ที่ 2 คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคน ยกเว้นแผน 4 ไม่มีตัวสถิติทดสอบตัวใดที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของแบรดลีย์

4.2 กำลังการทดสอบ

ตารางที่ 8 พบว่าตัวสถิติทดสอบที่กำลังการทดสอบสูงสุด คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคน ยกเว้นแผน 4 เนื่องจากไม่มีตัวสถิติทดสอบตัวใดที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของแบรดลีย์ ผู้วิจัยจึงไม่นำตัวสถิติทดสอบมาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

Table 8 The power of a test of test statistics for randomized data with a normal distribution

Experimental designs	Randomized data with a normal distribution			
	Situation 3: Different averages but same variances		Situation 4: Different averages and different variances	
	Levels of significance		Levels of significance	
	0.05	0.10	0.05	0.10
1	WD	DUN, WD, LSD	DUN	DUN
2	WD	WD	WD	WD
3	WD	WD, CNV	WD	WD
4	None	None	None	None
5	LSD	WD	LSD	WD
6	WD	WD	WD	WD
7	WD	WD	WD	WD
8	WD	WD	WD	WD
9	WD	WD	WD	WD

Table 9 The power of a test of test statistics for randomized data with a gamma distribution

Experimental designs	Randomized data with a gamma distribution			
	Situation 3: Different averages but same variances		Situation 4: Different averages and different variances	
	Levels of significance		Levels of significance	
	0.05	0.10	0.05	0.10
1	WD, LSD	WD	None	None
2	WD, DUB	WD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
3	WD	WD, CNV, SKM	WD	WD, CNV, SKM
4	None	None	None	None
5	None	None	None	LSD, DUB
6	WD	WD	WD, SKM	WD
7	DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB	WD, LSD, DUB
8	WD, LSD, DUB	WD, LSD	WD, DUB	WD, DUB
9	WD	WD	WD, SKM	WD, LSD, CNV, DUB, SKM

ตารางที่ 9 พบว่าตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงสุด คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ดันแคน ยกเว้นแผน 4 และ 5 สถานการณ์ที่ 3 และ 4 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจากไม่มีตัวสถิติทดสอบตัวใดที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของแบรดลีย์ ผู้วิจัยจึงไม่นำตัวสถิติทดสอบมาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

ตารางที่ 10 พบว่าตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงสุด คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ดันแคน ยกเว้นแผน 4 เนื่องจากไม่มีตัวสถิติทดสอบตัวใดที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของแบรดลีย์ ผู้วิจัยจึงไม่นำตัวสถิติทดสอบมาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

Table 10 The power of a test of test statistics for randomized data with a beta distribution

Experimental designs	Randomized data with a beta distribution			
	Situation 3: Different averages but same variances		Situation 4: Different averages and different variances	
	Levels of significance		Levels of significance	
	0.05	0.10	0.05	0.10
1	WD	WD	WD	WD
2	DUB	DUB	WD, DUB	WD, DUB
3	WD	CNV, SKM	WD, DUB	WD, CNV, SKM
4	None	None	None	None
5	LSD	LSD	WD	WD, DUB
6	WD	WD	WD, SKM	WD, SKM
7	DUB	DUB	WD, DUB	WD, DUB
8	WD	WD	WD, DUB	WD, DUB
9	WD	WD	WD, CNV	SKM

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 สรุป

การพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ สำหรับแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ ในลักษณะของข้อมูลที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจก

แจงบีตาตามที่กำหนด ตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ดี และมีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกสถานการณ์ สำหรับตัวสถิติทดสอบอิงพารามิเตอร์ คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ดันแคน รองลงมา คือ ตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของพิชเชอร์ และในตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ คือ ตัวสถิติทดสอบเดอ์บิน แต่ถ้าพิจารณาในภาพรวม

ทั้งหมดของการวิจัยพบว่าตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพที่สุด กล่าวคือ มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ดีที่สุดและกำลังการทดสอบสูงที่สุด คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคน

5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ดี และมีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกสถานการณ์ คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคน ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่กล่าวว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ในทุกกรณีและมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคน [3] และในแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกกรณี คือ ตัวสถิติทดสอบวอลเลอร์-ตันแคน [9] แต่ไม่สอดคล้องผลงานวิจัยที่กล่าวว่าตัวสถิติทดสอบโดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของพิชเชอร์มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด [5,6,10] และมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ดีที่สุด [4, 11-13] ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าผลการวิจัยที่ไม่สอดคล้องกันอาจเนื่องมาจากแผนแบบการทดลองที่ใช้ในงานวิจัยมีความแตกต่างกัน และลักษณะของประชากรที่ใช้ในการวิจัยมีความแตกต่างกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การศึกษาครั้งต่อไปอาจขยายแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ โดยการเพิ่มจำนวนของบล็อกและจำนวนของทรีทเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง

5.3.2 การศึกษาครั้งต่อไปอาจเพิ่มตัวสถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์การทดสอบอื่น ๆ เข้ามาทดสอบ

5.3.3 ควรศึกษาลักษณะของข้อมูลที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงในรูปแบบอื่น เช่น กำหนดความเบ้และความโด่งของประชากรที่ต้องการศึกษา

6. References

- [1] Updisakun, S., 1994, Experimental Designs 2, 2nd Ed., Sahamit Offset, Bangkok. (in Thai)
- [2] Kongnapsantikul, T., Taengthong, T., Nopas, T. and Pattisai, N., 2006, Comparisons of Probability of Type I Error and the Power of a Test Between Parametric and Nonparametric Tests in Multiple Comparisons of a Randomized Complete Block Design, Bachelor Project, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. (in Thai)
- [3] Pinchoo, P., 2007, Comparisons of type I error rates and power of the test in post hoc comparison procedures for completely randomized design, J. Res. Meth. 20(3): 331-351. (in Thai)
- [4] Ozkaya, G. and Ercan, I., 2012, Examining multiple comparison procedures according to error rate, power type and false discovery rate, J. Mod. Appl. Stat. Methods. 11: 348-360.
- [5] Kemp, K.E., 1973, Multiple comparisons:

- Comparisonwise versus experimentwise type I error rates and their relationship to power, *J. Dairy Sci.* 58: 1374-1377.
- [6] Li, Y., 1997, The Development of Power Estimates and Sample Size Requirements for Seven Multiple Comparisons Procedures, Doctoral Dissertation, University of Maryland, Baltimore.
- [7] Srisa-ard, B., 1995, Statistical Methods for Research, Department of Educational Administration, Faculty of Education, Srinakharinwirot University, Bangkok. (in Thai)
- [8] Francisco, D.A.S.S. and Carlos, A.V.D.A., 2016, Comparison of means of agricultural experimentation data through different tests using the software Assistat, *Afr. J. Agric. Res.* 11: 3527-3531.
- [9] Armando, C., Décio, B. and Clarice, G.B.D., 2008, Modifications for the Tukey test procedure and evaluation of the power and efficiency of multiple comparison procedures, *Sci. Agric.* 65: 428-432.
- [10] Khumsaard, N., 2009, Power of Test on Multiple Comparison, Master Thesis, Srinakharinwirot University, Bangkok. (in Thai)
- [11] Anthony, J. H., 2012, The maximum familywise error rate of Fisher's least significant difference test, *J. Am. Stat. Assoc.* 396: 1000-1004.
- [12] David, J. S., 2012, Multiple comparison procedures- cutting the Gordian knot, *Agron. J.* 107: 730-735.
- [13] Douglas, C.E., Multiple Comparisons: Philosophies and Illustrations, Available Source: www.physiology.org/journal/ajpregu, April 19, 2019.
- [14] Ongchirawod, V., 1979, The Comparison of Various Methods for Testing the Difference between Population Means by Considering Three Type of Error, Master Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)
- [15] Carmer, S.G. and Walker, W. M., 1985, Pairwise multiple comparisons of treatment means in agronomic research, *J. Agron. Educ.* 14: 19-26.
- [16] Bradley, J. V., 1978, Robustness, *Br. J. Math. Stat. Psychol.* 31: 144-152.