

การเปรียบเทียบอัตราความผิดพลาดต่อวงศ์การทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ สำหรับแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่มภายใต้การแจกแจงเบ้ซ้าย

Comparison of Familywise Error Rate of Multiple Comparison Methods for a Randomized Complete Block Design under Negative Skewed Distribution

อรวรรณ เทพสาตรา ปัทราภรณ์ กิจผลเจริญ และ บำรุงศักดิ์ เผื่อนอารีย์*

Orrawan Thepsastra Pattaraporn Kidpholjaroen and Bumrungsak Phuenaree *

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Department of Mathematics, Faculty of Science, Burapha University

*Corresponding author; E-mail: bumrungsak@buu.ac.th

Received: 20 July 2021/Revised: 22 September 2021/Accepted: 15 November 2021

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศ์การทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่มจำนวน 5 วิธี ได้แก่ การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุด (Fisher's Least Significant Difference) การทดสอบพิสัยพหุคูณของดันแคน (Duncan's Multiple Range Test) การทดสอบของนิวแมน-คูลส์ (Newman-Keuls test) การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูเคย์ (Tukey's honesty significant difference test) และการทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's test) โดยศึกษาภายใต้ข้อมูลที่มีการแจกแจงเบ้ซ้าย โดยมีจำนวนทรีตเมนต์และจำนวนบล็อกที่ศึกษาเท่ากับ 3, 4 และ 5 ทำการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โลจำนวน 10,000 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่า การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูเคย์ และการทดสอบของนิวแมน-คูลส์ สามารถควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศ์การทดสอบได้ในทุกกรณีที่ทำการศึกษาสำหรับการทดสอบพิสัยพหุคูณของดันแคน การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุด และการทดสอบของเชฟเฟเป็นการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศ์การทดสอบได้ โดยการทดสอบพิสัยพหุคูณของดันแคนมีลักษณะเชิงก้าวหน้ามากที่สุดและการทดสอบของเชฟเฟมีลักษณะเชิงอนุรักษ์มากที่สุด

คำสำคัญ: แผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม การเปรียบเทียบพหุคูณ อัตราความผิดพลาดต่อวงศ์การทดสอบ
การแจกแจงเบ้ซ้าย

Abstract

The purpose of this research is to study the efficiency of five multiple comparison tests; Fisher's Least Significant Difference, Duncan's Multiple Range Test, Newman-Keuls test, Tukey's honestly significant difference test and Scheffe's test. The population distribution of this study is a negatively skewed distribution. The numbers of treatments and blocks are 3, 4 and 5. Monte Carlo simulation is performed with repeated 10,000 times. The results demonstrate that the Tukey's honestly shows significant difference test and Newman-Keuls test can control the familywise error rate (FWER) for all cases, whereas Duncan's Multiple Range Test, Fisher's Least Significant Difference and Scheffe's test fail to control FWER. Duncan's Multiple Range test is the most liberal test while Scheffe's test is the most conservative test.

Keywords: Randomized Completely Block Design, Multiple Comparison, Familywise error rate, Negative skew distribution

บทนำ

แผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม (Randomized complete blocks design, RCBD) เป็นแผนการทดลองเพื่อใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีตเมนต์ (Treatment) เมื่อหน่วยทดลองไม่มีความสม่ำเสมอ โดยจะจัดหน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เรียกว่าบล็อก (block) ซึ่งในการวิเคราะห์ทางสถิติจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป โดยมีข้อสมมุติเบื้องต้นคือ ข้อมูลมีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากันในทุกทรีตเมนต์ และเท่ากันในทุกบล็อก รวมถึงไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทดลองและปัจจัยรบกวน

โดยสถิติทดสอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนคือ สถิติทดสอบเอฟ

ในบางกรณีข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ไม่มีการแจกแจงปกติ ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้น เช่น ข้อมูลระดับสมรรถนะทางอารมณ์เชิงสังคมของนักศึกษาครู พบว่า มีการแจกแจงในลักษณะเบ้ซ้าย (ค่าความเบ้เท่ากับ -0.66) ¹ และมีบางงานวิจัยพบว่าการใช้สถิติทดสอบเอฟกับข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงปกติไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 ² และยังพบว่าสถิติทดสอบเอฟยังคงมีประสิทธิภาพอยู่สำหรับกรณีที่ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่หรือมีขนาดเท่ากัน ³

หากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าการปฏิเสธสมมุติฐานหลัก นั่นคือ มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยบางกลุ่มจึงจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) เพื่อหาว่ามีค่าเฉลี่ย



ของประชากรคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน และถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น วิธีการทดสอบเหล่านี้จะยังคงมีประสิทธิภาพอยู่หรือไม่ ซึ่งในปัจจุบันการเปรียบเทียบพหุคูณที่นิยมใช้มีด้วยกันหลายวิธี เช่น การทดสอบพิสัยพหุคูณของดันแคน (Duncan's multiple range test) การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูเคย์ (Tukey's honesty significant difference test : HSD) การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุด (Fisher's least significant difference : LSD) การทดสอบของนิวแมน-คูลส์ (Newman-Keuls test) และการทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's test) ⁴ อย่างไรก็ตามวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่มีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบเป็นอันดับแรก หากวิธีการทดสอบมีความสามารถควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบได้ จะถือว่าวิธีการทดสอบดังกล่าวมีความแกร่งและสามารถนำไปใช้ทดสอบเปรียบเทียบพหุคูณได้ดีสำหรับข้อมูลที่ไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการทดสอบของนิวแมน-คูลส์มีประสิทธิภาพเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แต่การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุดมีประสิทธิภาพเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแกมมา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงเลขชี้กำลัง ⁵

สำหรับการทดสอบพิสัยพหุคูณของดันแคน การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูเคย์ และการทดสอบของเชฟเฟ นั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากงานเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องแล้วพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดนำการทดสอบต่าง ๆ เหล่านี้มาเปรียบเทียบกันกับวิธีการอื่น ๆ รวมไปถึงกรณีที่มีข้อมูล

มีการแจกแจงเบ้ซ้าย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความสามารถควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบของวิธีการทดสอบนัยสำคัญตรงของทูเคย์ การทดสอบของนิวแมน-คูลส์ การทดสอบของเชฟเฟ การทดสอบพิสัยพหุคูณของดันแคน และการทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุด สำหรับแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงเบ้ซ้าย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณสำหรับแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม ได้แก่ การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุด การทดสอบพิสัยพหุคูณของดันแคน การทดสอบของนิวแมน-คูลส์ การทดสอบนัยสำคัญตรงของทู และ การทดสอบของเชฟเฟ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ได้แก่ การแจกแจงปกติแบบเบ้ และการแจกแจงที่แบบเบ้ โดยมีสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ -0.5 และ -0.9 จำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล จำนวน 10,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม R 4.0.3 กำหนดจำนวน ทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกที่ศึกษาเท่ากับ 3, 4 และ 5 ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร (μ) เท่ากับ 10 ซึ่งมีรายละเอียดของวิธีการทดสอบที่ศึกษาและวิธีการกำหนดอิทธิพลของบล็อกดังต่อไปนี้

1. ตัวแบบเชิงสถิติและการกำหนดอิทธิพลของบล็อก

ตัวแบบเชิงสถิติสำหรับค่าสังเกตที่ได้จากการทดลองที่ใช้แผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}; \quad i = 1, 2, \dots, t$$

$$; \quad j = 1, 2, \dots, b$$

โดยที่

y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองในบล็อกที่ j ที่ได้รับทรีตเมนต์ที่ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

τ_i คือ อิทธิพลของทรีตเมนต์ที่ i

β_j คือ อิทธิพลของบล็อกที่ j

t คือ จำนวนทรีตเมนต์

b คือ จำนวนบล็อก

ε_{ij} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองที่เกิดขึ้นโดยสุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 และ 3

ในกรณีนี้จะพิจารณาเฉพาะกรณีที่ปัจจัยสนใจศึกษาและปัจจัยรบกวนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลตรึง (Fixed effect) โดยการพิจารณา $\sum_{i=1}^b \beta_j = 0$ ซึ่งกำหนดระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของบล็อกโดยกำหนดให้

$$\Phi_\beta = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^b \beta_j^2}}{\sigma}$$

เมื่อ Φ_β คือค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของอิทธิพลของบล็อก และสามารถกำหนดค่าอิทธิพลของบล็อกได้ดังตารางที่ 1

Table 1. Effect of blocks

σ	Φ	Block	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
1	14	3	-9.8995	0.0000	9.8995	-	-
	14	4	-14.8492	0.0000	14.8492	-	-
	14	5	-9.3915	-3.1305	3.1305	9.3915	-
3	7	3	-14.0872	-4.6957	4.6957	14.0872	-
	7	4	-8.8544	-4.4272	0.0000	4.4272	8.8544
	7	5	-13.2816	-6.6408	0.0000	6.6408	13.2816

2. วิธีการทดสอบที่ศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กำหนดให้

α คือ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

t คือ จำนวนทรีตเมนต์

b คือ จำนวนบล็อก

MSE คือ ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

(Mean square error)

2.1 การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุด (Fisher's least significant difference : LSD) ⁶

สถิติทดสอบคือ

$$LSD = t_{\frac{\alpha}{2}, (t-1)(b-1)} \sqrt{\frac{2MSE}{b}}$$

โดย $t_{\frac{\alpha}{2}, (t-1)(b-1)}$ หาได้จากตารางการแจกแจง

ที่

2.1 การทดสอบพิสัยพหุคูณของดันแคน (Duncan's multiple range test : DUN) ⁶

สถิติทดสอบคือ

$$R_p = r_{\alpha(p, (t-1)(b-1))} \sqrt{\frac{MSE}{b}}$$

โดยค่า $r_{\alpha(p, (t-1)(b-1))}$ หาได้จากตารางค่าวิกฤตของการทดสอบพิสัยพหุคูณของดันแคน และ p คือ จำนวนค่าเฉลี่ยทรีตเมนต์ในช่วงของการเปรียบเทียบ

2.2 การทดสอบของนิวแมน-คูลส์ (Newman-Keuls test : NMK) ⁶

สถิติทดสอบคือ

$$NMK = q_{\alpha(p, (t-1)(b-1))} \sqrt{\frac{MSE}{b}}$$

โดยค่า $q_{\alpha(p, (t-1)(b-1))}$ หาได้จากตารางค่าวิกฤตของการทดสอบของนิวแมน-คูลส์ และ p คือ จำนวนค่าเฉลี่ยทรีตเมนต์ในช่วงของการเปรียบเทียบ

2.3 การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูคีย์ (Tukey's honesty significant difference test : HSD) ⁷

สถิติทดสอบคือ

$$TK = q_{\alpha(t, (t-1)(b-1))} \sqrt{\frac{MSE}{b}}$$

โดยค่า $q_{\alpha(t, (t-1)(b-1))}$ หาได้จากตารางค่าวิกฤตของการทดสอบนัยสำคัญตรงของทูคีย์

2.4 การทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's test : SCH) ⁷

สถิติทดสอบคือ

$$S = \sqrt{(t-1)F_{(\alpha, t-1, (t-1)(b-1))}} \sqrt{\frac{2MSE}{b}}$$

โดยค่า $F_{(\alpha, t-1, (t-1)(b-1))}$ หาได้จากตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงเอฟ

3. อัตราความผิดพลาดต่อวงศ์การทดสอบ (Family wise error rate : FWER)

อัตราความผิดพลาดต่อวงศ์การทดสอบ คือ ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมุติฐานว่างอย่างน้อยหนึ่งคู่ เมื่อสมมุติฐานว่างทุกคู่ในชุดการทดสอบเป็นจริง มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$FWER = \frac{I}{m}$$

เมื่อ I คือจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมุติฐานว่างอย่างน้อยหนึ่งคู่ในชุดการทดสอบ และ m คือจำนวนครั้งที่ทำการทดสอบ

เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบคือ เกณฑ์ของแบรดลีย์ (The criteria of Bradley) $[0.5\alpha, 1.5\alpha]$ โดยงานวิจัยนี้กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ดังนั้นจะได้เกณฑ์ของแบรดลีย์คือ $[0.025, 0.075]$ ⁷

ผลการวิจัย

พิจารณาค่าประมาณอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 5 วิธี จาก Figure 1-6 ของวิธีเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบเบ้ และการแจกแจงที่แบบเบ้ ที่มีสัมประสิทธิ์ความเบ้ (γ) เท่ากับ -0.5 และ -0.9

พบว่า การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูคีย์และการทดสอบของนิวแมน-คูลส์ มีค่าประมาณอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบตกอยู่ในเกณฑ์ของแบรดลีย์ในทุกสถานการณ์ สำหรับการทดสอบพหุคูณของดันแคน การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุดมีค่าประมาณอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบสูงกว่าเกณฑ์ของแบรดลีย์ และการทดสอบของเซฟเฟมีค่าประมาณอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบต่ำกว่าเกณฑ์ของแบรดลีย์ ในทุกสถานการณ์ที่ศึกษา

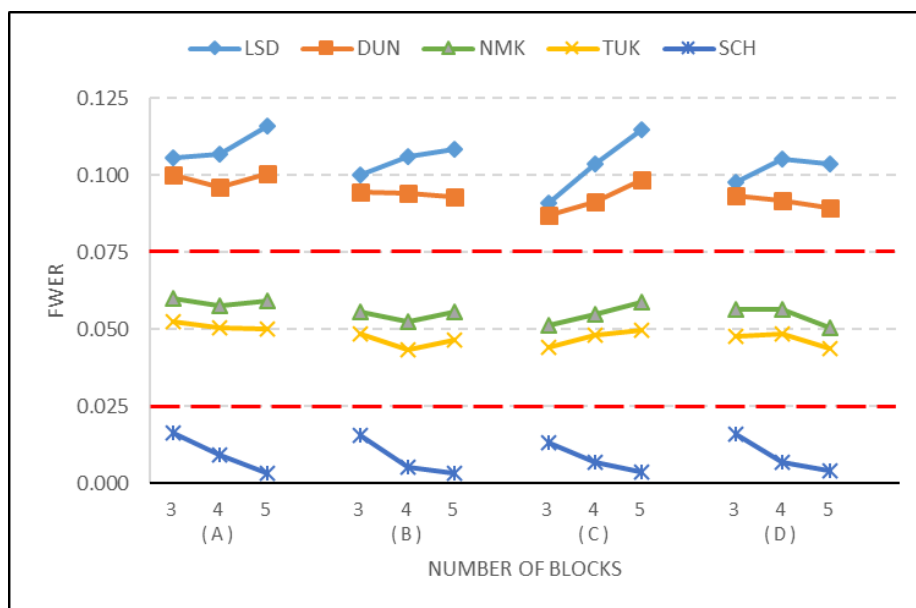


Figure 1. Familywise error rate for 3 groups under skewed normal distribution;

(A) $\gamma = -0.5, \sigma = 1$, (B) $\gamma = -0.5, \sigma = 3$, (C) $\gamma = -0.9, \sigma = 1$, (D) $\gamma = -0.9, \sigma = 3$

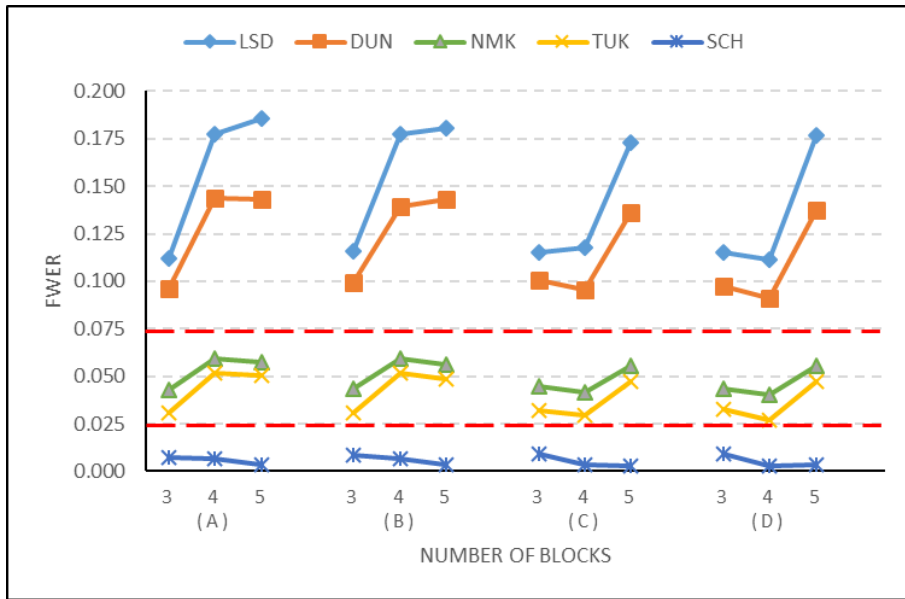


Figure 2. Familywise error rate for 4 groups under skewed normal distribution;
(A) $\gamma = -0.5, \sigma = 1$, (B) $\gamma = -0.5, \sigma = 3$, (C) $\gamma = -0.9, \sigma = 1$, (D) $\gamma = -0.9, \sigma = 3$

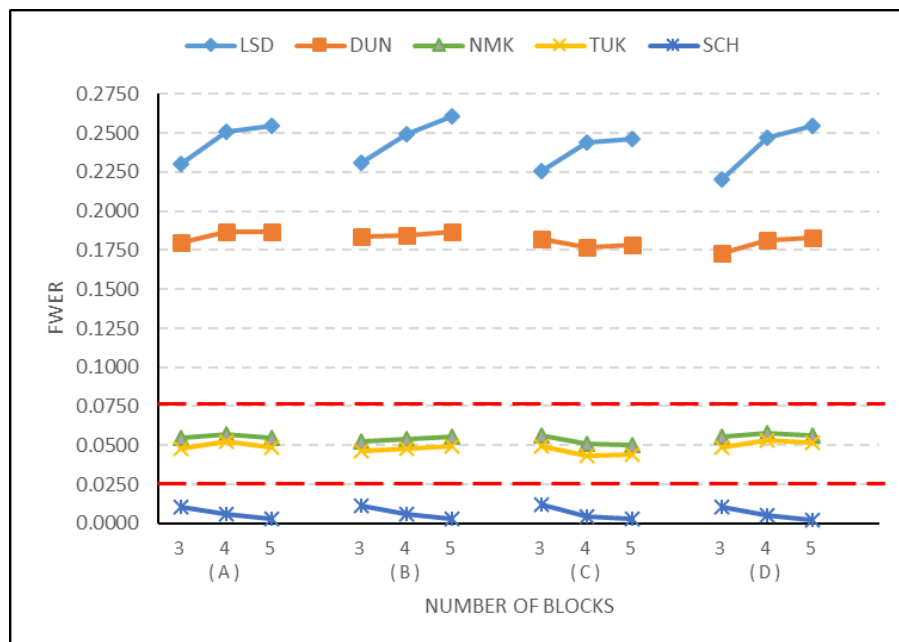


Figure 3. Familywise error rate for 5 groups under skewed normal distribution;
(A) $\gamma = -0.5, \sigma = 1$, (B) $\gamma = -0.5, \sigma = 3$, (C) $\gamma = -0.9, \sigma = 1$, (D) $\gamma = -0.9, \sigma = 3$

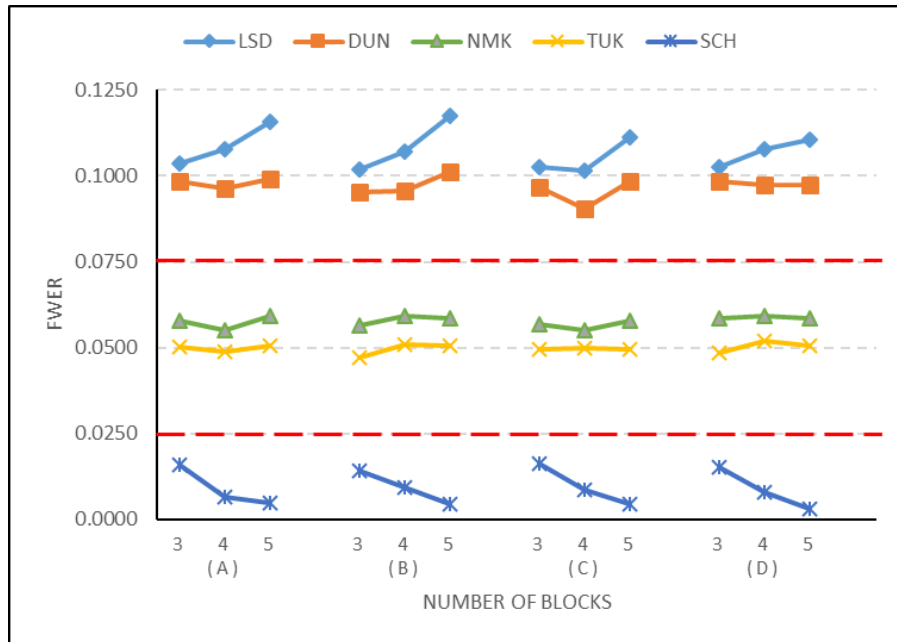


Figure 4. Familywise error rate for 3 groups under skewed t distribution;
(A) $\gamma = -0.5, \sigma = 1$, (B) $\gamma = -0.5, \sigma = 3$, (C) $\gamma = -0.9, \sigma = 1$, (D) $\gamma = -0.9, \sigma = 3$

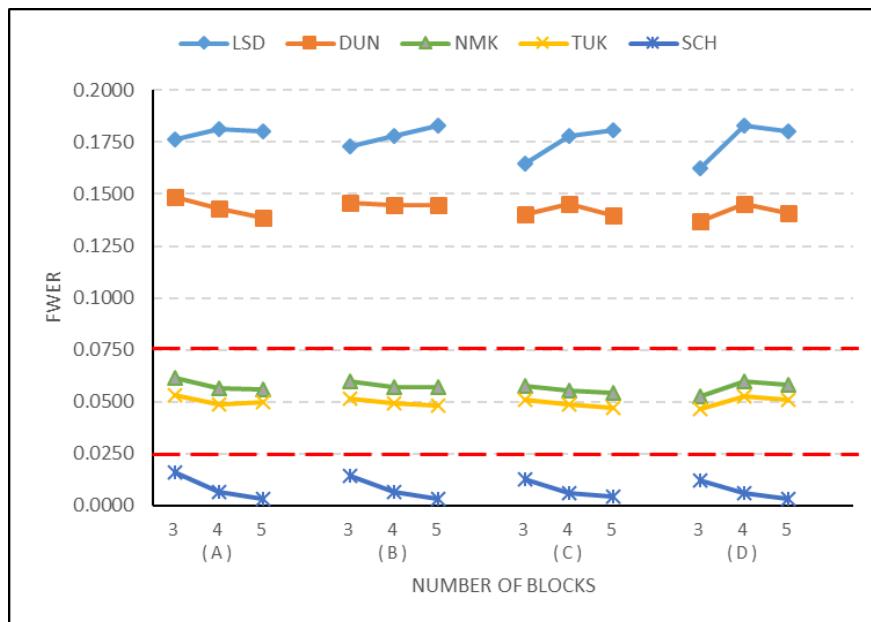


Figure 5. Familywise error rate for 4 groups under skewed t distribution;
(A) $\gamma = -0.5, \sigma = 1$, (B) $\gamma = -0.5, \sigma = 3$, (C) $\gamma = -0.9, \sigma = 1$, (D) $\gamma = -0.9, \sigma = 3$

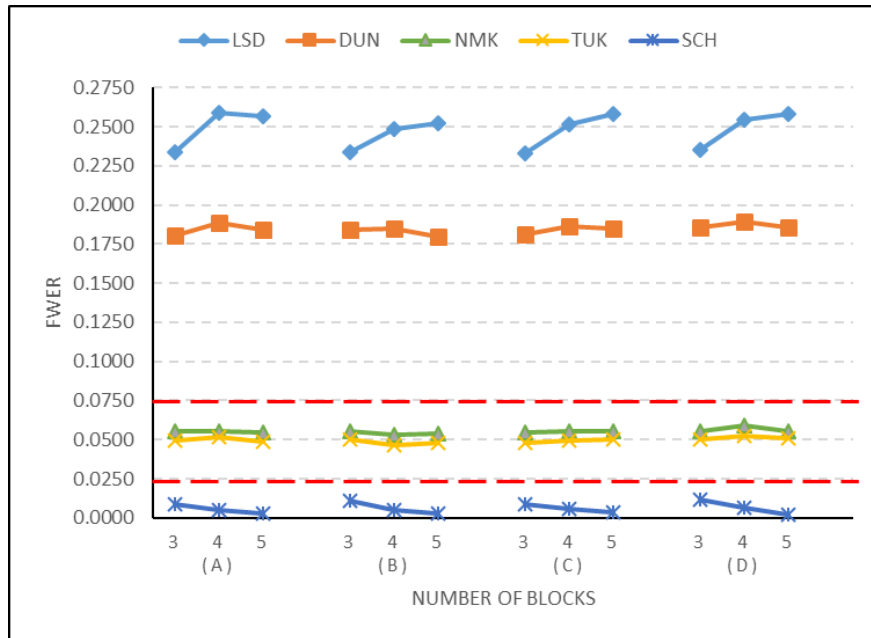


Figure 6. Familywise error rate for 5 groups under skewed t distribution;

(A) $\gamma = -0.5, \sigma = 1$, (B) $\gamma = -0.5, \sigma = 3$, (C) $\gamma = -0.9, \sigma = 1$, (D) $\gamma = -0.9, \sigma = 3$

อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการวิจัยโดยการศึกษาความสามารถในการควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณสำหรับแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่มพบว่า การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูคีย์และการทดสอบของนิวแมน-คูลส์สามารถควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบได้ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงเบ้ซ้าย โดยไม่ขึ้นกับสัมประสิทธิ์ความเบ้

เมื่อพิจารณาอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบของการทดสอบ 4 วิธีได้แก่ การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูคีย์ การทดสอบของนิวแมน-คูลส์ การทดสอบพิสัยพหุคูณของดินแคน และการทดสอบของเซฟเฟ มีค่าเรียงลำดับจากน้อยไปหามากคือ

การทดสอบของเซฟเฟ การทดสอบนัยสำคัญตรงของทูคีย์ การทดสอบของนิวแมน-คูลส์ และการทดสอบพิสัยพหุคูณของดินแคน ตามลำดับสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญชม (อ้างถึงใน บุญยง และสุชาติ⁷) ดังนั้น หากมีการปฏิเสธสมมุติฐานหลักจากการทดสอบเซฟเฟแล้ว การใช้วิธีเปรียบเทียบพหุคูณด้วยการทดสอบของเซฟเฟอาจไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่หากใช้วิธีอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น อาจทำให้มีโอกาสพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในบางคู่มากกว่า

สำหรับการทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุดเป็นการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบได้ และยังมีค่าประมาณอัตราความผิดพลาดต่อวงศการ

ทดสอบสูงที่สุด กล่าวคือแม้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายวิธีดังกล่าวก็ยังคงมีความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่างสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดเสมอหรือที่เรียกว่ามีลักษณะเชิงก้าวหน้า (Liberal test) เช่นเดิม นอกจากนี้วิธีการทดสอบของเซฟเฟ้นั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบได้เช่นกัน โดยมีค่าประมาณอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบต่ำที่สุด ดังนั้นสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย วิธีการทดสอบของเซฟเฟ้นี้ก็ยังคงมีความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่างต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดเสมอ หรือที่เรียกว่ามีลักษณะเชิงอนุรักษ (Conservative test) สอดคล้องกับบทความของสุพัฒน์⁴ ที่กล่าวว่า การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญน้อยสุดมีลักษณะเชิงก้าวหน้ามากที่สุด และวิธีการทดสอบของเซฟเฟ้นี้มีลักษณะเชิงอนุรักษมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาในข้างต้นที่กล่าวมาสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย วิธีการทดสอบนัยสำคัญตรงของทูคีย์ และการทดสอบของนิวแมน-คูลส์ สามารถควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อวงศการทดสอบได้ทุกกรณีการศึกษา โดยไม่ขึ้นกับสมบัติความเบ้ ซึ่งวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณสำหรับแผนแบบบล็อกสมบูรณเชิงสุ่มดังกล่าว ยังคงให้ผลสรุปเหมือนกับการศึกษากรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงในลักษณะอื่น ๆ ที่ผ่านมา

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมอัตราความผิดพลาดต่อ

วงศการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณสำหรับแผนแบบบล็อกสมบูรณเชิงสุ่มเพียงเกณฑ์เดียว อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาการกำลังการทดสอบเพิ่มเติมสำหรับกรณีที่วิธีการทดสอบสามารถควบคุมอัตราการผลิตต่อวงศการทดสอบได้เพื่อที่จะสามารถสรุปประสิทธิภาพของวิธีการทดสอบได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่สนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. น้ำฝน นาสวาสดี, สุวิมล ร่องวาณิช, กนิษฐ์ ศรีเคลือบ. การวิเคราะห์สมรรถนะทางอารมณ์เชิงสังคมของนักศึกษาครู. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา 2560;12:202-14.
2. Lisa ML, Keselman HJ. To Trim or Not to Trim: Tests of Location Equality Under Heteroscedasticity and Nonnormality. Educational and Psychological Measurement 1998;58:409-29.
3. Blanca MJ, Alarcon R, Arnau J, Bono R, Bendayan R. Non-normal data: Is ANOVA still a valid option?. Psicothema 2017;29:552-7.
4. สุพัฒน์ สุกมลสันต์. การเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบรวมเพื่อการวิจัย. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 2560;9:51-70.



5. ธนพงศ์ ก้องนภาสันติกุล, รัชชัย แดงทอง, ธารทิพย์ โนภาศ, นัฐกานต์ ปัตติสัย, สายชล สิ้นสมบุญทอง. การเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างการทดสอบอิงพารามิเตอร์และไม่อิงพารามิเตอร์ของแผนแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2561;26:377-92.
6. นิภาพร ขำสะอาด. อำนาจการทดสอบของการใช้สถิติการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย [วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2552.
7. ปุณยนุช พินชู, สุชาดา บวรกิตติวงศ์. การเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์. วารสารวิธีวิทยาการวิจัย. 2550;20:331-51.