

การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไข
เกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์



นางสาวชัชฌิมาวัชร บัญญา

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARISONS OF TYPE I ERROR RATES AND POWER OF THE TEST IN MULTIPLE COMPARISON
PROCEDURES AT EQUAL VARIANCES NOT ASSUMED FOR COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN



Miss Zithimawor Bunma

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Educational Statistics

Department of Educational Research and Psychology

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบ
ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่า
ความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

โดย

นางสาวชัชริมา โวรวุฒิมานะ


สาขาวิชา

สถิติการศึกษา


อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิตติวงศ์

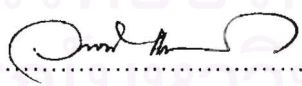
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท


..... คณะบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พศุทธิ์ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพันธุ์ สุวรรณมรรคา)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิตติวงศ์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วรรณิ แกมเกต)

จิรมาวีร์ บุญมา : การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์. (COMPARISONS OF TYPE I ERROR RATES AND POWER OF THE TEST IN MULTIPLE COMPARISON PROCEDURES AT EQUAL VARIANCES NOT ASSUMED FOR COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุชาดา บวรกิตติวงศ์, 203 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ที่ $\alpha = 0.05$ ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันตั้งแต่ 3 ถึง 8 กลุ่ม แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ข้อมูลในการวิจัยได้จากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน โดยทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ในแต่ละขนาดการทดลองด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. การควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อ $k = 3$ ทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี เมื่อ k เพิ่มขึ้น $k = 4$ ทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อ $k = 5$ มี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett' s C เพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก และตั้งแต่ $k = 6$ ถึง $k = 8$ ทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกกรณี สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อ $k = 3$ ทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี เมื่อ k เพิ่มขึ้น $k = 4$ ทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเช่นเดียวกัน และตั้งแต่ $k = 5$ ถึง $k = 8$ ทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกกรณี

2. ทุกวิธีการทดสอบที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบ จะมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ทุกวิธีการทดสอบ และพบว่า กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน เมื่อ $k = 3$ วิธี Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกกรณี เมื่อ k เพิ่มขึ้น ทั้ง 4 วิธี ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ทุกกรณี

ภาควิชา.....วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา.....
สาขาวิชา.....สถิติการศึกษา.....
ปีการศึกษา.....2549.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4883671627 : MAJOR EDUCATIONAL STATISTICS

KEY WORD : COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN / MULTIPLE COMPARISON PROCEDURES AT EQUAL VARIANCES NOT ASSUMED / MONTE CARLO SIMULATION / TYPE I ERROR RATES / POWER OF THE TEST

ZITHIMAWOR BUNMA : COMPARISONS OF TYPE I ERROR RATES AND POWER OF THE TEST IN MULTIPLE COMPARISON PROCEDURES AT EQUAL VARIANCES NOT ASSUMED FOR COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SUCHADA BOWARNKITIWONG, Ph.D., 203 pp.

The purposes of this research were to compare type I error rates and power of the test in completely randomized design for 4 statistics in multiple comparison procedures at equal variances not assumed, namely, Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell, and Dunnett' s C when each population had equal variances not assumed and normally distributed using $\alpha = 0.05$. Sample sizes of concern were to be equal and unequal. Each category, data were simulated for 3 to 8 groups with small, medium, and large sample sizes. For each statistic under experimental situation, the Monte Carlo experiment was repeated 10,000 times by MATLAB 7.0.

The findings were summarized as follows:

1. When the sample sizes were equal, 3 groups, 4 methods, Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell, and Dunnett' s C can control the type I error rates in every cases. When k increased, 4 groups, 4 methods can control the type I error rates in the only small sample size case. When 5 groups, 1 method, Dunnett' s C, can control the type I error rates in the only small sample size case. For 6 to 8 groups, 4 methods cannot control the type I error rates and the type I error rates were higher than criterion in every cases. For unequal sample size cases, 3 groups, 4 methods can control the type I error rates in every cases and k increased, 4 groups, 4 methods can control the type I error rates in the only small sample size case. For 5 to 8 groups, 4 methods cannot control the type I error rates and the type I error rates were higher than criterion in every cases.

2. In every procedures, power of the test would be increased according to the sizes of sample by increasing treatment effects B power of the test higher than treatment effects A in every cases. For 3 groups, Games-Howell method gave the highest power of the test in every cases. When k increased, 4 methods, the type I error rates were higher than criterion in every cases.

Department.....Educational Research and Psychology.....

Field of study.....Educational Statistics.....

Academic year...2006.....

Student's signature.....*Zithimawor Bunma.*.....

Advisor's signature.....*Suchada*.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถเสร็จสมบูรณ์เป็นรูปเล่มและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเมตตา
กรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิตติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา
คำแนะนำและแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด
ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความเมตตากรุณาของท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ อันเป็นประโยชน์กับ
ผู้วิจัยเป็นอย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความเมตตา
กรุณาของท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณมูลนิธิธินิธิคิดเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ทุน
สนับสนุนการศึกษาและทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่
ท่านได้ให้การสนับสนุนทุนดังกล่าวไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ กำจร มณีแก้ว โปรแกรมคณิตศาสตร์และสถิติ
ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา และ
ขอขอบคุณ นางสาวปณิษ พินชู นักวิจัย โรงพยาบาลศิริราช ที่ให้คำปรึกษาและตรวจสอบการ
เขียนคำสั่งการวิเคราะห์ข้อมูลในโปรแกรม MATLAB 7.0 ให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยไป
ด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
คุณพ่อธรรมนุญ บุญมา คุณแม่สุจิตร์ ศรีสุขใส ครอบครัวพีเนญชลา บุญมา นื่องธนุรักษ์ บุญมา
นื่องจุฑาญะ บุญมา หลานทั้ง 3 คน และเพื่อน ๆ คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เป็น
กำลังใจสำคัญและส่งเสริมสนับสนุนด้านการเรียนของผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	11
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	11
ขอบเขตของการวิจัย.....	12
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	16
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	19
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
ตอนที่ 1 แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์.....	21
ตอนที่ 2 การจำลองข้อมูลให้มีรูปแบบการแจกแจงตามที่กำหนด.....	24
ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณ และสถิติที่ใช้ ในการทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากัน ของค่าความแปรปรวน.....	27
ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยใช้ความน่าจะเป็นของความ ผิดพลาดแบบที่ 1	52
ตอนที่ 5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	53
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	64
แผนการดำเนินงาน.....	64
ขั้นตอนในการวิจัย.....	85

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	88
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน.....	89
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน.....	118
5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	143
สรุปผลการวิจัย.....	143
อภิปรายผลการวิจัย.....	152
ข้อเสนอแนะ.....	156
รายการอ้างอิง.....	161
ภาคผนวก.....	164
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน.....	165
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน.....	167
ภาคผนวก ค ตัวอย่างคำสั่ง: การวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน.....	176
ภาคผนวก ง ตัวอย่างคำสั่ง: การวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05.....	181
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์: ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน.....	192
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์: อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05.....	199
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	203

สารบัญญัตินำ

ณ

ตาราง		หน้า
1.1	อัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง.....	12
2.1	ลักษณะข้อมูลของการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่มีจำนวนทริทเมนต์เท่ากับ k	23
2.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว.....	24
2.3	การเปรียบเทียบอิสระสำหรับ 4 กลุ่มทดสอบทุกการเปรียบเทียบ.....	31
3.1	อัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง.....	65
3.2	ขนาดการเพิ่มอิทธิพลทริทเมนต์.....	71
3.3	โปรแกรมย่อยในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่.....	73
3.4	โปรแกรมย่อยในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่.....	75
3.5	โปรแกรมย่อยในการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทริทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่	77
3.6	โปรแกรมย่อยในการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทริทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่.....	79
3.7	โปรแกรมย่อยในการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทริทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่	81
3.8	โปรแกรมย่อยในการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทริทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่.....	83
3.9	อัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง.....	85
4.1	เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม.....	90
4.2	เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม.....	92
4.3	เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม.....	94
4.4	เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม.....	96

ตาราง	หน้า	
4.19	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B.....	127
4.20	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม.....	129
4.21	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม.....	132
4.22	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A.....	135
4.23	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B.....	136
5.1	ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน.....	144
5.2	ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน.....	146
5.3	การจัดอันดับการพิจารณาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน.....	148
5.4	การจัดอันดับการพิจารณาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน.....	150
5.5	การเลือกใช้สถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์.....	157

สารบัญญภาพ

ฎ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงแบบปกติที่พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma^2 = 1$	14
2.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	63
3.1 แผนการดำเนินงาน.....	66
3.2 แบบการทดลองกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน.....	68
3.3 แบบการทดลองกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน.....	70
3.4 แผนผังการคำนวณอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบ.....	87
4.1 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม.....	91
4.2 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม.....	93
4.3 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม.....	95
4.4 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม.....	97
4.5 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม.....	99
4.6 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม.....	101
4.7 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม.....	105
4.8 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม.....	107
4.9 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม.....	109
4.10 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม.....	111
4.11 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม.....	113

ภาพประกอบ	หน้า
4.12 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม.....	115
4.13 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม.....	119
4.13 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม.....	119
4.14 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม.....	121
4.14 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม.....	122
4.15 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม.....	124
4.15 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม.....	124
4.16 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม.....	130
4.16 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม.....	130
4.17 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม.....	133
4.17 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม.....	133

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการทดสอบสมมติฐานสำหรับงานวิจัยนั้น นอกจากผู้วิจัยจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะศึกษาเป็นอย่างดีเพื่อกำหนดแบบแผนการทดลองที่เหมาะสมแล้ว ผู้วิจัยจะต้องเลือกสถิติทดสอบที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลด้วย ซึ่งแต่ละสถิติต่างก็มีข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions) เกี่ยวกับลักษณะของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้สถิติที่มีข้อตกลงเบื้องต้นสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูล จะมีผลทำให้การสรุปผลของการวิจัยมีความถูกต้องและเชื่อถือได้มากขึ้น การทดสอบสมมติฐานทางสถิติเป็นวิธีการหนึ่งที่จะตอบปัญหาเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของประชากร ไม่ว่าจะพารามิเตอร์ที่สนใจจะเป็นค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน หรือค่าสัดส่วนของสิ่งที่สนใจในประชากรใดก็ตามต่างก็มีวิธีการทดสอบเพื่อตอบข้อสงสัยของผู้วิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ทั้งการวิจัยเชิงทดลองและการวิจัยเชิงสำรวจมักจะทำการศึกษาความมีนัยสำคัญในค่าเฉลี่ยของประชากรหรือหาข้อสรุปว่าการจัดกระทำ (Treatment) ที่ให้ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีการจัดกระทำใดบ้างที่ให้ผลแตกต่างกัน ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีมากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อทำการทดสอบดังกล่าว และถ้าทำการทดสอบแล้วปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรทุกกลุ่มเท่ากันหรือ $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ แสดงว่า ค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งกลุ่มจะแตกต่างจากกลุ่มอื่น ซึ่งผู้วิจัยยังสรุปรายละเอียดไม่ได้ว่า ผลจากการจัดกระทำใดหรือค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มใดบ้างที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยต้องทำการทดสอบเพื่อตัดสินใจต่อไปว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มใดไม่เท่ากันบ้าง โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณ การเปรียบเทียบดังกล่าวนี้ Toothaker (1993) กล่าวว่า เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย k จำนวน ในรูปของผลรวมเชิงเส้นของค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า ของค่าเฉลี่ย k จำนวน หรือเป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหนึ่งค่ากับค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยอื่นที่เหลือ

นักสถิติหลายท่านได้พัฒนาเทคนิคค้นหาวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณไว้หลากหลายวิธี ซึ่ง Kirk (1995) ได้รวบรวมไว้ในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มแรก เป็นกลุ่มวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของค่าสถิติที่ว่า ความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (Homogeneous Variances) วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในกลุ่มนี้มีหลายวิธี แบ่งได้เป็น การ

เปรียบเทียบแบบวางแผนล่วงหน้า (Planned Contrast) เช่น Dunnett' s test และ Holm' s test และการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) เช่น Tukey' s test, Fisher-Hayter test และ Scheffe' s test เป็นต้น ส่วนกลุ่มที่สอง คือ กลุ่มวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของค่าสถิติ คือ ความแปรปรวนต่างกัน (Heterogeneous Variances) วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในกลุ่มนี้มีหลายวิธี แบ่งได้เป็น การเปรียบเทียบแบบวางแผนล่วงหน้า (Planned Contrast) เช่น Dunnett' s test with modifications และ Holm' s test with Welch degrees of freedom และการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) เช่น Dunnett' s T3 test, Dunnett' s C test, Games-Howell test และ Brown-Forsythe test

Toothaker (1991) กล่าวว่า การทดสอบเอฟเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญในค่าเฉลี่ยของประชากร k กลุ่ม เมื่อการทดสอบเอฟมีนัยสำคัญ จึงใช้การเปรียบเทียบภายหลัง การละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นจะมีผลกระทบต่อวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยสถิติทดสอบเอฟ โดยเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็กแต่มีความแปรปรวนสูง และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่แต่มีความแปรปรวนต่ำ ค่าระดับนัยสำคัญเอฟจะผิดจากความเป็นจริง ทำให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของการเปรียบเทียบภายหลังควบคุมไม่ได้

ในการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CR-k) การทดสอบเอฟจะขึ้นอยู่กับโมเดล $X_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$ ซึ่งมีความหมายว่า X_{ij} คือ คะแนนของการสังเกตในการทดลอง จะเกิดจากค่าเฉลี่ยรวมของประชากร (μ) บวกกับผลจากการทดลอง (α_j) และความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง (ε_{ij}) ซึ่งเป็นอิสระ และข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบเอฟ คือ ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน และประชากรแต่ละกลุ่มมีความเป็นอิสระต่อกัน

Cochran และ Cox (1957) กล่าวว่า การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนจะมีผลต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบและความไวของการทดสอบ ดังการทดสอบที่ตั้งระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แต่ในความจริงอาจจะพบว่าอยู่นอกขอบเขตของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 การทดสอบที่มีความไวต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น เช่นนี้ย่อมทำให้อำนาจของการทดสอบลดลง และผลสรุปที่ได้ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนต่อความจริง การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นนี้ บุญธรรม กิจปริดาภิวัตน์ (2531) กล่าวว่า กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากันจะมีผลไม่มากนัก แต่กรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากันจะมีผลมาก ทำให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 นั้นเพื่อป้องกันความผิดพลาดจึงควรทำการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนก่อน

Boardman และ Moffitt (1971) ได้ทำการศึกษาวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณภายใต้ค่าความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดไม่แตกต่างกัน 5 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, HSD, Scheffe' s, Duncan และ S-N-K กลุ่มตัวอย่างมีการแจกแจงแบบปกติ ขนาด 5, 10 และ 15 ในระดับการทดลองตั้งแต่ 2-11 และ

ทำการทดลองด้วยเทคนิคอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อน 2 แบบ คือ อัตราความคลาดเคลื่อนต่อการเปรียบเทียบและอัตราความคลาดเคลื่อนต่อการทดลอง ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าอัตราความคลาดเคลื่อนของวิธี LSD และวิธี Duncan เพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย ส่วนวิธี Scheffe' s เป็นวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนคงที่มากที่สุด

Carmer และ Swanson (1973) ได้ทำการศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่มีเงื่อนไขความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดเท่ากับ 3 วิธี ได้แก่ วิธี Scheffe' s, Tukey' s และ S-N-K ด้วยแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 10 คู่ ซึ่งมีพารามิเตอร์ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5, 10 และ 20 และกำหนดระดับนัยสำคัญเฉพาะที่ $\alpha = 0.05$ ใช้เทคนิคอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลองซ้ำ 4,000 ครั้ง ผลการวิจัยแสดงอัตราความคลาดเคลื่อน 2 แบบ คือ อัตราความคลาดเคลื่อนต่อการเปรียบเทียบและอัตราความคลาดเคลื่อนต่อการทดลอง อัตราความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Scheffe' s มีค่าน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ วิธี Tukey' s และวิธี S-N-K ให้อัตราความคลาดเคลื่อนสูงกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ 0.05 แต่วิธี Tukey' s ยังให้อัตราความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าวิธีทดสอบของ S-N-K และวิธี Tukey' s ใช้ได้ผลดีแม้ว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

Keselman (1974) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่มีเงื่อนไขความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดเท่ากัน โดยเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติ Bonferroni และวิธีของ Scheffe' s เมื่อกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ และความแปรปรวนของประชากรเท่ากันทุกกลุ่ม โดยศึกษาเฉพาะการเปรียบเทียบรายคู่ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมี 4 กลุ่ม พบว่า สถิติ Bonferroni มีอำนาจการทดสอบสูงกว่า วิธีของ Scheffe' s

Tamhane (1974; อ้างถึงใน สมคิด ไวยวุฒินันท์, 2530) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 7 วิธี ได้แก่ วิธีของ Dalal, วิธีของ Spjøtvoll, วิธีของ Hochberg, วิธีของ Tamhane, วิธีของ Games และ Howell, วิธีของ Brown และ Forsythe และวิธีของ Spjøtvoll และ Stoline โดยศึกษาเฉพาะการเปรียบเทียบรายคู่ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก และความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกัน พบว่า วิธีเปรียบเทียบพหุคูณที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองได้ใกล้เคียงกับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ คือ วิธีของ Tamhane และวิธีของ Games และ Howell โดย Tamhane (1974) กล่าวว่า วิธีของ Tamhane นั้น อัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองไม่มากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

ทุกกรณีการทดลอง ในขณะที่วิธีของ Games และ Howell นั้น มีบางกรณีที่อัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองสูงกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุมากเกินไป

Games, Keselman และ Rogan (1981) ได้สรุปถึงความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณจากผลการวิจัยของ Ramseyer และ Tcheng (1973), Games และ Howell (1974 และ 1976), Games, Keselman, และ Rogan (1978 และ 1979), และ Tamhane (1979) โดยจำแนกวิธีเปรียบเทียบพหุคูณจากงานวิจัยเหล่านี้เป็น 2 แบบ คือ (1) แบบที่ใช้ MSW (mean square within groups) เป็นตัวประมาณค่าความแปรปรวนของการเปรียบเทียบ (contrast) มี 6 วิธี ได้แก่ วิธีของ Kramer และ Tukey (1956), วิธีของ Scheffe, วิธีของ Spjøtvoll และ Stoline (1973), วิธีของ Dunn-Bonferroni, วิธีของ Hochberg (1974) และวิธีของ Gabriel (1978) และ (2) แบบที่ใช้การประมาณค่าความแปรปรวนของการเปรียบเทียบด้วยวิธีของ Behrens-Fisher มี 5 วิธี ได้แก่ วิธีของ Ury และ Wiggins (1971), วิธีของ Brown และ Forsythe (1974), วิธีของ Games และ Howell (1976), วิธีของ Tamhane (1977) และวิธีของ Dunnett (1980b) ซึ่งผลสรุปความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 2 แบบนี้ Games, Keselman และ Rogan (1981) กล่าวว่า วิธีเปรียบเทียบพหุคูณแบบที่หนึ่ง แม้ว่าจะมีบางวิธีสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน แต่วิธีเปรียบเทียบพหุคูณเหล่านี้จะไม่แกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นด้านความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน สำหรับงานวิจัยที่ต้องใช้วิธีเปรียบเทียบพหุคูณเมื่อความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกัน ควรเลือกใช้วิธีเปรียบเทียบพหุคูณแบบที่สอง ซึ่งสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ดีกว่าการเปรียบเทียบพหุคูณแบบที่หนึ่ง

Ramsey (1980) กล่าวว่า จากการวิจัยและศึกษาของ Cochran (1947), Lindquist (1953), Boneau (1960) และ Bradley (1978) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อตรวจสอบความแกร่ง (Robust) ของการทดสอบทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการทดสอบเอฟ ภายใต้สภาวะการกระจายการกระจายไม่เป็นปกติ (Nonnormality) และความไม่เท่ากันของความแปรปรวนของประชากร (Heterogeneity of Variance) การวิจัยดังกล่าวได้สรุปผลที่สอดคล้องกัน คือ การทดสอบเอฟมีลักษณะแกร่ง แม้ว่าการกระจายและความแปรปรวนของประชากรจะไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบเอฟ

สุญานี จิตตะยโสธร (2524) ได้ทำการศึกษาวิธีมอนด์คาร์โล: การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากข้อมูลที่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี ได้แก่ วิธี Tukey's HSD Test, Dunn's Multiple Comparisons, Scheffe's S* Method, Dunnett's Test และ Newman Keuls Test ภายใต้การแจกแจงของประชากรแบบปกติ (Normal Distribution) การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) และการแจกแจงแบบเลปโตเคอร์ติคส์ (Leptokurtic

Distribution) ศึกษาเฉพาะการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ (Pairwise) เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละครั้งของการทดลองเท่ากัน โดยกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 และ 4 กลุ่ม ขนาดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม คือ 5, 10 และ 15 กำหนดอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเท่ากันเป็น 1:1:1 เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม และ 1:1:1:1 เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม และกำหนดอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากันเป็น 0.9:1:1.1 และ 0.8:1:1.2 เฉพาะกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม เมื่อ α เป็น 0.05 และ 0.01 โดยใช้เทคนิคอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลอง 1,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า วิธี Tukey' s HSD Test สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 142 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 86 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) วิธี Dunn' s Multiple Comparison สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 186 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 42 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) เมื่อระดับ $\alpha = 0.05$ และเป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau < \alpha$) เมื่อระดับ $\alpha = 0.01$ วิธี Scheffe' s S* Method สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 144 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 225 กรณี ควบคุมไม่ได้ 84 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau < \alpha$) วิธี Dunnett' s Test สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 31 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 197 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) วิธี Newman Keuls Test สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 62 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 166 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$)

เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากันและไม่เท่ากันในอัตราส่วน 0.9:1:1.1 และ 0.8:1:1.2 สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม วิธีของ Dunn และ Scheffe สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้ในระดับ $\alpha = 0.05$ และสำหรับระดับ $\alpha = 0.01$ วิธีเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 5 วิธี ยกเว้นวิธี Dunnett' s Test สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับที่ระบุในระดับ 0.01 และเมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม วิธีของ Dunn สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้ในระดับ $\alpha = 0.05$ และสำหรับระดับ $\alpha = 0.01$ วิธีของ Tukey' s HSD Test และ Dunn สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับที่ระบุในระดับ 0.01

สมคิด ไวยวุฒินันท์ (2530) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างบอนเฟอโรนินที โคลสแควร์ของ มาร์ชูโล และวิธีของทัมฮานน์ โดยต้องการเปรียบเทียบและหาผลสรุปลักษณะของอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากผลการทดลอง (Actual Type I Error Rate) ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 3 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni t Statistic, Marascuilo's χ^2 และ Tamhane Procedure ภายใต้การแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) โดยที่กลุ่มตัวอย่างเป็น 3, 4 และ 5 กลุ่ม ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากันทุกกลุ่ม คือ ขนาด 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กำหนดค่าพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และกำหนดอัตราส่วนขนาดความแปรปรวนของประชากรทั้งที่เท่ากันและแตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ 1:1:1, 1:2:3 และ 1:4:7 สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม 1:1:1:1, 1:2:3:4 และ 1:4:7:10 สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม และ 1:1:1:1:1, 1:1:2:2:3 และ 1:1:4:4:7 สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 5 กลุ่ม เมื่อ α เป็น 0.05 และ 0.01 โดยทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลอง 4,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า วิธี Bonferroni t Statistic สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 76 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 108 กรณี ควบคุมไม่ได้ 32 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ทั้งหมดเมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากันเป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau < \alpha$) และความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ทั้งหมดเมื่อความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกันเป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) วิธี Marascuilo's χ^2 สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 47 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 108 กรณี ควบคุมไม่ได้ 61 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) ทั้งที่ความแปรปรวนของประชากรเท่ากันและแตกต่างกัน และวิธี Tamhane Procedure สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 107 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 108 กรณี ควบคุมไม่ได้ 1 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau < \alpha$)

พหล ศักดิ์กะทัศน์ (2534) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 วิธี ได้แก่ วิธี Unrestricted LSD, วิธี Bonferroni (Dunn) T-test และ Murphys Gap LSD โดยพิจารณาจากอำนาจการทดสอบภายหลังจากผ่านการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 แล้ว กำหนดสิ่งทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้มี 9 ระดับ คือ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ใช้จำนวนซ้ำ 4 ระดับ คือ 5, 10, 15 และ 20 และในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ใช้ระดับบล็อก 3 ระดับ คือ 5, 7, 10 เมื่อ α เป็น 0.01 และ 0.05 โดยทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลอง 1,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า ในการ

ทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ วิธี Unrestricted LSD ให้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ และสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทั้งหมดระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ทุกระดับของจำนวนสิ่งทดลองและทุกระดับจำนวนซ้ำ วิธี Bonferroni (Dunn) T-test สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 และ 3 เท่านั้นทั้งสองระดับนัยสำคัญ และเมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จะลดลงเรื่อย ๆ และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ และวิธี Murphys Gap LSD สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ในช่วงจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ถึง 5 เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 6 และ 7 สามารถควบคุมได้บ้าง แต่เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 9 และ 10 ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งสองระดับนัยสำคัญ เนื่องจากเมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้นผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองจะมีแนวโน้มลดลง จึงทำให้ผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองแต่ละคู่ต่ำกว่าเกณฑ์มากขึ้นเรื่อย ๆ

ส่วนในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ วิธี Unrestricted LSD ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เลย เนื่องจากวิธีนี้พิจารณาความแปรปรวนของหน่วยทดลองภายในสิ่งทดลองเดียวกัน ซึ่งมีความแปรปรวนสูงกว่าแบบสุ่มสมบูรณ์ วิธี Bonferroni (Dunn) T-test จะมีลักษณะเช่นเดียวกับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ คือ จะควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 และ 3 และวิธี Murphys Gap LSD สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ เมื่อจำนวนสิ่งทดลองไม่เกิน 6 และเมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 7 และ 8 สามารถควบคุมได้บ้าง แต่เมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้นเท่ากับ 9 และ 10 จะไม่สามารถควบคุมได้เนื่องจากผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองแต่ละคู่มีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้น จึงทำให้แนวโน้มของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองต่ำกว่าเกณฑ์มากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำลงเมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้น

สิรินุช เอี่ยมเขียว (2544) ได้ทำการศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่บางวิธีภายใต้ความแปรปรวนที่ต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett' s T3, Games-Howell และ Brown-Forsythe ภายใต้ความแปรปรวนที่ต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2, 4 และ 6 สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มจากประชากร โดยวิธี Two-Stage Random Sampling จำนวน 583 คน แล้วสุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาด 20, 40, 80 และ 120 ด้วยการสุ่มแบบสุ่มคืน ผลการวิจัยพบว่า การเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 3 วิธี ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 80 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ส่วนในกลุ่มตัวอย่างขนาด 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยวิธี Dunnett' s T3 กับ วิธี Brown-Forsythe มีผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.003 และวิธี Games-Howell กับ วิธี Brown-Forsythe มีผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.003

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Dunnett' s T3 จากกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 และขนาด 20 กับ 120, ขนาด 40 กับ 80, ขนาด 40 กับ 120 และขนาด 80 กับ 120 ให้ผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Games-Howell จากกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 และขนาด 20 กับ 120, ขนาด 40 กับ 80, ขนาด 40 กับ 120 และขนาด 80 กับ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 และผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Brown-Forsythe จากกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 และขนาด 20 กับ 120 และขนาด 80 กับ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 เช่นเดียวกัน

บุญยง พินชู (2548) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 14 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Tukey' s HSD, Bonferroni, Tukey' s b, Sidak, Duncan, Scheffe' s, Hochberg' s GT2, R-E-G-WF, Gabriel, R-E-G-WQ, Waller-Duncan, S-N-K และ Dunnett ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ที่ $\alpha = 0.05$ ภายใต้เงื่อนไขประชากรทั้ง k กลุ่ม มีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (Equal Variances Assumed) และแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบใน 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน จะทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) กรณีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน จะกำหนดให้จำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และเพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ระดับทริทเมนต์ที่ใช้ในการทดลองมี 6 ระดับ ได้แก่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม โดยการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลอง 10,000 ครั้ง ในแต่ละขนาด

การทดลอง ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด จะไม่แตกต่างกันทุกขนาดการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาที่อำนาจการทดสอบ พบว่า วิธีการทดสอบจะมีอำนาจการทดสอบแปรผันตรงกับขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน

เมื่อพิจารณาที่จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 12 วิธี จะลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้นทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน ได้แก่ วิธี Tukey' s HSD, Bonferroni, Tukey' s b, Sidak, Duncan, Scheffe' s, Hochberg' s GT2, R-E-G-WF, Gabriel, R-E-G-WQ, S-N-K และ Dunnett ส่วนอีก 2 วิธี ได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกกรณีมี 2 วิธี คือ วิธี LSD และ Duncan วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เป็นบางกรณีมี 7 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, Dunnett, Tukey' s b, Waller-Duncan, S-N-K, Gabriel และ R-E-G-WF และวิธีการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ มี 5 วิธี คือ Bonferroni, Tukey' s HSD, Hochberg' s GT2, Scheffe' s และ R-E-G-WQ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกกรณีมี 3 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan และ Duncan วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เป็นบางกรณีมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Dennett, Tukey' s b, S-N-K, Gabriel และ R-E-G-WF และวิธีการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ มี 6 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Sidak, Tukey' s HSD, Hochberg' s GT2, Scheffe' s, และ R-E-G-WQ โดยทุกวิธีการทดสอบที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบจะมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นตามจำนวนและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาที่อำนาจการทดสอบ พบว่า วิธี LSD และ Waller-Duncan จะเป็น 2 วิธี ที่มีค่าใกล้เคียงกันและมีอำนาจการทดสอบสูงทุกกรณี เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 ถึง 4 กลุ่ม และวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกกรณี เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 5 ถึง 8 กลุ่ม

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ จะเห็นได้ว่ามีผู้วิจัยหลายท่านส่วนใหญ่ได้ให้ความสนใจและได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณที่มีเงื่อนไขความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดเท่ากัน ดังเช่น ปุณยบุษ พินชู (2548) ได้ศึกษาวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ทั้ง 14 วิธีแล้ว เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มภายหลังที่พบนัยสำคัญจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ ซึ่งแสดงว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากไม่พบหลักฐานทางเอกสารที่ชี้ชัดเพียงพอที่จะตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างรายคู่ จึงต้องทำการเปรียบเทียบรายคู่ทุกคู่ ซึ่งการ

ทดสอบภายหลังนี้จะเป็นการระบุว่าความแตกต่างเกิดขึ้นระหว่างกลุ่มใดบ้าง เป็นการเปรียบเทียบรายคู่ทุกคู่โดยไม่จำกัดจำนวนคู่

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมายังไม่ปรากฏผลงานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษารื่องนี้ต่อจากงานวิจัยของ ปุณยนุช พินชู (2548) ทั้งนี้เนื่องจากการเลือกใช้สถิติทดสอบที่เป็นการทดสอบภายหลังนี้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญที่จะทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยทางสังคมศาสตร์ได้ใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการเลือกวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่อยู่ในโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูล SPSS for Windows ได้อย่างครอบคลุมทุกสถานการณ์ โดยจะขออ้างถึงงานวิจัยของ ปุณยนุช พินชู (2548) เกี่ยวกับการกำหนดระดับทริทเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง 6 ระดับ ได้แก่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม และกำหนดให้กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน มีกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด คือ 10, 30 และ 60 ซึ่งกำหนดให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ตามลำดับ และกำหนดให้กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน มีจำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และเพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากการกำหนดสถานการณ์ในการทดสอบดังกล่าวนี้ครอบคลุมความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นจริงในสภาพการวิจัยทางสังคมศาสตร์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการทำการทดสอบการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ที่มีอยู่ในโปรแกรม SPSS for Windows ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) เพื่อผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อกักวิจัยทางสังคมศาสตร์นำไปใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

คำถามการวิจัย

1. ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน จะทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) และมีทริทเมนต์ตั้งแต่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test วิธีใดที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I Error Rates) และให้อำนาจการทดสอบ (Power of the test) สูงสุด

2. ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน จะทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (เพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (เพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (เพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10) และมีทริทเมนต์ตั้งแต่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test วิธีใดที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I Error Rates) และให้อำนาจการทดสอบ (Power of the test) สูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน จะทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) และมีทริทเมนต์ตั้งแต่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม

2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน จะทำการ

เปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (เพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (เพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (เพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10) และมีทริทเมนต์ตั้งแต่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม

ขอบเขตของการวิจัย

1. กำหนดให้ทริทเมนต์เป็นปัจจัยกำหนด (Fixed Effect)
2. ระดับนัยสำคัญที่ใช้ คือ 0.05
3. ระดับทริทเมนต์ที่ใช้ในการทดลองตั้งแต่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม
4. ทำการทดสอบวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อน เมื่อทราบว่าการ k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C

5. ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยกำหนดให้กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน มีกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด คือ 10, 30 และ 60 ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ตามลำดับ และกำหนดให้กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน มีจำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และเพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็นดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 อัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

อัตราส่วนความแปรปรวน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
1:2:3	3
1:2:3:4	4
1:2:3:4:5	5
1:2:3:4:5:6	6
1:2:3:4:5:6:7	7
1:2:3:4:5:6:7:8	8

6. ทำการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ในกรณีที่ประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน และสุ่มมาจากประชากรที่เป็นอิสระต่อกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยมีค่าฟังก์ชันความน่าจะเป็น ค่าคาดหวังและค่าความแปรปรวนของการแจกแจงแบบปกติดังนี้

การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

กำหนดให้ X เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่องที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right\} ; \sigma^2 > 0, -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty$$

ค่าเฉลี่ย เท่ากับ μ

ความแปรปรวน เท่ากับ σ^2

โดยที่ $f(x)$ คือ ความสูงของโค้งที่วัดจากแกนอน ณ จุดใด ๆ

σ^2 คือ ความแปรปรวนประชากรเป็นพารามิเตอร์แสดงขนาด (Scale Parameter) ของการแจกแจง

μ คือ ค่าเฉลี่ยประชากรเป็นพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (Location Parameter) ของการแจกแจง

x คือ ตัวแปรสุ่ม

$\pi \approx 3.1416$

คุณสมบัติและลักษณะของการแจกแจงปกติ

- 1) เส้นโค้งมีลักษณะสมมาตรเป็นรูประฆังคว่ำ (Bell Shape)
- 2) ค่าเฉลี่ย มัชฌิมและฐานนิยมมีค่าเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ μ และเส้นโค้งจะสมมาตรรอบค่าเฉลี่ย
- 3) ค่าความเบ้ (Skewness) มีค่าเท่ากับ 0 และค่าความโด่ง (Kurtosis) มีค่าเท่ากับ 3
- 4) จุดยอดของเส้นโค้งจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.40 หรือ $1/\sqrt{2\pi}$ ที่ค่า $X = \mu$
- 5) เส้นโค้งจะมีจุดเปลี่ยนโค้ง (Inflection Point) อยู่ 2 จุด โดยจุดเปลี่ยนโค้งดังกล่าวจะอยู่ที่ระยะห่างเท่ากับความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) จากค่า μ นั่นคือ จุดเปลี่ยนโค้งจะอยู่ที่ตำแหน่ง $X = \mu \pm 1\sigma$

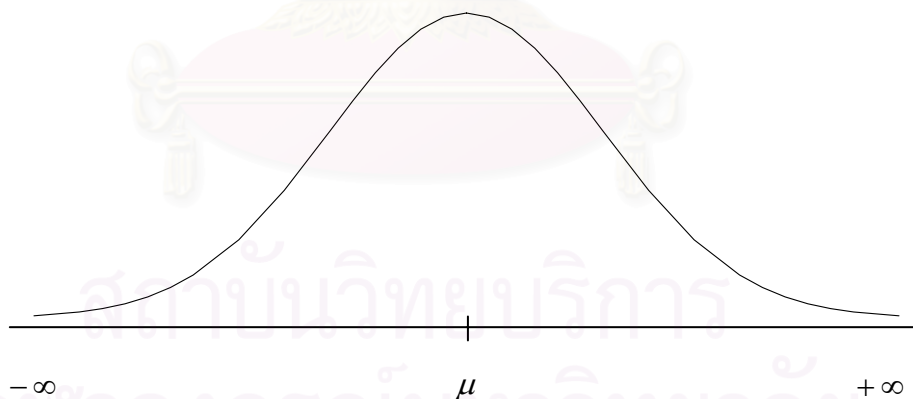
6) ถ้าลากเส้นตั้งฉากจากแกน x ไปยังเส้นโค้ง โดยที่เส้นตั้งฉากห่างจากค่าเฉลี่ยด้านซ้าย และด้านขวาของระยะหนึ่งเท่า สองเท่าและสามเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พื้นที่ที่ปิดกั้นด้วยเส้นตั้งฉากกับเส้นโค้งจะเท่ากับ 68.27%, 95.45% และ 99.73% ของพื้นที่ทั้งหมดตามลำดับ

7) ค่าเฉลี่ย (μ) และความแปรปรวน (σ^2) เป็นพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบปกติ โดยที่ค่าเฉลี่ยจะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของเส้นโค้งและค่าความแปรปรวนเป็นตัวกำหนดลักษณะของเส้นโค้งว่าจะแบนหรือโค้ง

8) ถ้า X_1, X_2, \dots, X_k คือ ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ($N(0,1)$) และเป็นอิสระซึ่งกันและกันแล้ว $X_1^2, X_2^2, \dots, X_k^2$ จะมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ ด้วยองศาอิสระเท่ากับ k

9) ถ้า $X \sim N(0,1)$ และ $Y \sim X_{(k)}^2$ โดยที่ X และ Y เป็นอิสระกันแล้ว $X/\sqrt{Y/k}$ จะมีการแจกแจงแบบที ด้วยองศาอิสระเท่ากับ k นั่นคือ $X/\sqrt{Y/k} \sim t_{(k)}$

กราฟแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงแบบปกติที่พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$ โดยที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0 และค่าความโค้งเท่ากับ 3 แสดงดังแผนภาพที่ 1.1



แผนภาพที่ 1.1 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงแบบปกติที่พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$

7. การตัดสินใจในการทดสอบจะใช้เกณฑ์ของ Bradley ที่ว่า ถ้าอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 0.025 ถึง 0.075 แสดงว่า สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ และจะทำการคำนวณหาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหลังจากผ่านการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้จะทำการจำลองข้อมูล โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน (Monte Carlo Simulation Technique) ด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0 กับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ซึ่งแต่ละกรณีจะทำซ้ำ 10,000 ครั้ง โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับการจำลองแบบด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ดังนี้

การจำลองแบบด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique)

เทคนิคมอนติคาร์โล เป็นการทดลองโดยใช้ตัวเลขสุ่มมาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ยังไม่แน่ใจในผลที่จะเกิดขึ้น เพราะเลขสุ่มมีประโยชน์หลายประการคือ

- 1) ทำให้การเลือกตัวอย่างไม่มีความเอนเอียงในการสำรวจหรือทดลองในเรื่องนั้น ๆ ทั้งนี้เพราะเลขสุ่มมาจากแนวคิดเกี่ยวกับการคำนวณความน่าจะเป็น
- 2) เลขสุ่มจะทำให้ได้มาซึ่งรูปแบบต่าง ๆ หรือวิธีการที่สลับซับซ้อนโดยการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation)
- 3) การใช้เลขสุ่มอาจทำเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางทฤษฎีของกระบวนการทางสถิติที่มีความสำคัญสำหรับการประมาณค่า ตลอดจนนำไปสู่คำอธิบายเกี่ยวกับอำนาจการทดสอบทางสถิติ (Power of Statistic Tests)
- 4) เพื่อหาคำตอบในปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยจะพิจารณาจากการแจกแจงความน่าจะเป็นของปัญหานั้น ๆ

หลักการของเทคนิคมอนติคาร์โล คือ การนำเลขสุ่มมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่สนใจศึกษาถึงผลสรุปของปัญหานั้น ๆ โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเลขสุ่ม (Generate Random Number) จะกำหนดให้มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มหรือการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง (0,1) และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน จากนั้นนำเลขสุ่มนี้ไปสร้างตัวแปรตามลักษณะการแจกแจงที่ต้องการในปัญหาที่ศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลของปัญหานั้น ๆ

ขั้นตอนที่ 2 การประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษาโดยใช้เลขสุ่ม ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับปัญหาที่ศึกษา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำเลขสุ่มมาใช้ในการหาค่าต่าง ๆ ตามปัญหาที่ต้องการตามหลักสูตรการคำนวณในปัญหาที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 การทดลอง เมื่อประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษาโดยใช้เลขสุ่มแล้วขั้นต่อไป คือ การทำวิธีการนั้นซ้ำ ๆ กัน (Replication) จำนวนหลายครั้ง โดยถือว่าการทำซ้ำ ๆ กันนั้นเป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มีจำนวนมากเพื่อลดความไม่แน่นอนของคำตอบ

จากหลักการของเทคนิคมอนติคาร์โล จะเห็นว่าการใช้เลขสุ่มเพื่อเป็นพื้นฐานในการหาคำตอบของปัญหา เป็นวิธีการที่จะนำไปสู่แนวคิดในทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ โดยเฉพาะทฤษฎีความน่าจะเป็นที่จะนำไปสู่การอ้างอิงผลสรุปในสถานการณ์ของข้อมูลจริง เพราะไม่มีผลกระทบจากเรื่องอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องในการทดลองเมื่อทำซ้ำ ๆ กันเป็นจำนวนมากแล้ว ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ในแต่ละครั้งจะหมดไป (Counter Balance)

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 นั้นเป็นจริง ซึ่งโอกาสที่จะทำความผิดในแบบนี้เท่ากับ α เช่น ในการทดสอบเกี่ยวกับค่า μ จะใช้ค่าความแตกต่างระหว่าง \bar{x} กับ μ เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจ โดยการถือหลักว่า ถ้า μ เป็นจริงแล้ว \bar{x} ไม่ควรจะห่างไปจาก μ มากนัก แต่ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อหาค่า \bar{x} อาจเป็นไปได้ว่า \bar{x} ที่ได้มีค่าแตกต่างไปจากค่า μ มาก ทั้ง ๆ ที่มาจากประชากรที่มีค่าเฉลี่ย μ นั้นเอง ซึ่งในเหตุการณ์เช่นนี้ตามหลักการในการทดสอบสมมติฐานจำต้องปฏิเสธ H_0 ไป แสดงว่าได้ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในแบบที่ 1 ขึ้นแล้ว

2. ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (Type II Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 นั้นไม่จริง ซึ่งโอกาสที่จะทำความผิดในแบบนี้เท่ากับ β ความคลาดเคลื่อนในกรณีนี้เกิดจากการที่บังเอิญได้ค่าตัวอย่างมาใกล้ ๆ กับค่าที่กำลังสงสัยว่าจะเป็นเช่นนั้น ทั้ง ๆ ที่ตัวอย่างนั้นไม่ใช่มาจากประชากรที่กำหนด ดังนั้นเมื่อเอาค่าจากตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับค่าที่สงสัย ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจึงไม่มากพอจนมีนัยสำคัญ จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ทั้ง ๆ ที่ควรจะต้องปฏิเสธ ในลักษณะนี้แสดงว่าได้ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในแบบที่ 2 ขึ้นแล้ว

3. อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I Error Rates) หมายถึง สัดส่วนของจำนวนความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริงในการทดสอบสมมติฐานของการทดลองกับจำนวนครั้งในการทดลอง

4. อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ทั้งหมด (Overall Type I Error Rates) หมายถึง ความผิดพลาดทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริง ๆ จากการยอมรับสมมติฐานว่างที่เป็นเท็จในการทดสอบหนึ่ง ๆ

5. อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (Type II Error Rates) หมายถึง สัดส่วนของจำนวนความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 ที่เกิดขึ้นจริงในการทดสอบสมมติฐานของการทดลองกับจำนวนครั้งในการทดลอง

6. อำนาจการทดสอบ (Power of the test) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 ไม่จริง นั่นคือ เป็นการตัดสินใจที่ถูกต้อง ดังนั้นอำนาจของการทดสอบจะมีค่าเท่ากับ $1 - \beta$ และถ้าค่า α เพิ่มขึ้น ค่า β จะลดลง และอำนาจการทดสอบ ($1 - \beta$) จะเพิ่มขึ้นหรือกล่าวได้ว่าค่า α มีความสัมพันธ์ในทางตรงกันกับอำนาจการทดสอบ แต่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับ β

7. ความแกร่ง (Robust) หมายถึง คุณสมบัติของการทดสอบทางสถิติที่ไม่แสดงถึงความไว (Sensitive) ต่อการเบี่ยงเบนหรือการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบที่มีผลต่ออัตราการเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2

8. ระดับความมีนัยสำคัญ (Level of Significance) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่กำหนดเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานศูนย์หรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 โดยทั่วไประดับความมีนัยสำคัญที่นิยมใช้กันเป็น 0.01, 0.05 หรือ 0.10 ซึ่งความหมายระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.01 คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานมี 1 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ มีความเชื่อถือได้ 99 เปอร์เซ็นต์ ระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานมี 5 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ มีความเชื่อถือได้ 95 เปอร์เซ็นต์ และระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.10 คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานมี 10 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ มีความเชื่อถือได้ 90 เปอร์เซ็นต์

9. ทรียเมนต์ (Treatment) หมายถึง สิ่งทดลองที่สนใจศึกษา

10. การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparisons) หมายถึง การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทีละคู่มากกว่าหนึ่งคู่ ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

11. วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน หมายถึง กระบวนการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ ที่มีเงื่อนไขความแปรปรวนของประชากรของกลุ่มตัวอย่างต่างกัน ซึ่งในการศึกษาได้ศึกษาวิธีดังนี้

11.1 วิธี Tamhane's T2 คือ วิธีทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อน โดยมีข้อตกลงว่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มต่างกัน มีรูปแบบสูตรดังนี้

$$\hat{\psi}(T2) = tDS_{\frac{\alpha}{2}; C, v'} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}$$

และ
$$v' = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j-1)} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^4}{n_{j'}^2(n_{j'}-1)}}$$

หรือ
$$v' = n_j + n_{j'} - 2 \quad (\text{ใช้ในกรณีที่ เป็นไปตามเงื่อนไข})$$

11.2 วิธี Dunnett' s T3 คือ วิธีทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อน โดยมีข้อตกลงว่า ความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มต่างกัน มีรูปแบบสูตรดังนี้

$$mT3 = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}}}$$

และ
$$v' = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j-1)} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^4}{n_{j'}^2(n_{j'}-1)}}$$

11.3 วิธี Games-Howell คือ วิธีทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อน โดยมีข้อตกลงว่า ความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มต่างกัน มีรูปแบบสูตรดังนี้

$$qGH = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)/2}}$$

และ
$$v' = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j-1)} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^4}{n_{j'}^2(n_{j'}-1)}}$$

11.4 วิธี Dunnett' s C คือ วิธีทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อน โดยมีข้อตกลงว่า ความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มต่างกัน มีรูปแบบสูตรดังนี้

$$qC = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)/2}}$$

และ

$$qC_{\alpha;p} = \frac{q_{\alpha;p,v_j} \left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} \right) + q_{\alpha;p,v_{j'}} \left(\frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}} \right)}{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}$$

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการวิจัยจะเป็นแนวทางให้นักวิจัยทางสังคมศาสตร์ใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการเลือกวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ที่อยู่ในโปรแกรม SPSS for Windows ภายใต้อสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้เสนอแนวคิด ทฤษฎี ซึ่งได้จากการศึกษาเอกสาร ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

ตอนที่ 2 การจำลองข้อมูลให้มีรูปแบบการแจกแจงตามที่กำหนด

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณ และสถิติที่ใช้ในการทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

3.1 ความหมายของการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณ

3.2 การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย

3.3 ชนิดของการเปรียบเทียบ

3.4 ประเภทของสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

3.5 สถิติที่ใช้ในการทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยใช้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

ตอนที่ 5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

อุทุมพร ทองอุไทย (2523) กล่าวว่า แบบการทดลองที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและการกำหนดตัวอย่างให้กับระดับการทดลอง คือ แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ซึ่งใช้ชื่อย่อว่า CR-k โดยที่ k แทน จำนวนระดับการทดลอง CR-k นี้ ใช้ได้ถ้าข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นไปตามที่กำหนดแล้ว และ Kirk (1995) กล่าวว่า ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ คือ

1) มีตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทดลองเพียงตัวเดียวแต่หลายระดับ และมากกว่า 2 ระดับขึ้นไป ระดับของการทดลองอาจเป็นเชิงปริมาณหรือคุณภาพก็ได้ เมื่อการทดลองมีเพียง 2 ระดับการทดสอบ F คือ การทดสอบที่ข้อมูลไม่สัมพันธ์กัน

2) การกำหนดตัวอย่างให้สุ่มไปยังระดับการทดลอง ซึ่งตัวอย่างแต่ละคนได้รับระดับการทดลองเพียงระดับเดียว แต่ถ้าระดับการทดลองน่าสนใจพอ ๆ กัน ก็สุ่มตัวอย่างให้กับระดับโดยที่มีจำนวนในแต่ละระดับเท่ากัน แม้ว่าจะไม่จำเป็นก็ตาม ซึ่งเป็นข้อดีของแบบทดลองนี้ในเรื่องจำกัดจำนวนในแต่ละระดับ

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กัลยา วาณิชย์บัญชา (2546) กล่าวว่า จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) ซึ่งการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เป็นการวิเคราะห์ที่คาดว่ามีความแปรปรวนเพียงปัจจัยเดียวที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างกันหรือเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างกันของระดับที่ต่างกันของปัจจัยที่คาดว่ามีความอิทธิพลต่อข้อมูล ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว คือ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรที่รับปัจจัยที่ต่างระดับกันตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป นั่นคือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป โดยถือว่าหน่วยที่ได้รับปัจจัยระดับเดียวกันเป็นประชากรเดียวกันหรือกลุ่มประชากรเดียวกัน และหน่วยที่ได้รับปัจจัยต่าง ๆ กัน เป็นคนละประชากรหรือคนละกลุ่ม โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 กลุ่มนั้น จะต้องเก็บข้อมูลตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มแล้วนำข้อมูลตัวอย่างมาทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร โดยมีเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังที่ อุทุมพร ทองอุไทย (2523) กล่าวว่า ถ้า X_{ij} คือ ผลการวัดซึ่งได้จากตัวอย่างที่สุ่มมาในประชากรการทดลอง j ซึ่งมีการแจกแจงเป็นปกติ ถ้าตกลงกันว่า X_{ij} ได้มาจากผลรวมของ 3 เทอม คือ

$$X_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij} ; i = 1, 2, \dots, n$$

$$j = 1, 2, \dots, k$$

เป็นตัวแบบของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

เมื่อ μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร ซึ่งไม่ทราบค่า แต่เป็นค่าคงที่สำหรับการสังเกตทั้งหมด

α_j คือ ผลจากการทดลอง j ซึ่งมีค่าคงที่สำหรับตัวอย่างทั้งหมดภายในประชากรทดลอง j

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนจากการทดลองซึ่งเป็นอิสระ

โดยมีสมมติฐาน คือ $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 0$

$H_1 : \text{มี } \alpha_j \text{ อย่างน้อย 1 ค่าไม่เท่ากับศูนย์}$

ข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (Assumption of Independence of Errors) ไม่ว่าจะอยู่ภายในระดับการทดลองหรือระหว่างระดับการทดลอง อาจตกลงกันว่า ε_{ij} ต่างเป็นอิสระ ถ้าตัวอย่างได้รับการสุ่มไปยังระดับการทดลองและถ้าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำการทดลองได้รับการสุ่มด้วย ข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อนจะใช้ไม่ได้ ถ้าทำการทดลองกับตัวอย่างทั้งหมดระดับแรกก่อนทำกับตัวอย่างในระดับอื่น ๆ หรือตัวอย่างในระดับอื่น ๆ ได้รับการทดลองกับผู้ทดลองคนอื่นหรือถ้าตัวอย่างในระดับทดลองหนึ่งได้รับการทดสอบในสภาพแบบหนึ่ง แต่ตัวอย่างในระดับอื่น ๆ รับการทดลองในสภาพการณ์อื่น

ข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นปกติ (Assumption of Normality) ซึ่งเมื่อความคลาดเคลื่อนทางการทดลอง ε_{ij} มีการแจกแจงแบบปกติภายในแต่ละระดับของประชากรทดลองมีความหมายเท่ากับข้อความที่ว่า X_{ij} มีการแจกแจงแบบปกติภายในแต่ละประชากรทดลอง เพราะว่าแหล่งความแปรปรวนเพียงแหล่งเดียวระหว่าง X_{ij} ทั้งหมด คือ ε การทดลองหยาบ ๆ เกี่ยวกับการทดสอบสมมติฐานความเป็นปกตินี้ทำได้โดยการสร้างการแจกแจงความถี่ของคะแนนในแต่ละระดับ แล้วตรวจสอบด้วยสายตาว่ารูปร่างแตกต่างจากความเป็นปกติบ้าง ซึ่งกระบวนการนี้มักจะไม่นำออกจากผู้ทดลองสงสัยว่าการแจกแจงจะไม่เป็นปกติ

ข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Assumption of Homogeneity of Variances) คือ ความแปรปรวนที่เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนภายในประชากรทดลองแต่ละกลุ่มเท่ากัน นั่นคือ $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$ ถ้าผู้ทดลองสงสัยว่าข้อตกลงข้อนี้จะใช้ไม่ได้ ผู้วิจัยก็มีสิทธิทดสอบด้วยสถิติ $F_{\max} = \hat{\sigma}^2$ มากที่สุด / $\hat{\sigma}^2$ น้อยที่สุด มีชั้นของความเป็นอิสระเท่ากับ k และ $n-1$ โดยที่ n คือ จำนวนใหญ่สุดในระดับการทดลอง ผลที่ได้รับอาจลำเอียงบ้างเล็กน้อย นั่นคือ ปฏิเสธข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นเอกพันธ์ทั้ง ๆ ที่ควรยอมรับ ดังนั้นนักทดลอง จึงยังคงเข้มงวดในเรื่องนี้โดยการแปลงคะแนนให้เหมาะสมก่อนการวิเคราะห์ ถ้าการ

แปลงคะแนนแล้วยังไม่สามารถจะทำให้เกิดความเป็นเอกพันธ์กับความแปรปรวนได้ก็ควรใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบนอนพาราเมตริก

ถ้าใช้การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่มีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ k สามารถจัดข้อมูลของการทดลองได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะข้อมูลของการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่มีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ k

	กลุ่มที่					
	1	2	j	...	k	
	x_{11}	x_{12}	x_{1j}	...	x_{1k}	
	x_{21}	x_{22}	x_{2j}	...	x_{2k}	
	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots	
	x_{n_1}	x_{n_2}	x_{n_j}	...	x_{n_k}	
ผลรวม	T_1	T_2	T_j	...	T_k	T
ขนาดตัวอย่าง	n_1	n_2	n_j	...	n_k	N
ค่าเฉลี่ย	\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_j	...	\bar{x}_k	\bar{x}

เมื่อกำหนดให้ x_{ij} แทนข้อมูลตัวที่ i กลุ่มที่ j

n_j แทนขนาดตัวอย่างที่ j

N แทนขนาดตัวอย่างทั้งหมด

T_j แทนผลรวมกลุ่มที่ j

T แทนผลรวมของค่าสังเกต nk ค่า

\bar{x}_j แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ j

\bar{x} แทนค่าเฉลี่ยรวม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว นั้น จะต้องคำนวณค่า Sum of Squares ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

Source of Variation	df	Sum of Square	Mean of Square	F
Treatment	$k - 1$	$SSB = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n n_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2$	$MSB = \frac{SSB}{k - 1}$	$\frac{MSB}{MSW}$
Error	$k(n - 1)$	$SSW = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$	$MSW = \frac{SSW}{k(n - 1)}$	
Total	$nk - 1$	$SST = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2$		

ตอนที่ 2 การจำลองข้อมูลให้มีรูปแบบการแจกแจงตามที่กำหนด

การจำลองข้อมูลให้มีรูปแบบการแจกแจงตามที่กำหนดได้จากการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน และเขียนโปรแกรม MATLAB ซึ่งจะต้องใช้ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง (0,1) เป็นพื้นฐานในการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบอื่น ๆ เลขสุ่มที่สร้างได้ต้องเป็นอิสระซึ่งกันและกัน และมีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง (0,1) วิธีการสร้างเลขสุ่มที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ ตัวแบบจำลองลงรอยแบบผลคูณ (Multiplicative Congruential Simulator) ซึ่งพัฒนาโดย Lehmer (1951) มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$X_i = (aX_{i-1}) \bmod M$$

และ
$$U_i = \frac{X_i}{M} \quad ; \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

โดยที่ X_0 เป็นค่าเริ่มต้น (Initial Value)

X_i เป็นเลขสุ่มตัวที่ i โดยที่ $0 < X_i < M - 1$

U_i เป็นเลขสุ่มตัวที่ i โดยที่ $0 < U_i < 1$

M เป็นค่าคงที่

a เป็นตัวคูณคงที่ (Constant Multiplier)

จากสมการ X_i คือ เศษเหลือที่เป็นจำนวนเต็มที่ได้จากการหาร aX_{i-1} ด้วย M และเศษเหลือที่ได้จะใช้ในการผลิตเลขสุ่มตัวถัดไป ในการผลิตเลขสุ่มนั้นเมื่อกำหนดให้ X_0 เป็นค่าเริ่มต้น จะได้ตัวเลขสุ่ม X_1, X_2, X_3, \dots เป็นเลขจำนวนเต็มที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง $M - 1$ และเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง จากนั้นหาร X_i ด้วย M จะได้เลขสุ่มที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

การกำหนดค่า M, a และ X_0 จะมีความสำคัญมากในการผลิตเลขสุ่ม ซึ่งการผลิตเลขสุ่มให้มีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง 0 ถึง 1 และมีคาบของตัวเลขสุ่มยาวมากพอที่จะใช้งานได้นั้น ต้องกำหนด M ให้เป็นจำนวนเต็มที่ใหญ่ที่สุด และเป็นเลขคี่ที่สามารถคำนวณได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ นั่นคือ $M = 2^{b-1} - 1$ โดยที่ b เป็นค่าความยาว 1 คำ (Word) หรือจำนวนบิต (Bit) ใน 1 คำ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ 32 บิต จะกำหนด M เท่ากับ $2^{31} - 1 = 2147483647$ สำหรับค่า a ที่ผ่านการทดสอบแล้ว คือ $7^5 = 16807$ และ X_0 เป็นจำนวนเต็มบวกที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ M

การสร้างตัวแปรสุ่มให้มีการแจกแจงแบบปกติ

Box และ Muller (1985) ได้เสนอวิธีสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ย 0 และค่าความแปรปรวนเป็น 1 พร้อมกัน 2 ค่า โดยใช้ตัวสร้าง (Generator) Z_1 และ Z_2

$$Z_1 = [-2\ln(U_1)]^{\frac{1}{2}} \cos(2\pi U_2)$$

$$Z_2 = [-2\ln(U_1)]^{\frac{1}{2}} \sin(2\pi U_2)$$

โดยที่ U_1 และ U_2 เป็นค่าตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง (0,1)

ตัวแปรสุ่ม Z_1 และ Z_2 สามารถแปลงให้เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$X_1 = \mu + \sigma Z_1$$

$$X_2 = \mu + \sigma Z_2$$

จะได้ว่า X_1 และ X_2 มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน

โปรแกรมย่อยที่เขียนด้วย MATLAB สำหรับสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ คือ `x=normrnd(0,1,[1 n]);`

สำหรับการจำลองข้อมูลให้มีรูปแบบการแจกแจงตามที่กำหนดของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้จำลองข้อมูลโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งมีรายละเอียดของโปรแกรมดังนี้

โปรแกรม MATLAB

โปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ถือกำเนิดโดย MathWorks, Inc. ซึ่งในอดีต MATLAB ถูกสร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับเมทริกซ์เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ลัญจกร วุฒิสถิตกุลกิจ (2547) กล่าวว่า MATLAB เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะงานทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ โครงสร้างพื้นฐานการคำนวณของโปรแกรม MATLAB จะอยู่ในรูปของเมทริกซ์ ซึ่งเป็นที่มาของชื่อโปรแกรมด้วย นั่นคือ MATLAB เป็นคำย่อของสองคำในภาษาอังกฤษ คือ MATriX LABoratory

ปัจจุบันซอฟต์แวร์นี้ได้ถูกพัฒนาให้มีศักยภาพสูงขึ้นจาก Version เดิมเป็นอย่างมาก เช่น มีคุณสมบัติที่เป็น Interactive Program มีฟังก์ชัน Built In มากมาย ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้โดยทันที มีความเที่ยงตรงสูง (High Accuracy) มีความสามารถในการสร้างรูปภาพเชิง 2 มิติ และ 3 มิติ ที่ง่ายขึ้น มีความสามารถในการเชื่อมโยงหรือแบ่งปันทรัพยากรข้อมูลกับโปรแกรมอื่น เช่น C, Fortran, Pascal และ MS Excel เป็นต้น เพิ่มขีดความสามารถใน Networking เพื่อทางเลือกแก่ผู้ใช้ในการสร้าง GUI (Graphical User Interface) ให้มากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าวนี้ส่งผลโปรแกรม MATLAB เป็นซอฟต์แวร์ที่นิยมนำมาใช้แพร่หลาย โดยกลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ซึ่งต้องการความสะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งเที่ยงตรง และการเรียนรู้วิธีใช้งานโปรแกรม MATLAB นี้ สามารถศึกษาได้อย่างไม่ยากมากนัก โดย มนัส ตั้งวรศิลป์ และ วรรัตน์ ภัทรอมรกุล (2543) ได้กล่าวถึงข้อดีของโปรแกรม MATLAB ไว้ดังนี้

ข้อดีของโปรแกรม

- 1) มีฟังก์ชันคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้ในการคำนวณมากมายตลอดจนสามารถสร้างฟังก์ชันขึ้นมาใช้งานเองในสาขาที่ต้องการ
- 2) Algorithm พัฒนาได้ง่ายไม่ยุ่งยาก สามารถแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ง่าย และรวดเร็วกว่าโปรแกรมภาษาอื่น ๆ เช่น C, Fortran และ Basic เป็นต้น
- 3) มีโครงสร้างแบบจำลอง (Simulink) ซึ่งเป็น Package ที่นำไปสร้างบล็อกไดอะแกรมเพื่อใช้ทดสอบและประเมินผลระบบ Dynamic ต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้งานจริง

- 4) สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว
- 5) นำไปใช้งานทางด้านกราฟิกได้เป็นอย่างดี ทั้งในด้านการแสดงภาพตั้งแต่สองมิติที่เป็น Rectangular, Polar, Stair และ Bar รวมทั้งภาพสามมิติในรูปแบบพื้นผิว (Surface) และระดับสูงต่ำ (Contour) ตลอดจนสามารถนำภาพมาต่อกันและเก็บไว้เพื่อที่จะสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย
- 6) ประยุกต์ใช้ในการสร้างรูปแบบ Graphical User Interface ได้ โดยการเลือกใช้ Object และเมนูต่าง ๆ โดยโปรแกรม MATLAB จะมีเครื่องมือให้เลือกใช้ เช่น เมนู รายการ ปุ่มกด และ Fields Object ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกนำไปใช้ในการทำงานปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
- 7) ทำการประมวลผลร่วมกับโปรแกรมอื่นได้ เช่น Fortran, Borland C/C++, Microsoft Visual C++ และ Watcom C/C++ ด้วยการเขียนฟังก์ชันที่เป็น Mex ไฟล์ โดยโปรแกรม MATLAB จะเรียกใช้รูทีนจากโปรแกรมภาษา C และ Fortran
- 8) โปรแกรม MATLAB เป็นระบบ Interactive ซึ่งส่วนของข้อมูลพื้นฐานเป็นอาร์เรย์ที่ไม่ต้องการมิติ ทำให้โปรแกรม MATLAB สามารถทำการแก้ปัญหาทางเทคนิคต่าง ๆ ได้มาก ใช้เวลาในการประมวลผลน้อย และดีกว่าโปรแกรมภาษา C และ Fortran

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณ และสถิติที่ใช้ในการทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

3.1 ความหมายของการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณ

มีนักสถิติและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการเปรียบเทียบพหุคูณไว้ต่าง ๆ กันดังนี้

Neil (1995) กล่าวว่า เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวแล้ว และผลที่ได้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก สามารถที่จะพิจารณาได้ว่าค่าเฉลี่ยของประชากรที่นำมาพิจารณานั้นมีค่าไม่เท่ากันทั้งหมด ที่สุดทำการพิจารณาครั้งสุดท้าย ซึ่งเป็นการหาค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันหรือหาค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดหรือหาค่าเฉลี่ยที่มากกว่าปกติ เป็นความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยทั้งหมด วิธีการที่จะนำมาใช้ในการค้นหาเรียกว่า การเปรียบเทียบพหุคูณ

Richard (1994) กล่าวว่า ถ้าการคำนวณหาค่า F พบว่ามีนัยสำคัญ คือ มีความแม่นยำในการค้นพบว่ามียกกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน การเปรียบเทียบพหุคูณเป็นขั้นตอนหนึ่งที่ทำให้ได้ผลของกลุ่มที่แตกต่าง

Toothaker (1991) กล่าวว่า การเปรียบเทียบพหุคูณ เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย k จำนวน ในรูปการผสมเชิงเส้นของค่าเฉลี่ย ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า ของค่าเฉลี่ย k จำนวน หรือเป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหนึ่งค่ากับจำนวนเฉลี่ยของสองค่าเฉลี่ยอื่น

James (1982) กล่าวว่า การคำนวณค่า F มีนัยสำคัญ สามารถบอกได้ว่าการกระทำที่นำมาพิจารณานั้นแตกต่างกัน ในการศึกษาพฤติกรรมนั้นการวัดตัวแปรอิสระ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบแต่ละการกระทำที่นำมาพิจารณาเป็นการคำนวณทางสถิติ การทดสอบนี้เกี่ยวกับการตัดสินใจความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหรือผลรวมของความน่าจะเป็นการรวมของ k กลุ่ม วิธีการทางสถิติที่ใช้เรียกว่า การทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ การเปรียบเทียบพหุคูณส่วนใหญ่จะหมายถึง การเปรียบเทียบภายหลัง ซึ่งเป็นการกระทำเมื่อพฤติกรรมที่ศึกษาไม่มีการตัดสินใจและการเปรียบเทียบไว้ล่วงหน้า และต้องการที่จะค้นหาผลรวมตัวแปรของการกระทำที่นำมาศึกษาให้พบนัยสำคัญที่แตกต่าง

Glass and Staley (1970) กล่าวว่า การเปรียบเทียบพหุคูณ เป็นวิธีการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยเพื่อปฏิเสธสมมติฐานหลัก

กัลยา วานิชย์บัญชา (2546) กล่าวว่า การเปรียบเทียบเชิงซ้อน เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลาย ๆ คู่ ในเวลาเดียวกัน ก็คือเมื่อปฏิเสธสมมติฐานหลัก

ระวีวรรณ พันธุ์พานิชย์ (2540) กล่าวว่า การเปรียบเทียบพหุคูณ จะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

ดารารัตน์ พิกุลทอง (2537) กล่าวว่า การเปรียบเทียบพหุคูณ เป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร

วิรัช วรรณรัตน์ (2535) กล่าวว่า การเปรียบเทียบพหุคูณหรือการเปรียบเทียบภายหลัง เป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความแตกต่าง

สมจิต วัฒนาชยางกูล (2529) กล่าวว่า การเปรียบเทียบเชิงซ้อน หมายถึง การเปรียบเทียบทริทเมนต์ต่าง ๆ เพื่อหาว่าทริทเมนต์ใดบ้างที่มีผลให้สมมติฐานหลักถูกปฏิเสธ

3.2 การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย

สิรินุช เอี่ยมเขียว (2544) กล่าวว่า การเปรียบเทียบ (Comparison or Contrast) ระหว่างค่าเฉลี่ย เป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ใช้สัญลักษณ์ทางพีชคณิต คือ μ_i และ $\hat{\mu}_i$ โดย μ_i แทน ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรชุดที่ i และ $\hat{\mu}_i$ แทน ความแตกต่างของค่าประมาณของกลุ่มตัวอย่างชุดที่ i

ตัวอย่างเช่น $\psi_i = \mu_1 - \mu_2$ เป็นความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากร μ_1 และ μ_2
 $\hat{\psi}_i = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2$ เป็นความแตกต่างของค่าประมาณกลุ่มตัวอย่าง ถ้ามีการทดลอง 3 ระดับ จะได้
 ค่าเฉลี่ย 3 ค่า และได้ความแตกต่างดังนี้

$$\begin{aligned}\hat{\psi}_1 &= \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 & \hat{\psi}_4 &= \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}{2} - \bar{Y}_3 \\ \hat{\psi}_2 &= \bar{Y}_1 - \bar{Y}_3 & \hat{\psi}_5 &= \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_2 \\ \hat{\psi}_3 &= \bar{Y}_2 - \bar{Y}_3 & \hat{\psi}_6 &= \frac{\bar{Y}_2 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_1\end{aligned}$$

ความแตกต่างที่ 1-3 เป็นความแตกต่างของสองค่าเฉลี่ย ความแตกต่างที่ 4-6 เป็น
 ความแตกต่างระหว่างจำนวนค่าเฉลี่ยของสองค่าเฉลี่ยกับอีกหนึ่งค่าเฉลี่ย ส่วนมากความแตกต่าง
 ระหว่างค่าเฉลี่ยจะอยู่ในรูปผลรวมเชิงเส้น มีค่านำหนักหรือค่าสัมประสิทธิ์ แทนโดย C เมื่อค่า
 สัมประสิทธิ์อย่างน้อยหนึ่งตัวต้องไม่เท่ากับศูนย์

$$\hat{\psi}_i = C_1\bar{Y}_1 + C_2\bar{Y}_2 + \dots + C_k\bar{Y}_k$$

ได้ $\sum_{j=1}^k C_j = 0$ เมื่อ C_j อย่างน้อยหนึ่งตัวไม่เท่ากับ 0 เช่น

$$\hat{\psi}_1 = 1\bar{Y}_1 + (-1)\bar{Y}_2 + 0\bar{Y}_3 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2$$

$$\hat{\psi}_2 = 1\bar{Y}_1 + 0\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_3$$

$$\hat{\psi}_3 = 0\bar{Y}_1 + 1\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \bar{Y}_2 - \bar{Y}_3$$

$$\hat{\psi}_4 = \frac{1}{2}\bar{Y}_1 + \frac{1}{2}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}{2} - \bar{Y}_3$$

$$\hat{\psi}_5 = \frac{1}{2}\bar{Y}_1 + (-1)\bar{Y}_2 + \frac{1}{2}\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_2$$

$$\hat{\psi}_6 = (-1)\bar{Y}_1 + \frac{1}{2}\bar{Y}_2 + \frac{1}{2}\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_2 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_1$$

แต่การเปรียบเทียบมี C อย่างน้อยหนึ่งตัวเท่ากับศูนย์และผลรวมของ C_j เท่ากับ
 0 หรือถ้าจะให้สะดวกในการเลือกการเปรียบเทียบ คือ ผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของ C_j เท่ากับ 2

$$\sum_{j=1}^k |C_j| = 2$$

จากตัวอย่าง ผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ $\hat{\psi}_1$ และ $\hat{\psi}_4$ คือ

$$|1| + |-1| + |0| = 1 + 1 + 0 = 2$$

$$|\frac{1}{2}| + |\frac{1}{2}| + |-1| = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 1 = 2$$

3.3 ชนิดของการเปรียบเทียบ

3.3.1) การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise Comparisons)

Kirk (1995) กล่าวว่า การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ เป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า ของค่าเฉลี่ย k จำนวน ดังนั้นเมื่อมีค่าเฉลี่ย k จำนวน จะเท่ากับ $k(k-1)/2$ กรณีมีค่าเฉลี่ย 3 จำนวน จะมีการเปรียบเทียบรายคู่เป็น $3(3-1)/2 = 3$ ดังนี้

$$\hat{\psi}_1 = 1\bar{Y}_1 + (-1)\bar{Y}_2 + 0\bar{Y}_3 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2$$

$$\hat{\psi}_2 = 1\bar{Y}_1 + 0\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_3$$

$$\hat{\psi}_3 = 0\bar{Y}_1 + 1\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \bar{Y}_2 - \bar{Y}_3$$

ซึ่งการเปรียบเทียบรายคู่นี้ ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการจะมีเพียง 2 ค่า

3.3.2) การเปรียบเทียบที่ไม่ใช่รายคู่ (Nonpairwise Comparisons)

ระวีวรรณ พันธุ์พานิชย์ (2540) กล่าวว่า การเปรียบเทียบที่ไม่ใช่รายคู่ เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม และจำนวนการเปรียบเทียบได้นั้นมีจำนวน มาก พิจารณาตัวอย่างในกรณีจำนวนเฉลี่ยสองค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่สาม

$$\hat{\psi}_4 = \frac{1}{2}\bar{Y}_1 + \frac{1}{2}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}{2} - \bar{Y}_3$$

$$\hat{\psi}_7 = \frac{1}{3}\bar{Y}_1 + \frac{2}{3}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{(1)\bar{Y}_1 + (2)\bar{Y}_2}{3} - \bar{Y}_3$$

$$\hat{\psi}_8 = \frac{1}{4}\bar{Y}_1 + \frac{3}{4}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{(1)\bar{Y}_1 + (3)\bar{Y}_2}{4} - \bar{Y}_3$$

$$\hat{\psi}_9 = \frac{1}{5}\bar{Y}_1 + \frac{4}{5}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{(1)\bar{Y}_1 + (4)\bar{Y}_2}{5} - \bar{Y}_3$$

3.3.3) การเปรียบเทียบอิสระ (Orthogonality of Multiple Comparisons)

Toothaker (1991) กล่าวว่า การเปรียบเทียบอิสระเป็นการพิจารณาสำหรับการเปรียบเทียบแบบคู่หรือการเปรียบเทียบสองค่าในหนึ่งครั้ง ถ้ามี 3 การเปรียบเทียบในหนึ่งกลุ่มของการเปรียบเทียบ การเปรียบเทียบอิสระจะเป็นการตัดสินใจสำหรับการเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สอง การเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สาม และการเปรียบเทียบค่าที่สองกับค่าที่สาม ถ้าขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากันแล้ว การเปรียบเทียบอิสระของสองค่าเป็นการตัดสินใจโดยน้ำหนักของค่าเฉลี่ย ถ้า $\sum_{j=1}^J C_{1j}C_{2j} = 0$ ซึ่งการเปรียบเทียบค่าหนึ่งกับสองเป็นอิสระ ในที่นี้ C_{1j} และ C_{2j} เป็นค่าน้ำหนักสำหรับการเปรียบเทียบค่าหนึ่งกับค่าสองที่ค่าเฉลี่ย j ถ้าผลรวมของค่าน้ำหนักไม่เท่ากับศูนย์แล้วการเปรียบเทียบนั้นไม่เป็นอิสระ (Nonorthogonal) การเปรียบเทียบสองค่าในหนึ่งครั้งและการพิจารณาแบบคู่เป็นอิสระ ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน

$$\hat{\psi}_1 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2$$

$$\hat{\psi}_2 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_3$$

$$\hat{\psi}_3 = \bar{Y}_3 - \bar{Y}_4$$

$$\hat{\psi}_4 = \bar{Y}_1 - \frac{1}{2}\bar{Y}_3 - \frac{1}{2}\bar{Y}_4$$

สามารถเขียน C สำหรับค่าเฉลี่ย J ค่า ในทุกการเปรียบเทียบลงในตาราง และคำนวณผลรวมของค่านำหนักการเปรียบเทียบแต่ละคู่ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบอิสระสำหรับ 4 กลุ่มทดสอบทุกการเปรียบเทียบ

	ค่าเฉลี่ยที่ J			
	1	2	3	4
การเปรียบเทียบที่ 1	1	-1	0	0
การเปรียบเทียบที่ 2	1	0	-1	0
การเปรียบเทียบที่ 3	0	0	1	-1
การเปรียบเทียบที่ 4	1	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$

$$1 \text{ vs } 2: \sum_{j=1}^J C_{1j} C_{2j} = (1)(1) + (-1)(0) + (0)(-1) + (0)(0) = 1$$

$$1 \text{ vs } 3: \sum_{j=1}^J C_{1j} C_{3j} = (1)(0) + (-1)(0) + (0)(1) + (0)(-1) = 0$$

$$1 \text{ vs } 4: \sum_{j=1}^J C_{1j} C_{4j} = (1)(1) + (-1)(0) + (0)\left(-\frac{1}{2}\right) + (0)\left(-\frac{1}{2}\right) = 1$$

$$2 \text{ vs } 3: \sum_{j=1}^J C_{2j} C_{3j} = (1)(0) + (0)(0) + (-1)(1) + (0)(-1) = -1$$

$$2 \text{ vs } 4: \sum_{j=1}^J C_{2j} C_{4j} = (1)(1) + (0)(0) + (-1)\left(-\frac{1}{2}\right) + (0)\left(-\frac{1}{2}\right) = 1.5$$

$$3 \text{ vs } 4: \sum_{j=1}^J C_{3j} C_{4j} = (0)(1) + (0)(0) + (1)\left(-\frac{1}{2}\right) + (-1)\left(-\frac{1}{2}\right) = 0$$

ดังนั้นการเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สองเป็นการเปรียบเทียบอิสระ แต่การเปรียบเทียบอื่นไม่เป็นการเปรียบเทียบอิสระภายในกลุ่มการเปรียบเทียบแบบคู่ที่เป็นไปได้ ส่วนมากการเปรียบเทียบไม่เป็นอิสระ เช่น การเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สอง สำหรับหนึ่งกลุ่มค่าเฉลี่ย J ค่า จำนวนที่มากที่สุดของการเปรียบเทียบเป็นการเปรียบเทียบอิสระ ซึ่งแต่ละอันเป็น $J - 1$

3.4 ประเภทของสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

Toothaker (1991) กล่าวว่า ส่วนหนึ่งของลักษณะเชิงซ้อนของหัวข้อการเปรียบเทียบพหุคูณนั้นมีความแตกต่างโดยทั่วไปของสถิติ ซึ่ง Kirk (1995) ได้กล่าวไว้เช่นกันว่าในการเปรียบเทียบพหุคูณส่วนใหญ่จะใช้สถิติตัวใดตัวหนึ่งจาก 3 ตัวนี้ คือ

3.4.1) t Statistic

สำหรับการเปรียบเทียบจะต้องทราบข้อมูล 3 อย่าง ที่เกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง คือ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนและการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบปกติ เมื่อทราบข้อมูลทั้ง 2 แล้วสามารถหาค่า t Statistic ได้ดังนี้

$$t_{\psi} = \frac{\hat{\psi} - \psi}{\sqrt{MS_w \sum_{j=1}^J \frac{c_j^2}{n}}}$$

สมมติฐานที่ทดสอบโดย t คือ

$$H_0 : \psi = 0$$

$$\text{ที่ } \hat{\psi} = \bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'} \text{ สำหรับ } j \neq j'$$

ถ้ามีการเปรียบเทียบหนึ่งที่สนใจ ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของ ANOVA ความแปรปรวนเท่ากันและเป็นอิสระ t Statistic สามารถที่จะทำการทดสอบสมมติฐานได้

3.4.2) q Statistic

เป็นวิธีหนึ่งในสถิติพื้นฐานของการเปรียบเทียบพหุคูณ คือ Range Statistic หรือ Studentized Range มีรูปแบบดังนี้

$$q = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\frac{MS_w}{n}}} \text{ สำหรับ } j \neq j'$$

Studentized Range มี 2 ค่าพารามิเตอร์ คือ J เท่ากับ จำนวนของค่าเฉลี่ย และ df จากตาราง มีให้เลือกสำหรับ $\alpha = 0.05$ และ $\alpha = 0.01$ สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่มีความสัมพันธ์ระหว่าง t กับ q Statistic ดังนี้

$$t = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\frac{MS_W}{n} \sum_{j=1}^J c_j^2}} = \frac{q}{\sqrt{2}} = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\frac{MS_W}{n}}} \frac{1}{\sqrt{2}}$$

ความแตกต่างของสองรูปแบบ คือ t มีตัวส่วนเป็นค่าประมาณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปรียบเทียบ ซึ่งเกี่ยวกับ $\sum c_j^2 = 2$ สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่ ขณะที่ q มีตัวส่วนเป็นค่าประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของหนึ่งค่าเฉลี่ยในการเปรียบเทียบ สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่ $\sum c_j^2$ เท่ากับ 2 เพราะ C_j คือ 1 และ -1 สำหรับสองค่าเฉลี่ยที่เริ่มการเปรียบเทียบ และเท่ากับศูนย์ที่ค่าเฉลี่ยตัวอื่น ดังนั้นตัวส่วนของ t เป็นค่าประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มตัวอย่าง

3.4.3) F Statistic

บางการเปรียบเทียบพหุคูณใช้ F Statistic สำหรับการเปรียบเทียบ F นี้มีความสัมพันธ์กับ t Statistic คือ $t^2 = F$ ดังนั้นจึงมีค่า Degree of Freedom เพียงค่าเดียวในตัวเศษ เพราะว่าทุกค่า F Statistic เป็นสัดส่วนของสอง Mean Square คือ หนึ่งค่า F Statistic สำหรับการเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนของ Mean Square สำหรับการเปรียบเทียบหารด้วย MS_W ผลรวมของ Square และ Mean Square สำหรับการเปรียบเทียบ สามารถพบความสัมพันธ์ $t^2 = F$

$$t^2 = \frac{(\hat{\psi} - \psi)^2}{\frac{MS_W}{n} \sum_{j=1}^J c_j^2} = \frac{(\hat{\psi} - \psi)^2 / \left[\sum_{j=1}^J c_j^2 / n \right]}{MS_W} = F$$

จากสมการ เพราะ F เป็นสัดส่วนของสอง Mean Squares ได้

$$SS_{\hat{\psi}} = MS_{\hat{\psi}} = (\hat{\psi} - \psi)^2 / \left[\sum_{j=1}^J c_j^2 / n \right]$$

ที่ MS และ SS เท่ากัน เพราะ Degree of Freedom เพียงค่าเดียวสำหรับการเปรียบเทียบ

การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison Test) จะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ใช้เมื่อพบว่า F จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งต้องตอบสมมติฐานการวิจัยเพียงว่า มีประชากรบางกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากกลุ่มอื่น แต่ไม่ทราบว่ากลุ่มใดบ้างที่มีค่าเฉลี่ยต่างกัน จึงต้องใช้การเปรียบเทียบพหุคูณ ซึ่งทำได้ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 การเปรียบเทียบแบบวางแผน (Planned or Priori Contrast)

เป็นเทคนิควิธีการใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรที่กำหนดไว้ล่วงหน้าก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยการเปรียบเทียบเฉพาะค่าเฉลี่ยของบางกลุ่มที่ผู้วิจัยสนใจเท่านั้น

วิธีที่ 2 การเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc or Posteriori Contrast)

เป็นเทคนิคที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรหลังจากการปฏิเสธ H_0 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทุกกลุ่มที่เป็นไปได้

3.5 สถิติที่ใช้ในการทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

3.5.1) Tamhane's T2 test

เป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ใช้ในการเปรียบเทียบภายหลังสำหรับการเปรียบเทียบรายคู่ทั้งหมด พัฒนาขึ้นโดย Tamhane (1977) ซึ่งพื้นฐานการสร้างวิธีทดสอบนี้ คล้ายคลึงกับสถิติ Bonferroni t คือ ใช้วิธีทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ 2 กลุ่ม ในลักษณะเดียวกันกับการทดสอบทีหลาย ๆ ครั้ง และใช้วิธีแบ่งอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุให้กับการทดสอบแต่ละครั้ง เพื่อควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองไม่ให้มากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ สำหรับวิธีของ Tamhane's T2 นี้ จะใช้การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยเทคนิคของ Welch (1938) เพื่อให้ใช้ได้เมื่อความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกันและใช้สมการผลคูณของ Sidak (Sidak's Multiplicative Inequality) เป็นเกณฑ์กำหนดในการแบ่งอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุให้แต่ละการเปรียบเทียบ เพื่อควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองไม่ให้มากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

Tamhane (1979) ได้ปรับปรุงวิธีการคิดคำนวณค่าชั้นความเป็นอิสระให้ง่ายขึ้น โดยเปลี่ยนจากการใช้ขนาดชั้นความเป็นอิสระในเทคนิคของ Welch คือ

$$v' = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}} \right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j - 1)} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^4}{n_{j'}^2(n_{j'} - 1)}}$$

เป็น $v' = n_j + n_{j'} - 2$ ในบางกรณี ทั้งนี้เนื่องจากกรณีความแปรปรวนของประชากรหรือขนาดกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มแตกต่างกันไม่มาก ค่าชั้นความเป็นอิสระจะเข้าใกล้ $n_j + n_{j'} - 2$ สำหรับ

กรณีที่จะใช้ $\nu' = n_j + n_{j'} - 2$ นั้น Tamhane (1979) ได้กำหนดขึ้นตามเกณฑ์ของ Ury และ Wiggins (1971) กล่าวคือ จะใช้ $\nu' = n_j + n_{j'} - 2$ เมื่อข้อมูลเป็นไปตามเงื่อนไขอย่างน้อย 1 ข้อ ใน 4 ข้อ นอกเหนือจากนี้จะใช้ชั้นความเป็นอิสระที่กำหนดในเทคนิคของ Welch ซึ่งเงื่อนไข 4 ข้อ กำหนดดังนี้

1. $9/10 \leq n_j/n_{j'} \leq 10/9$
2. $9/10 \leq (\hat{\sigma}_j^2/n_j)/(\hat{\sigma}_{j'}^2/n_{j'}) \leq 10/9$
3. $4/5 \leq n_j/n_{j'} \leq 5/4$ และ $1/2 \leq (\hat{\sigma}_j^2/n_j)/(\hat{\sigma}_{j'}^2/n_{j'}) \leq 2$
4. $2/3 \leq n_j/n_{j'} \leq 3/2$ และ $3/4 \leq (\hat{\sigma}_j^2/n_j)/(\hat{\sigma}_{j'}^2/n_{j'}) \leq 4/3$

อสมการผลคูณของ Sidak

Sidak (1967) ได้เสนออสมการผลคูณของ Sidak ซึ่งกำหนดว่า ถ้า $Y = (Y_1, \dots, Y_m)$ เป็นเวกเตอร์เชิงสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร มีเวกเตอร์ของค่าเฉลี่ย (Mean Vector) เป็นศูนย์ และ $R = \{p_{ij}\}$ เป็นเมทริกซ์สหสัมพันธ์ใด ๆ ถ้า S^2 เป็นตัวแปรสุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน และมีการแจกแจงแบบ χ^2_ν / ν_j สำหรับจำนวนบวก a_1, \dots, a_m ใด ๆ แล้วจะได้

$$P\left(\frac{|Y_1|}{S} \leq a_1, \dots, \frac{|Y_m|}{S} \leq a_m\right) \geq \prod_{i=1}^m P\left(\frac{|Y_i|}{S} \leq a_i\right)$$

การประยุกต์ใช้สำหรับวิธีเปรียบเทียบพหุคูณของ Tamhane (1977) ซึ่งใช้การแจกแจงที่นั้นพิจารณาค่า $P\left(\frac{|Y_i|}{S} \leq a_i\right)$ คือ การทดสอบที (t-test) แต่ละครั้งนั่นเอง ดังนั้นอาจแทน $\frac{|Y_i|}{S}$ ด้วย $|t_i|$ อสมการ คือ

$$P(|t_1| \leq a_1, \dots, |t_m| \leq a_m) \geq \prod_{i=1}^m P(|t_i| \leq a_i)$$

สำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณที่มีจำนวน m การเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นอิสระต่อกันหรือไม่เป็นอิสระต่อกัน และทดสอบแต่ละการเปรียบเทียบที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ $\alpha_i (i = 1, 2, \dots, m)$ จะได้ว่า $P(|t_i| \leq a_i) = 1 - \alpha_i$ ดังนั้นอสมการ คือ

$$P(|t_i| \leq a_1, \dots, |t_m| \leq a_m) \geq \prod_{i=1}^m (1 - \alpha_i)$$

พิจารณา $P(|t_i| \leq a_1, \dots, |t_m| \leq a_m)$ คือ โอกาสที่จะไม่เกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ในการทดสอบ m การเปรียบเทียบหรือแทนด้วย $1 - \alpha_{EW}$ เมื่อ α_{EW} คือ อัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลอง ดังนั้นอสมการ คือ

$$1 - \alpha_{EW} \geq \prod_{i=1}^m (1 - \alpha_i)$$

นั่นคือ อสมการกำหนดว่าในการเปรียบเทียบพหุคูณจำนวน m การเปรียบเทียบที่เป็นอิสระต่อกันหรือไม่เป็นอิสระต่อกัน โอกาสที่จะไม่เกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ในการทดสอบการเปรียบเทียบทั้ง m การเปรียบเทียบ จะมากกว่าหรือเท่ากับผลคูณของโอกาสที่จะไม่เกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ในการทดสอบการเปรียบเทียบแต่ละครั้ง

การคำนวณที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่

หลังจากหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ แล้วนำค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่แต่ละคู่ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ ซึ่งคำนวณดังนี้

$$\hat{\psi}(T2) = tDS_{\frac{\alpha}{2}; C, \nu'} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}$$

เมื่อ $tDS_{\frac{\alpha}{2}; C, \nu'}$ = ค่าที่อ่านจากตารางที่ ใช้ข้อสมการผลคูณของ Sidak

และ $C = p(p-1)/2$

การเปรียบเทียบรายคู่แต่ละคู่จะมีนัยสำคัญเมื่อค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่แต่ละคู่มีค่ามากกว่า $\hat{\psi}(T2)$

ตารางที่ใช้ในการเปรียบเทียบพหุคูณวิธีของ Tamhane' s T2

ตารางที่ใช้กับวิธีของ Tamhane' s T2 พัฒนาขึ้นโดย Games (1977) ซึ่งเป็นตารางที่แสดงค่าที่ (t) ที่ใช้ข้อสมการผลคูณของ Sidak เมื่อแบ่งอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุให้เท่ากันทุกการเปรียบเทียบ คือ $\alpha_i = 1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{m}}$ ตารางนี้จะแสดงค่าที่ตามขนาดของชั้นความเป็นอิสระ 2(1) 30, 40, 60 และ 120 และจำนวนการเปรียบเทียบ 2-50 การเปรียบเทียบ

ตัวอย่าง วิธีทดสอบของ Tamhane' s T2

สมมติว่ามีการทดลองหนึ่งมี 4 ระดับทริทเมนต์ ซึ่งได้ทดสอบพบว่า มีความแปรปรวนในประชากรไม่เท่ากัน มีค่าสถิติพื้นฐานดังตาราง ก.

ข้อมูล เมื่อ $n = 10$ ในทุกระดับของทริทเมนต์

ตาราง ก. ค่าสถิติพื้นฐานของการทดลอง 4 ระดับพรีทเมนต์

$\bar{Y}_{\cdot 1} = 8.30$	$\bar{Y}_{\cdot 2} = 9.50$	$\bar{Y}_{\cdot 3} = 14$	$\bar{Y}_{\cdot 4} = 16$
$\hat{\sigma}_1^2 = 20.01$	$\hat{\sigma}_2^2 = 99.94$	$\hat{\sigma}_3^2 = 40$	$\hat{\sigma}_4^2 = 231.11$
$MS_{error} = 97.77$		$df = 36$	

จากข้อมูลนำมาหาผลต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ได้ดังตาราง ข.

ตาราง ข. แสดงผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่

	$\bar{Y}_{\cdot 1}$	$\bar{Y}_{\cdot 2}$	$\bar{Y}_{\cdot 3}$	$\bar{Y}_{\cdot 4}$
$\bar{Y}_{\cdot 1}$	–	1.20	5.70	7.70
$\bar{Y}_{\cdot 2}$	–	–	4.50	6.50
$\bar{Y}_{\cdot 3}$	–	–	–	2.00
$\bar{Y}_{\cdot 4}$	–	–	–	–

เปิดตาราง Percentage Points of the Dunn-Sidak Multiple Comparison Test

เมื่อ

$$\frac{\alpha}{2} = 0.05$$

$$C = p(p-1)/2$$

$$= 4(4-1)/2$$

$$= 6$$

ถ้าเปรียบเทียบกลุ่ม 1 กับ 2 จะได้

$$\begin{aligned}
 v' &= \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j-1)} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^4}{n_{j'}^2(n_{j'}-1)}} \\
 &= \frac{\left(\frac{20.01}{10} + \frac{99.94}{10}\right)^2}{\frac{(20.01)^2}{10^2(10-1)} + \frac{(99.94)^2}{10^2(10-1)}} \\
 &= \frac{143.8800}{11.5427} \\
 &= 12.47 \\
 &\approx 12
 \end{aligned}$$

จึงได้ค่า $tDS_{0.05;6,12} = 3.14$

(สำหรับการเปรียบเทียบคู่อื่น ๆ ทำได้โดยการแทนค่าไปที่ละคู่)

แทนค่า $tDS_{0.05;6,12} = 3.14$, $n = 10$, $\hat{\sigma}_1^2 = 20.01$ และ $\hat{\sigma}_2^2 = 99.94$ ลงในสูตร

$$\hat{\psi}(T2) = tDS_{\frac{\alpha}{2};c,v'} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}$$

โดยแทนค่ากลุ่มเปรียบเทียบ 1 กับ 2 ในสูตร $\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}$

$$\text{จะได้} \quad = \sqrt{\frac{20.01}{10} + \frac{99.94}{10}}$$

$$= 3.46$$

คำนวณค่า $\hat{\psi}(T2)$ จากสูตร

$$\hat{\psi}(T2) = tDS_{\frac{\alpha}{2};c,v'} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}$$

$$\text{จะได้} \quad = (3.14)(3.46)$$

$$= 10.86$$

ผลของการทดสอบได้แสดงดังตาราง ก.

ตาราง ค. แสดงผลการทดสอบสมมติฐานโดยวิธีทดสอบ Tamhane' s T2

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่า $\hat{\psi}(T2)$	การตัดสินใจ
1 กับ 2	1.20	10.86	not significance

ทำเช่นนี้ไปทุกกลุ่มเปรียบเทียบ

ขอยกตัวอย่างเพิ่มเติม โดยขออ้างถึงตาราง ข. ที่กล่าวมาข้างต้น และเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างมากขึ้น เมื่อ $n = 30$ แล้วกำหนดให้ความแปรปรวนของ 4 ระดับทริทเมนต์เป็น 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0 ตามลำดับ

ถ้าเปรียบเทียบกลุ่ม 1 กับ 2 จะได้

$$\begin{aligned} \nu' &= \frac{\left(\frac{1.0}{30} + \frac{2.0}{30}\right)^2}{\frac{(1.0)^2}{30^2(30-1)} + \frac{(2.0)^2}{30^2(30-1)}} \\ &= 52.20 \\ &\approx 52 \end{aligned}$$

จึงได้ค่า $tDS_{0.05;6,52} = 2.74$

(สำหรับการเปรียบเทียบคู่อื่น ๆ ทำได้โดยการแทนค่าไปที่ละคู่)

แทนค่า $tDS_{0.05;6,52} = 2.74$, $n = 30$, $\hat{\sigma}_1^2 = 1.0$ และ $\hat{\sigma}_2^2 = 2.0$ ลงในสูตร

$$\hat{\psi}(T2) = tDS_{\frac{\alpha}{2};C,\nu'} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}}$$

โดยแทนค่ากลุ่มเปรียบเทียบ 1 กับ 2 ในสูตร $\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}}$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= \sqrt{\frac{1.0}{30} + \frac{2.0}{30}} \\ &= 0.32 \end{aligned}$$

คำนวณค่า $\hat{\psi}(T2)$ จากสูตร

$$\hat{\psi}(T2) = tDS_{\frac{\alpha}{2};C,\nu'} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}}$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= (2.74)(0.32) \\ &= 0.88 \end{aligned}$$

(คำนวณเช่นนี้ไปทุกคู่)

ผลของการทดสอบได้แสดงดังตาราง ง.

ตาราง ง. แสดงผลการทดสอบสมมติฐานโดยวิธีทดสอบ Tamhane' s T2

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่า $\psi(T2)$	การตัดสินใจ
1 กับ 2	1.20	0.88	significance
1 กับ 3	5.70	1.02	significance
1 กับ 4	7.70	1.13	significance
2 กับ 3	4.50	1.12	significance
2 กับ 4	6.50	1.23	significance
3 กับ 4	2.00	1.31	significance

3.5.2) Dunnett' s T3 test

การทดสอบด้วยวิธี Dunnett' s T3 นี้ พัฒนาขึ้นโดย Dunnett (1980) เพื่อเป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร ในกรณีที่มีความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$mT3 = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}}}$$

เมื่อ $mT3$ แทนการเปรียบเทียบพหุคูณของ Dunnett' s T3

\bar{Y}_j แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j

$\bar{Y}_{j'}$ แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j'

$\hat{\sigma}_j^2$ แทนค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j

$\hat{\sigma}_{j'}^2$ แทนค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j'

n_j แทนจำนวนตัวอย่างของกลุ่ม j

$n_{j'}$ แทนจำนวนตัวอย่างของกลุ่ม j'

ภายใต้สมมติฐานไร้นัยสำคัญ H_0 เป็นจริง กล่าวคือ $\mu_1 = \mu_2$ แล้วสถิติทดสอบ Dunnett's T3 test จะมีลักษณะการแจกแจงแบบ Studentized Maximum Modulus Distribution of k ที่องศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) (C, ν') โดยที่องศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) นั้น เป็นค่าที่คำนวณโดยวิธีของ Welch's Modified ดังนี้

$$\nu' = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}} \right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j - 1)} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^4}{n_{j'}^2(n_{j'} - 1)}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|mT3| \geq m_{\alpha; C, \nu'}$ โดยที่ $m_{\alpha; C, \nu'}$ คือ ค่าวิกฤติที่เปิดตาราง Studentized Maximum Modulus Distribution ที่มีระดับนัยสำคัญและองศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) (C, ν') ตามลำดับ

ตัวอย่าง วิธีทดสอบของ Dunnett's T3

สมมติว่ามีการทดลองหนึ่งมี 4 ระดับทรีทเมนต์ ซึ่งได้ทดสอบพบว่า มีความแปรปรวนในประชากรไม่เท่ากัน มีค่าสถิติพื้นฐานดังตาราง ก.

ข้อมูล เมื่อ $n = 10$ ในทุกระดับของทรีทเมนต์

ตาราง ก. ค่าสถิติพื้นฐานของการทดลอง 4 ระดับทรีทเมนต์

$\bar{Y}_{.1} = 8.30$	$\bar{Y}_{.2} = 9.50$	$\bar{Y}_{.3} = 14$	$\bar{Y}_{.4} = 16$
$\hat{\sigma}_1^2 = 20.01$	$\hat{\sigma}_2^2 = 99.94$	$\hat{\sigma}_3^2 = 40$	$\hat{\sigma}_4^2 = 231.11$
$MS_{error} = 97.77$		$df = 36$	

จากข้อมูลนำมาหาผลต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ได้ดังตาราง ข.

ตาราง ข. แสดงผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่

	$\bar{Y}_{.1}$	$\bar{Y}_{.2}$	$\bar{Y}_{.3}$	$\bar{Y}_{.4}$
$\bar{Y}_{.1}$	–	1.20	5.70	7.70
$\bar{Y}_{.2}$	–	–	4.50	6.50
$\bar{Y}_{.3}$	–	–	–	2.00
$\bar{Y}_{.4}$	–	–	–	–

คำนวณค่าสถิติทดสอบ

$$mT3 = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}}}$$

ถ้าเปรียบเทียบกลุ่ม 1 กับ 2 จะได้

$$mT3 = \frac{1.20}{\sqrt{\frac{20.01}{10} + \frac{99.94}{10}}}$$

$$= 0.35$$

(สำหรับการเปรียบเทียบคู่อื่น ๆ ทำได้โดยการแทนค่าไปที่ละคู่)

ค่าวิกฤติ $m_{0.05;C,\nu'}$

$$C = p(p-1)/2$$

$$= 4(4-1)/2$$

$$= 6$$

$$\nu' = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j-1)} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^4}{n_{j'}^2(n_{j'}-1)}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\left(\frac{20.01}{10} + \frac{99.94}{10}\right)^2}{\frac{(20.01)^2}{10^2(10-1)} + \frac{(99.94)^2}{10^2(10-1)}} \\
&= \frac{143.8800}{11.5427} \\
&= 12.47 \\
&\approx 12
\end{aligned}$$

เปิดตาราง Studentized Maximum Modulus Distribution ที่ $\alpha = 0.05$, $C = 6$, $\nu' = 12$
 จะได้ค่าวิกฤติ เท่ากับ 3.09
 (ทำเช่นนี้ไปทุกคู่)

ผลของการทดสอบได้แสดงดังตาราง ค.

ตาราง ค. แสดงผลการทดสอบสมมติฐาน โดยวิธีทดสอบ Dunnett' s T3

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าสถิติ	ค่าวิกฤติ	การตัดสินใจ
1 กับ 2	0.35	$m_{0.05;6,12} = 3.09$	not significance
1 กับ 3	2.33	$m_{0.05;6,16} = 2.97$	not significance
1 กับ 4	1.54	$m_{0.05;6,11} = 3.14$	not significance
2 กับ 3	1.20	$m_{0.05;6,15} = 3.00$	not significance
2 กับ 4	1.13	$m_{0.05;6,16} = 2.97$	not significance
3 กับ 4	0.38	$m_{0.05;6,12} = 3.09$	not significance

ขอยกตัวอย่างเพิ่มเติม โดยขออ้างถึงตาราง ข. ที่กล่าวมาข้างต้น และเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างมากขึ้น เมื่อ $n = 30$ แล้วกำหนดให้ความแปรปรวนของ 4 ระดับทรีทเมนต์เป็น 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0 ตามลำดับ

ถ้าเปรียบเทียบกลุ่ม 1 กับ 2 จะได้

$$\begin{aligned}
mT3 &= \frac{1.20}{\sqrt{\frac{1.0}{30} + \frac{2.0}{30}}} \\
&= 3.75
\end{aligned}$$

(สำหรับการเปรียบเทียบคู่อื่น ๆ ทำได้โดยการแทนค่าไปที่ละคู่)

ค่าวิกฤติ $m_{0.05;C,\nu'}$

$$\begin{aligned} C &= 4(4-1)/2 \\ &= 6 \\ \nu' &= \frac{\left(\frac{1.0}{30} + \frac{2.0}{30}\right)^2}{\frac{(1.0)^2}{30^2(30-1)} + \frac{(2.0)^2}{30^2(30-1)}} \\ &= 52.20 \\ &\approx 52 \end{aligned}$$

เปิดตาราง Studentized Maximum Modulus Distribution ที่ $\alpha = 0.05$, $C = 6$, $\nu' = 52$ จะได้ค่าวิกฤติ เท่ากับ 2.74 (ทำเช่นนี้ไปทุกคู่)

ผลของการทดสอบได้แสดงดังตาราง ง.

ตาราง ง. แสดงผลการทดสอบสมมติฐานโดยวิธีทดสอบ Dunnett's T3

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าสถิติ	ค่าวิกฤติ	การตัดสินใจ
1 กับ 2	3.75	$m_{0.05;6,52} = 2.74$	significance
1 กับ 3	15.41	$m_{0.05;6,46} = 2.75$	significance
1 กับ 4	18.78	$m_{0.05;6,43} = 2.75$	significance
2 กับ 3	10.98	$m_{0.05;6,56} = 2.73$	significance
2 กับ 4	14.44	$m_{0.05;6,52} = 2.74$	significance
3 กับ 4	4.17	$m_{0.05;6,57} = 2.73$	significance

3.5.3) Games-Howell test

การทดสอบด้วยวิธี Games-Howell นี้ พัฒนาขึ้นโดย Games และ Howell (1976) เพื่อเป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรสองกลุ่ม ในกรณีที่มีความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$qGH = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)/2}}$$

เมื่อ	qGH	แทนการเปรียบเทียบพหุคูณของ Games และ Howell
	\bar{Y}_j	แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j
	$\bar{Y}_{j'}$	แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j'
	$\hat{\sigma}_j^2$	แทนค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j
	$\hat{\sigma}_{j'}^2$	แทนค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j'
	n_j	แทนจำนวนตัวอย่างของกลุ่ม j
	$n_{j'}$	แทนจำนวนตัวอย่างของกลุ่ม j'

ภายใต้สมมติฐานไร้นัยสำคัญ H_0 เป็นจริง กล่าวคือ $\mu_1 = \mu_2$ แล้วสถิติทดสอบ Games-Howell test มีองศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) (p, v') โดยที่องศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) นั้น เป็นค่าที่คำนวณโดยวิธีของ Welch's Modified ดังนี้

$$v' = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}} \right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j - 1)} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^4}{n_{j'}^2(n_{j'} - 1)}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|qGH| \geq q_{\alpha; p, v'}$ โดยที่ $q_{\alpha; p, v'}$ คือ ค่าวิกฤติที่เปิดตาราง Studentized Range Distribution ที่มีระดับนัยสำคัญและองศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) (p, v') ตามลำดับ

ตัวอย่าง วิธีทดสอบของ Games-Howell

สมมติว่ามีการทดลองหนึ่งมี 4 ระดับทรีทเมนต์ ซึ่งได้ทดสอบพบว่า มีความแปรปรวนในประชากรไม่เท่ากัน มีค่าสถิติพื้นฐานดังตาราง ก.

ข้อมูล เมื่อ $n = 10$ ในทุกระดับของทรีทเมนต์

ตาราง ก. ค่าสถิติพื้นฐานของการทดลอง 4 ระดับพหุคูณ

$\bar{Y}_{\cdot 1} = 8.30$	$\bar{Y}_{\cdot 2} = 9.50$	$\bar{Y}_{\cdot 3} = 14$	$\bar{Y}_{\cdot 4} = 16$
$\hat{\sigma}_1^2 = 20.01$	$\hat{\sigma}_2^2 = 99.94$	$\hat{\sigma}_3^2 = 40$	$\hat{\sigma}_4^2 = 231.11$
$MS_{error} = 97.77$		$df = 36$	

จากข้อมูลนำมาหาผลต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ได้ดังตาราง ข.

ตาราง ข. แสดงผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่

	$\bar{Y}_{\cdot 1}$	$\bar{Y}_{\cdot 2}$	$\bar{Y}_{\cdot 3}$	$\bar{Y}_{\cdot 4}$
$\bar{Y}_{\cdot 1}$	–	1.20	5.70	7.70
$\bar{Y}_{\cdot 2}$	–	–	4.50	6.50
$\bar{Y}_{\cdot 3}$	–	–	–	2.00
$\bar{Y}_{\cdot 4}$	–	–	–	–

คำนวณค่าสถิติทดสอบ

$$qGH = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)/2}}$$

ถ้าเปรียบเทียบกลุ่ม 1 กับ 2 จะได้

$$qGH = \frac{1.20}{\sqrt{\left(\frac{20.01}{10} + \frac{99.94}{10}\right)/2}}$$

$$= 0.49$$

ค่าวิกฤติ $q_{\alpha;p,v'}$

โดยที่ $\alpha = 0.05$, $p = 4$, $v' =$ ได้จาก Welch Modified เช่นเดียวกับ Dunnett's T3

ดังนั้นจะได้ $q_{0.05;4,12} = 4.20$

(คำนวณเช่นนี้ไปทุกคู่)

ผลของการทดสอบได้แสดงดังตาราง ก.

ตาราง ก. แสดงผลการทดสอบสมมติฐานโดยวิธีทดสอบ Games-Howell

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าสถิติ	ค่าวิกฤติ	การตัดสินใจ
1 กับ 2	0.49	$q_{0.05;4,12} = 4.20$	not significance
1 กับ 3	3.29	$q_{0.05;4,16} = 4.05$	not significance
1 กับ 4	2.17	$q_{0.05;4,11} = 4.26$	not significance
2 กับ 3	1.70	$q_{0.05;4,15} = 4.08$	not significance
2 กับ 4	1.60	$q_{0.05;4,16} = 4.05$	not significance
3 กับ 4	0.54	$q_{0.05;4,12} = 4.20$	not significance

ขอยกตัวอย่างเพิ่มเติม โดยขออ้างถึงตาราง ข. ที่กล่าวมาข้างต้น และเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างมากขึ้น เมื่อ $n = 30$ แล้วกำหนดให้ความแปรปรวนของ 4 ระดับทรีทเมนต์เป็น 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0 ตามลำดับ

ถ้าเปรียบเทียบกลุ่ม 1 กับ 2 จะได้

$$q_{GH} = \frac{1.20}{\sqrt{\left(\frac{1.0}{30} + \frac{2.0}{30}\right)/2}} = 5.37$$

ค่าวิกฤติ $q_{\alpha;p,v'}$

โดยที่ $\alpha = 0.05$, $p = 4$, $v' =$ ได้จาก Welch Modified เช่นเดียวกับ Dunnett's T3

ดังนั้นจะได้ $q_{0.05;4,52} = 3.76$

(คำนวณเช่นนี้ไปทุกคู่)

ผลของการทดสอบได้แสดงดังตาราง ง.

ตาราง ง. แสดงผลการทดสอบสมมติฐานโดยวิธีทดสอบ Games-Howell

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าสถิติ	ค่าวิกฤติ	การตัดสินใจ
1 กับ 2	5.37	$q_{0.05;4,52} = 3.76$	significance
1 กับ 3	22.08	$q_{0.05;4,46} = 3.78$	significance
1 กับ 4	26.67	$q_{0.05;4,43} = 3.78$	significance
2 กับ 3	15.59	$q_{0.05;4,56} = 3.75$	significance
2 กับ 4	20.55	$q_{0.05;4,52} = 3.76$	significance
3 กับ 4	5.86	$q_{0.05;4,57} = 3.75$	significance

3.5.4) Dunnett' s C

การทดสอบด้วยวิธี Dunnett' s C นี้ พัฒนาขึ้นโดย Dunnett (1980) เป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรสองกลุ่ม ในกรณีที่มีความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$qC = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right) / 2}}$$

เมื่อ qC แทนการเปรียบเทียบพหุคูณของ Dunnett' s C

\bar{Y}_j แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j

$\bar{Y}_{j'}$ แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j'

$\hat{\sigma}_j^2$ แทนค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j

$\hat{\sigma}_{j'}^2$ แทนค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j'

n_j แทนจำนวนตัวอย่างของกลุ่ม j

$n_{j'}$ แทนจำนวนตัวอย่างของกลุ่ม j'

ค่าวิกฤติ $qC_{\alpha;p} = \frac{q_{\alpha;p,v_j} \left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j}\right) + q_{\alpha;p,v_{j'}} \left(\frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)}{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}}$

โดยที่ $q_{\alpha;p,v_j} =$ ค่าวิกฤติที่เปิดตาราง Studentized Range Distribution

และ α = Familywise Error Rate

p = จำนวนของค่าเฉลี่ยใน Family

$\nu_j = n_j - 1$

ดังนั้นจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $|qC| \geq qC_{\alpha;p}$

ตัวอย่าง วิธีทดสอบของ Dunnett' s C

สมมติว่ามีการทดลองหนึ่งมี 4 ระดับทรีทเมนต์ ซึ่งได้ทดสอบพบว่า มีความแปรปรวนในประชากรไม่เท่ากัน มีค่าสถิติพื้นฐานดังตาราง ก.

ข้อมูล เมื่อ $n = 10$ ในทุกระดับของทรีทเมนต์

ตาราง ก. ค่าสถิติพื้นฐานของการทดลอง 4 ระดับทรีทเมนต์

$\bar{Y}_{.1} = 8.30$	$\bar{Y}_{.2} = 9.50$	$\bar{Y}_{.3} = 14$	$\bar{Y}_{.4} = 16$
$\hat{\sigma}_1^2 = 20.01$	$\hat{\sigma}_2^2 = 99.94$	$\hat{\sigma}_3^2 = 40$	$\hat{\sigma}_4^2 = 231.11$
$MS_{error} = 97.77$	$df = 36$		

จากข้อมูลนำมาหาผลต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ได้ดังตาราง ข.

ตาราง ข. แสดงผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่

	$\bar{Y}_{.1}$	$\bar{Y}_{.2}$	$\bar{Y}_{.3}$	$\bar{Y}_{.4}$
$\bar{Y}_{.1}$	—	1.20	5.70	7.70
$\bar{Y}_{.2}$	—	—	4.50	6.50
$\bar{Y}_{.3}$	—	—	—	2.00
$\bar{Y}_{.4}$	—	—	—	—

คำนวณค่าสถิติทดสอบ

$$qC = \frac{\bar{Y}_j - \bar{Y}_{j'}}{\sqrt{\left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)/2}}$$

ถ้าเปรียบเทียบกลุ่ม 1 กับ 2 จะได้

$$qC = \frac{1.20}{\sqrt{\left(\frac{20.01}{10} + \frac{99.94}{10}\right)/2}}$$

$$= 0.49$$

ค่าวิกฤติ

$$qC_{\alpha;p} = \frac{q_{\alpha;p,v_j} \left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j}\right) + q_{\alpha;p,v_{j'}} \left(\frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)}{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}}$$

โดยที่ $q_{\alpha;p,v_j}$ ได้จากการเปิดตาราง Studentized Range Distribution

เมื่อ $\alpha = 0.05$, $p = 4$, $v_j = n_j - 1 = 9$ จะได้ $q_{0.05;4,9} = 4.41$

ดังนั้นค่าวิกฤติ

$$qC_{\alpha;p} = \frac{4.41 \left(\frac{20.01}{10}\right) + 4.41 \left(\frac{99.94}{10}\right)}{\left(\frac{20.01}{10} + \frac{99.94}{10}\right)}$$

$$= 4.41$$

(คำนวณเช่นนี้ไปทุกคู่) สรุปผลการทดสอบดังตาราง ค.

ตาราง ค. แสดงผลการทดสอบสมมติฐาน โดยวิธีทดสอบ Dunnett's C

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าสถิติ	ค่าวิกฤติ	การตัดสินใจ
1 กับ 2	0.49	$qC_{0.05;4} = 4.41$	not significance
1 กับ 3	3.29	$qC_{0.05;4} = 4.41$	not significance
1 กับ 4	2.17	$qC_{0.05;4} = 4.41$	not significance
2 กับ 3	1.70	$qC_{0.05;4} = 4.41$	not significance
2 กับ 4	1.60	$qC_{0.05;4} = 4.41$	not significance
3 กับ 4	0.54	$qC_{0.05;4} = 4.41$	not significance

ขอยกตัวอย่างเพิ่มเติม โดยขออ้างถึงตาราง ข. ที่กล่าวมาข้างต้น และเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างมากขึ้น เมื่อ $n = 30$ แล้วกำหนดให้ความแปรปรวนของ 4 ระดับทรีทเมนต์เป็น 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0 ตามลำดับ

ถ้าเปรียบเทียบกลุ่ม 1 กับ 2 จะได้

$$qC = \frac{1.20}{\sqrt{\left(\frac{1.0}{30} + \frac{2.0}{30}\right)/2}}$$

$$= 5.37$$

ค่าวิกฤติ

$$qC_{\alpha;p} = \frac{q_{\alpha;p,v_j} \left(\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j}\right) + q_{\alpha;p,v_{j'}} \left(\frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}\right)}{\frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} + \frac{\hat{\sigma}_{j'}^2}{n_{j'}}}$$

โดยที่ $q_{\alpha;p,v_j}$ ได้จากการเปิดตาราง Studentized Range Distribution เมื่อ $\alpha = 0.05$, $p = 4$, $v_j = n_j - 1 = 29$ จะได้ $q_{0.05;4,29} = 3.86$

ดังนั้นค่าวิกฤติ

$$qC_{\alpha;p} = \frac{3.86 \left(\frac{1.0}{30}\right) + 3.86 \left(\frac{2.0}{30}\right)}{\left(\frac{1.0}{30} + \frac{2.0}{30}\right)}$$

$$= 3.86$$

(คำนวณเช่นนี้ไปทุกคู่) สรุปผลการทดสอบดังตาราง ง.

ตาราง ง. แสดงผลการทดสอบสมมติฐานโดยวิธีทดสอบ Dunnett' s C

กลุ่มเปรียบเทียบ	ค่าสถิติ	ค่าวิกฤติ	การตัดสินใจ
1 กับ 2	5.37	$qC_{0.05;4} = 3.86$	significance
1 กับ 3	22.08	$qC_{0.05;4} = 3.86$	significance
1 กับ 4	26.67	$qC_{0.05;4} = 3.86$	significance
2 กับ 3	15.59	$qC_{0.05;4} = 3.86$	significance
2 กับ 4	20.55	$qC_{0.05;4} = 3.86$	significance
3 กับ 4	5.86	$qC_{0.05;4} = 3.86$	significance

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยใช้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองนั้น แบ่งเป็น 2 เกณฑ์ ดังนี้

4.1 เกณฑ์ของ Cochran

เป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาว่าสถิติทดสอบใดสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ เมื่อ

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่า τ ต้องอยู่ในช่วง [0.04, 0.06]

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่า τ ต้องอยู่ในช่วง [0.007, 0.015]

จึงจะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ณ ระดับนัยสำคัญนั้น ๆ

4.2 เกณฑ์ของ Bradley

เป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาว่าสถิติทดสอบใดสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ เมื่อ

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่า τ ต้องอยู่ในช่วง [0.025, 0.075]

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่า τ ต้องอยู่ในช่วง [0.005, 0.015]

จึงจะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ณ ระดับนัยสำคัญนั้น ๆ

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากผลการทดลองของสถิติทดสอบอยู่นอกขอบเขตดังกล่าว จะถือว่าการทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ซึ่งแยกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 มากกว่าขอบเขตบนของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 มากกว่า α ที่กำหนด ($\tau > \alpha$)

กรณีที่ 2 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 น้อยกว่าขอบเขตล่างของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 น้อยกว่า α ที่กำหนด ($\tau < \alpha$)

ในกรณีที่ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในขอบเขตที่ระบุสำหรับแต่ละเกณฑ์ที่กำหนด จะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เท่ากับค่า α ที่กำหนด ($\tau = \alpha$) และสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

ตอนที่ 5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ทั้งการวิจัยเชิงทดลองและการวิจัยเชิงสำรวจมักจะทำการศึกษาความมีนัยสำคัญในค่าเฉลี่ยของประชากรหรือหาข้อสรุปว่าการจัดกระทำ (Treatment) ที่ให้ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีการจัดกระทำใดบ้างที่ให้ผลแตกต่างกัน ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีมากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อทำการทดสอบดังกล่าว และถ้าทำการทดสอบแล้วปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรทุกกลุ่มเท่ากันหรือ $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ แสดงว่า ค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งกลุ่มจะแตกต่างจากกลุ่มอื่น ซึ่งผู้วิจัยยังสรุปรายละเอียดไม่ได้ว่า ผลจากการจัดกระทำใดหรือค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มใดบ้างที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยต้องทำการทดสอบเพื่อตัดสินใจต่อไปว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มใดไม่เท่ากันบ้าง โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณ การเปรียบเทียบดังกล่าวนี้ Toothaker (1993) กล่าวว่า เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย k จำนวน ในรูปของผลรวมเชิงเส้นของค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า ของค่าเฉลี่ย k จำนวน หรือเป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหนึ่งค่ากับค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยอื่นที่เหลือ

นักสถิติหลายท่านได้พัฒนาเทคนิคค้นหาวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณไว้หลากหลายวิธี ซึ่ง Kirk (1995) ได้รวบรวมไว้ในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มแรก เป็นกลุ่มวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของค่าสถิติที่ว่า ความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (Homogeneous Variances) วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในกลุ่มนี้มีหลายวิธี แบ่งได้เป็น การเปรียบเทียบแบบวางแผนล่วงหน้า (Planned Contrast) เช่น Dunnett's test และ Holm's test และการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) เช่น Tukey's test, Fisher-Hayter test และ Scheffe's test เป็นต้น ส่วนกลุ่มที่สอง คือ กลุ่มวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของค่าสถิติ คือ ความแปรปรวนต่างกัน (Heterogeneous Variances) วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในกลุ่มนี้มีหลายวิธี แบ่งได้เป็น การเปรียบเทียบแบบวางแผนล่วงหน้า (Planned Contrast) เช่น Dunnett's test with modifications และ Holm's test with Welch degrees of freedom และการ

เปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) เช่น Dunnett' s T3 test, Dunnett' s C test, Games-Howell test และ Brown-Forsythe test

Games, Keselman และ Rogan (1981) ได้สรุปถึงความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณจากผลการวิจัยของ Ramseyer และ Tcheng (1973), Games และ Howell (1974 และ 1976), Games, Keselman, และ Rogan (1978 และ 1979), และ Tamhane (1979) โดยจำแนกวิธีเปรียบเทียบพหุคูณจากงานวิจัยเหล่านี้เป็น 2 แบบ คือ (1) แบบที่ใช้ MSW (mean square within groups) เป็นตัวประมาณค่าความแปรปรวนของการเปรียบเทียบ (contrast) มี 6 วิธี ได้แก่ วิธีของ Kramer และ Tukey (1956), วิธีของ Scheffe, วิธีของ Spjøtvoll และ Stoline (1973), วิธีของ Dunn-Bonferroni, วิธีของ Hochberg (1974) และวิธีของ Gabriel (1978) และ (2) แบบที่ใช้การประมาณค่าความแปรปรวนของการเปรียบเทียบด้วยวิธีของ Behrens-Fisher มี 5 วิธี ได้แก่ วิธีของ Ury และ Wiggins (1971), วิธีของ Brown และ Forsythe (1974), วิธีของ Games และ Howell (1976), วิธีของ Tamhane (1977) และวิธีของ Dunnett (1980b) ซึ่งผลสรุปความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 2 แบบนี้ Games, Keselman และ Rogan (1981) กล่าวว่า วิธีเปรียบเทียบพหุคูณแบบที่หนึ่ง แม้ว่าจะมีบางวิธีสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน แต่วิธีเปรียบเทียบพหุคูณเหล่านี้จะไม่แกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นด้านความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน สำหรับงานวิจัยที่ต้องใช้วิธีเปรียบเทียบพหุคูณ เมื่อความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกัน ควรเลือกใช้วิธีเปรียบเทียบพหุคูณแบบที่สอง ซึ่งสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ดีกว่าการเปรียบเทียบพหุคูณแบบที่หนึ่ง

Tamhane (1974; อ้างถึงใน สมคิด ไวยวุฒินันท์, 2530) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 7 วิธี ได้แก่ วิธีของ Dalal, วิธีของ Spjøtvoll, วิธีของ Hochberg, วิธีของ Tamhane, วิธีของ Games และ Howell, วิธีของ Brown และ Forsythe และวิธีของ Spjøtvoll และ Stoline โดยศึกษาเฉพาะการเปรียบเทียบรายคู่ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก และความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกัน พบว่า วิธีเปรียบเทียบพหุคูณที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองได้ใกล้เคียงกับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ คือ วิธีของ Tamhane และวิธีของ Games และ Howell โดย Tamhane (1974) กล่าวว่า วิธีของ Tamhane นั้น อัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองไม่มากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุทุกกรณีการทดลอง ในขณะที่วิธีของ Games และ Howell นั้น มีบางกรณีที่อัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองสูงกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุมากเกินไป

Keselman (1974) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่มีเงื่อนไขความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดเท่ากัน โดยเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติ Bonferroni และวิธีของ Scheffe' s เมื่อกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ และความแปรปรวนของประชากรเท่ากันทุกกลุ่ม โดยศึกษาเฉพาะการเปรียบเทียบรายคู่ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมี 4 กลุ่ม พบว่า สถิติ Bonferroni มีอำนาจการทดสอบสูงกว่า วิธีของ Scheffe' s

Carmer และ Swanson (1973) ได้ทำการศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่มีเงื่อนไขความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดเท่ากัน 3 วิธี ได้แก่ วิธี Scheffe' s, Tukey' s และ S-N-K ด้วยแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 10 คู่ ซึ่งมีพารามิเตอร์ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5, 10 และ 20 และกำหนดระดับนัยสำคัญเฉพาะที่ $\alpha = 0.05$ ใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลองซ้ำ 4,000 ครั้ง ผลการวิจัยแสดงอัตราความคลาดเคลื่อน 2 แบบ คือ อัตราความคลาดเคลื่อนต่อการเปรียบเทียบและอัตราความคลาดเคลื่อนต่อการทดลอง อัตราความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Scheffe' s มีค่าน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ วิธี Tukey' s และวิธี S-N-K ให้อัตราความคลาดเคลื่อนสูงกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ 0.05 แต่วิธี Tukey' s ยังให้อัตราความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าวิธีทดสอบของ S-N-K และวิธี Tukey' s ใช้ได้ผลดีแม้ว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

Boardman และ Moffitt (1971) ได้ทำการศึกษาวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณภายใต้ค่าความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดไม่แตกต่างกัน 5 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, HSD, Scheffe' s, Duncan และ S-N-K กลุ่มตัวอย่างมีการแจกแจงแบบปกติ ขนาด 5, 10 และ 15 ในระดับการทดลองตั้งแต่ 2-11 และทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อน 2 แบบ คือ อัตราความคลาดเคลื่อนต่อการเปรียบเทียบและอัตราความคลาดเคลื่อนต่อการทดลอง ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าอัตราความคลาดเคลื่อนของวิธี LSD และวิธี Duncan เพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย ส่วนวิธี Scheffe' s เป็นวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนคงที่มากที่สุด

Toothaker (1991) กล่าวว่า การทดสอบเอฟเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญในค่าเฉลี่ยของประชากร k กลุ่ม เมื่อการทดสอบเอฟมีนัยสำคัญ จึงใช้การเปรียบเทียบภายหลัง การละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นจะมีผลกระทบต่อวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยสถิติทดสอบเอฟ โดยเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็กแต่มีความแปรปรวนสูง และกลุ่มตัวอย่างที่มี

ขนาดใหญ่แต่มีความแปรปรวนต่ำ ค่าระดับนัยสำคัญจะผิดจากความเป็นจริง ทำให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของการเปรียบเทียบภายหลังควบคุมไม่ได้

ในการออกแบบการทดสอบแบบสุ่มสมบูรณ์ (CR-k) การทดสอบเอฟจะขึ้นอยู่กับโมเดล $X_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$ ซึ่งมีความหมายว่า X_{ij} คือ คะแนนของการสังเกตในการทดลอง จะเกิดจากค่าเฉลี่ยรวมของประชากร (μ) บวกกับผลจากการทดลอง (α_j) และความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง (ε_{ij}) ซึ่งเป็นอิสระ และข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบเอฟ คือ ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน และประชากรแต่ละกลุ่มมีความเป็นอิสระต่อกัน

Ramsey (1980) กล่าวว่า จากการวิจัยและศึกษาของ Cochran (1947), Lindquist (1953), Boneau (1960) และ Bradley (1978) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อตรวจสอบความแกร่ง (Robust) ของการทดสอบทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการทดสอบเอฟ ภายใต้สภาวะการณ์ของการกระจายไม่เป็นปกติ (Nonnormality) และความไม่เท่ากันของความแปรปรวนของประชากร (Heterogeneity of Variance) การวิจัยดังกล่าวได้สรุปผลที่สอดคล้องกัน คือ การทดสอบเอฟมีลักษณะแกร่ง แม้ว่าการกระจายและความแปรปรวนของประชากรจะไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบเอฟ

Cochran และ Cox (1957) กล่าวว่า การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนจะมีผลต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบและความไวของการทดสอบ ดังการทดสอบที่ตั้งระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แต่ในความจริงอาจจะพบว่าอยู่นอกขอบเขตของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 การทดสอบที่มีความไวต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเช่นนี้ย่อมทำให้อำนาจของการทดสอบลดลงและผลสรุปที่ได้ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนต่อความจริง การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นนี้ บุญธรรม กิจปริดาภิวัตน์ (2531) กล่าวว่า กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากันจะมีผลไม่มากนัก แต่กรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากันจะมีผลมาก ทำให้ข้อสรุปไม่ตรงความจริงได้ ฉะนั้นเพื่อป้องกันความผิดพลาดจึงควรทำการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนก่อน

บุญนุช พินธุ (2548) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 14 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Tukey's HSD, Bonferroni, Tukey's b, Sidak, Duncan, Scheffe's, Hochberg's GT2, R-E-G-WF, Gabriel, R-E-G-WQ, Waller-Duncan, S-N-K และ Dunnett ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ที่ $\alpha = 0.05$ ภายใต้เงื่อนไขประชากรทั้ง k กลุ่ม มีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (Equal Variances Assumed) และแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบใน 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

จะทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) กรณีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน จะกำหนดให้จำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และเพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ระดับทริทเมนต์ที่ใช้ในการทดลองมี 6 ระดับ ได้แก่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม โดยการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลอง 10,000 ครั้ง ในแต่ละขนาดการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด จะไม่แตกต่างกันในทุกขนาดการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาที่อำนาจการทดสอบพบว่า วิธีการทดสอบจะมีอำนาจการทดสอบแปรผันตรงกับขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน

เมื่อพิจารณาที่จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลองพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 12 วิธี จะลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้นทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน ได้แก่ วิธี Tukey' s HSD, Bonferroni, Tukey' s b, Sidak, Duncan, Scheffe' s, Hochberg' s GT2, R-E-G-WF, Gabriel, R-E-G-WQ, S-N-K และ Dunnett ส่วนอีก 2 วิธี ได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกกรณีมี 2 วิธี คือ วิธี LSD และ Duncan วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เป็นบางกรณีมี 7 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, Dunnett, Tukey' s b, Waller-Duncan, S-N-K, Gabriel และ R-E-G-WF และวิธีการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ มี 5 วิธี คือ Bonferroni, Tukey' s HSD, Hochberg' s GT2, Scheffe' s และ R-E-G-WQ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกกรณีมี 3 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan และ Duncan วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เป็นบางกรณี มี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Dennett, Tukey' s b, S-N-K, Gabriel และ R-E-G-WF และวิธีการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ มี 6 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Sidak, Tukey' s HSD, Hochberg' s GT2, Scheffe' s, และ R-E-G-WQ โดยทุกวิธีการทดสอบที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบจะมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นตามจำนวนและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาที่อำนาจการทดสอบ พบว่า วิธี LSD และ Waller-Duncan จะเป็น 2 วิธี ที่มีค่าใกล้เคียงกันและมีอำนาจการทดสอบสูงทุกกรณี เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 ถึง 4 กลุ่ม และวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกกรณี เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 5 ถึง 8 กลุ่ม

สิรินุช เอี่ยมเจียว (2544) ได้ทำการศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่บางวิธีภายใต้ความแปรปรวนที่ต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett' s T3, Games-Howell และ Brown-Forsythe ภายใต้ความแปรปรวนที่ต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2, 4 และ 6 สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มจากประชากรโดยวิธี Two-Stage Random Sampling จำนวน 583 คน แล้วสุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาด 20, 40, 80 และ 120 ด้วยการสุ่มแบบสุ่มคืน ผลการวิจัยพบว่า การเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 3 วิธี ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 80 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกัน ส่วนในกลุ่มตัวอย่างขนาด 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยวิธี Dunnett' s T3 กับ วิธี Brown-Forsythe มีผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.003 และวิธี Games-Howell กับ วิธี Brown-Forsythe มีผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.003

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Dunnett' s T3 จากกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 และขนาด 20 กับ 120, ขนาด 40 กับ 80, ขนาด 40 กับ 120 และขนาด 80 กับ 120 ให้ผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Games-Howell จากกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 และขนาด 20 กับ 120, ขนาด 40 กับ 80, ขนาด 40 กับ 120 และขนาด 80 กับ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 และผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Brown-Forsythe จากกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 และขนาด 20 กับ 120 และขนาด 80 กับ 120 ให้ผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0025 เช่นเดียวกัน

พหล ศักดิ์คะทนต์ (2534) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 วิธี ได้แก่ วิธี Unrestricted LSD, วิธี Bonferroni (Dunn) T-test และ Murphys Gap LSD โดยพิจารณาจากอำนาจการทดสอบภายหลังจากการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 แล้ว กำหนดสิ่งทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้มี 9 ระดับ คือ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ใช้จำนวนซ้ำ 4 ระดับ คือ 5, 10, 15 และ 20 และในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ใช้ระดับบล็อก 3 ระดับ คือ 5, 7, 10 เมื่อ α เป็น 0.01 และ 0.05 โดยทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลอง 1,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า ในการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ วิธี Unrestricted LSD ให้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ และสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทั้งหมดระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ทุกระดับของจำนวนสิ่งทดลองและทุกระดับจำนวนซ้ำ วิธี Bonferroni (Dunn) T-test สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 และ 3 เท่านั้นทั้งสองระดับนัยสำคัญ และเมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จะลดลงเรื่อย ๆ และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ และวิธี Murphys Gap LSD สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ในช่วงจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ถึง 5 เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 6 และ 7 สามารถควบคุมได้บ้าง แต่เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 9 และ 10 ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งสองระดับนัยสำคัญ เนื่องจากเมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้นผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองจะมีแนวโน้มลดลง จึงทำให้ผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองแต่ละคู่ต่ำกว่าเกณฑ์มากขึ้นเรื่อย ๆ

ส่วนในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ วิธี Unrestricted LSD ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เลย เนื่องจากวิธีนี้พิจารณาความแปรปรวนของหน่วยทดลองภายในสิ่งทดลองเดียวกัน ซึ่งมีความแปรปรวนสูงกว่าแบบสุ่มสมบูรณ์ วิธี Bonferroni (Dunn) T-test จะมีลักษณะเช่นเดียวกับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ คือ จะควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 และ 3 และวิธี Murphys Gap LSD สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ เมื่อจำนวนสิ่งทดลองไม่เกิน 6 และเมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 7 และ 8 สามารถควบคุมได้บ้าง แต่เมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้นเท่ากับ 9 และ 10 จะไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองแต่ละคู่มีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้น จึงทำให้แนวโน้มของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองต่ำกว่าเกณฑ์มากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำลงเมื่อจำนวนสิ่งทดลองมากขึ้น

สมคิด ไวยวุฒินันท์ (2530) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างบอนเฟอโรนินิที โคลสแควร์ของมาร์ชูล และวิธีของทัมฮานน์ โดยต้องการเปรียบเทียบและหาผลสรุปลักษณะของอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากผลการทดลอง (Actual Type I Error Rate) ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 3 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni t Statistic, Marascuilo' s χ^2 และ Tamhane Procedure ภายใต้การแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) โดยที่กลุ่มตัวอย่างเป็น 3, 4 และ 5 กลุ่ม ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากันทุกกลุ่ม คือ ขนาด 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กำหนดค่าพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และกำหนดอัตราส่วนขนาดความแปรปรวนของประชากรทั้งที่เท่ากันและแตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ 1:1:1, 1:2:3 และ 1:4:7 สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม 1:1:1:1, 1:2:3:4 และ 1:4:7:10 สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม และ 1:1:1:1:1, 1:1:2:2:3 และ 1:1:4:4:7 สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 5 กลุ่ม เมื่อ α เป็น 0.05 และ 0.01 โดยทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลอง 4,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า วิธี Bonferroni t Statistic สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 76 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 108 กรณี ควบคุมไม่ได้ 32 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ทั้งหมดเมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากันเป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau < \alpha$) และความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ทั้งหมดเมื่อความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกันเป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) วิธี Marascuilo' s χ^2 สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 47 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 108 กรณี ควบคุมไม่ได้ 61 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) ทั้งที่ความแปรปรวนของประชากรเท่ากันและแตกต่างกัน และวิธี Tamhane Procedure สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 107 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 108 กรณี ควบคุมไม่ได้ 1 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau < \alpha$)

สุญาณี จิตตะยโสธร (2524) ได้ทำการศึกษาวิธีมอนติคาร์โล: การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากข้อมูลที่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี ได้แก่ วิธี Tukey' s HSD Test, Dunn' s Multiple Comparisons, Scheffe' s S* Method, Dunnett' s Test และ Newman Keuls Test ภายใต้การแจกแจงของประชากรแบบปกติ (Normal Distribution) การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) และการแจกแจงแบบเลปโตเคอร์ติคส์ (Leptokurtic Distribution) ศึกษาเฉพาะการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ (Pairwise) เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละครั้งของการทดลองเท่ากัน โดยกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 และ 4 กลุ่ม ขนาดกลุ่ม

ตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม คือ 5, 10 และ 15 กำหนดอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเท่ากันเป็น 1:1:1 เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม และ 1:1:1:1 เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม และกำหนดอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากันเป็น 0.9:1:1.1 และ 0.8:1:1.2 เฉพาะกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม เมื่อ α เป็น 0.05 และ 0.01 โดยใช้เทคนิคอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลอง 1,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า วิธี Tukey' s HSD Test สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 142 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 86 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) วิธี Dunn' s Multiple Comparison สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 186 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 42 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) เมื่อระดับ $\alpha = 0.05$ และเป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau < \alpha$) เมื่อระดับ $\alpha = 0.01$ วิธี Scheffe' s S* Method สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 144 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 225 กรณี ควบคุมไม่ได้ 84 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau < \alpha$) วิธี Dunnett' s Test สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 31 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 197 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$) วิธี Newman Keuls Test สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 62 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 166 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\tau > \alpha$)

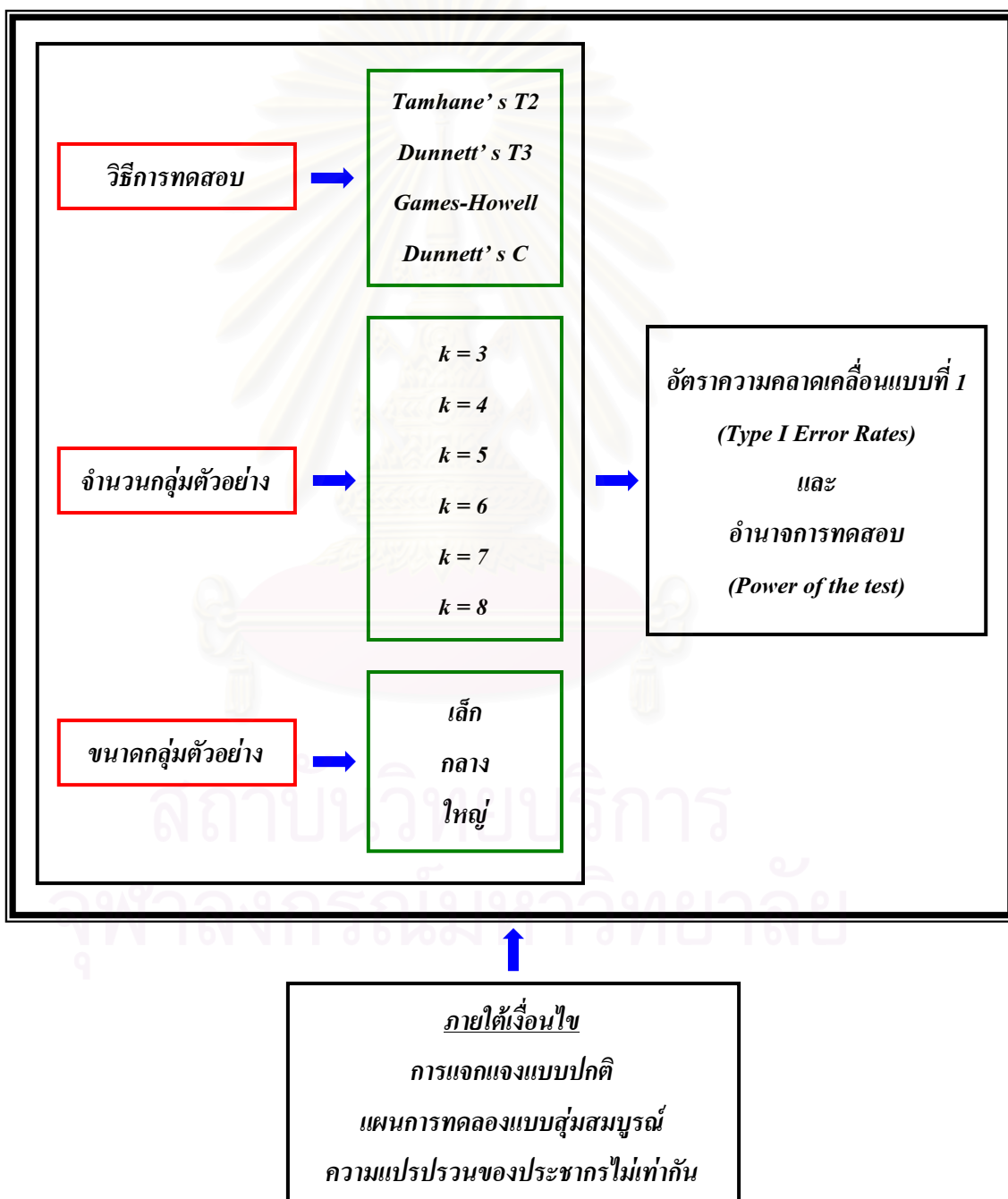
เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากันและไม่เท่ากันในอัตราส่วน 0.9:1:1.1 และ 0.8:1:1.2 สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม วิธีของ Dunn และ Scheffe สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้ในระดับ $\alpha = 0.05$ และสำหรับระดับ $\alpha = 0.01$ วิธีเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 5 วิธี ยกเว้นวิธี Dunnett' s Test สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับที่ระบุในระดับ 0.01 และเมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม วิธีของ Dunn สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้ในระดับ $\alpha = 0.05$ และสำหรับระดับ $\alpha = 0.01$ วิธีของ Tukey' s HSD Test และ Dunn สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับที่ระบุในระดับ 0.01

สรุป วิธี LSD ถูกนำไปใช้ในการทดสอบมากที่สุด เพราะสามารถค้นพบความแตกต่างได้ง่ายกว่าวิธีอื่น ๆ วิธี Bonferroni ไม่เป็นที่นิยมใช้ เนื่องจากจะยากต่อการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ นอกจากกลุ่มทดสอบมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมากจริง ๆ ถ้าการทดสอบมีจำนวนกลุ่มมาก วิธี Tukey' s HSD จะมีอำนาจการทดสอบสูง วิธี Scheffe' s จะต้องให้ค่าเฉลี่ยระหว่างคู่เปรียบเทียบต่างกันมาก ผลการทดสอบจึงจะค้นพบค่า Significance วิธี Waller-Duncan จะใช้เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยไม่คงที่ วิธี Hochberg' s GT2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันจะมีอำนาจการทดสอบน้อยกว่าวิธี Gabriel วิธี S-N-K จะให้อัตราความคลาดเคลื่อนสูงกว่าที่ระดับ $\alpha = 0.05$ และมากกว่าวิธี Tukey' s b และยังใช้ได้ผลดีแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้น วิธี R-E-G-WF และ R-E-G-WQ จะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี Duncan ส่วนวิธี Duncan นั้น อัตราความคลาดเคลื่อนจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาเกี่ยวกับวิธีทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยนั้น จะเป็นการศึกษาถึงอำนาจการทดสอบ และค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ที่มีการทดสอบทางสถิติที่ต่างกัน และศึกษาถึงรูปแบบของลักษณะข้อมูลที่น่ามาใช้กับสถิติทดสอบนั้น ๆ ว่าจะให้ผลการทดสอบเป็นอย่างไร จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น จะเห็นว่าการวิจัยที่ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนั้น นอกจากเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษาแล้ว ยังต้องพบปัญหาในการเลือกวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณอีกด้วย ซึ่งมีหลายวิธีให้เลือก เช่น Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C จะใช้เมื่อทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนแล้วพบว่าความแปรปรวนของประชากรต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า มีตัวแปรบางตัวที่ส่งผลต่อการเปรียบเทียบพหุคูณวิธีต่าง ๆ เช่น ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะการแจกแจงของข้อมูล เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมายังไม่ปรากฏผลงานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนหรือการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ด้วยวิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ว่าแต่ละวิธี แต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่าไรจึงจะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ดี และให้อำนาจการทดสอบสูง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยโดยแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของตัวแปรในการวิจัยที่ส่งผลต่อการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ภายใต้การแจกแจงแบบปกติ ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ดังแผนภาพที่ 2.1



แผนภาพที่ 2.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) จำลองข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ PC โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน (Monte Carlo Simulation Technique) เพื่อทำการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบใน 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน จะทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$)

กรณีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน จะทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (เพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (เพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (เพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10)

โดยแต่ละกรณีจะทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0

แผนการดำเนินงาน

การวิจัยในครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ สำหรับการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน โดยสร้างประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่กำหนดให้มีทรีทเมนต์ตั้งแต่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่มตามลำดับ สำหรับขนาดของกลุ่มตัวอย่างจะแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก กลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้การทดลองมี 2 กรณี คือ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ซึ่งตามปกติในงานวิจัยที่ใช้การ Simulation จะแบ่งข้อมูลเป็นขนาดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดให้มีกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด โดยกำหนดให้กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน จะมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่ากับ 10 กลุ่มตัวอย่างขนาดกลางเท่ากับ 30 และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่เท่ากับ 60 สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีจำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางจะมี

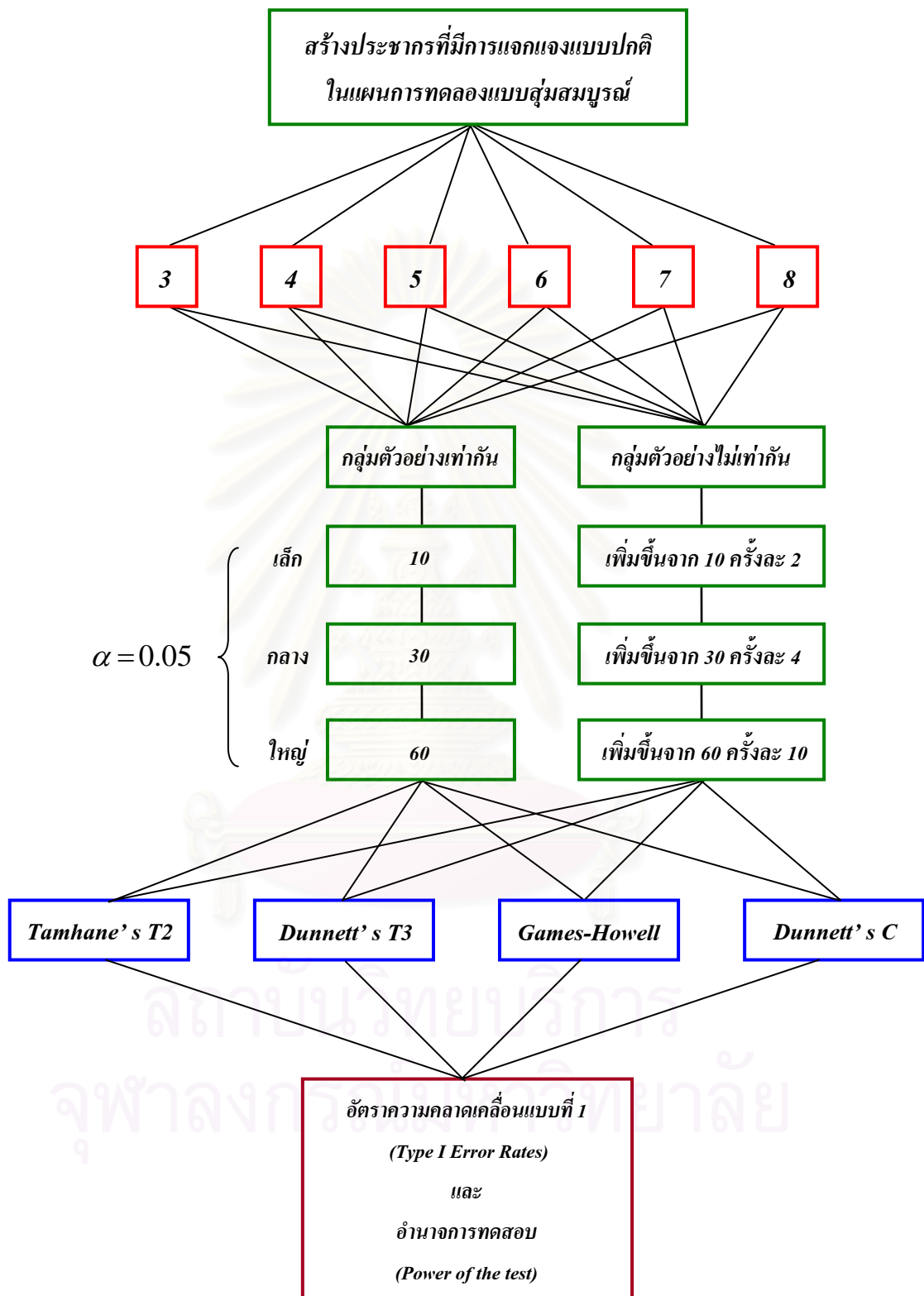
จำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4 และในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จะมีจำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10 โดยใช้ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็นดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

อัตราส่วนความแปรปรวน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
1:2:3	3
1:2:3:4	4
1:2:3:4:5	5
1:2:3:4:5:6	6
1:2:3:4:5:6:7	7
1:2:3:4:5:6:7:8	8

โดยมีรายละเอียดแผนการดำเนินงานดังแผนภาพที่ 3.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

ดังนั้นจำนวนกลุ่มและขนาดตัวอย่างในการทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้สามารถอธิบายตามประเภทของการทดลองได้ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันจะมีแบบการทดลองดังนี้

กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
(3,10)	(3,30)	(3,60)
(4,10)	(4,30)	(4,60)
(5,10)	(5,30)	(5,60)
(6,10)	(6,30)	(6,60)
(7,10)	(7,30)	(7,60)
(8,10)	(8,30)	(8,60)

โดยมีรายละเอียดแบบการทดลองกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันดังแผนภาพที่ 3.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหมายของแบบการทดลอง

แบบการทดลอง		จำนวนกลุ่ม	ขนาดตัวอย่างในการทดลอง
(3,10) (3,30) (3,60)	→	3 3 3	10 30 60
(4,10) (4,30) (4,60)	→	4 4 4	10 30 60
(5,10) (5,30) (5,60)	→	5 5 5	10 30 60
(6,10) (6,30) (6,60)	→	6 6 6	10 30 60
(7,10) (7,30) (7,60)	→	7 7 7	10 30 60
(8,10) (8,30) (8,60)	→	8 8 8	10 30 60

แผนภาพที่ 3.2 แบบการทดลองกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

กรณีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันจะมีแบบการทดลองดังนี้

- กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

(3 : 10, 12, 14)

(4 : 10, 12, 14, 16)

(5 : 10, 12, 14, 16, 18)

(6 : 10, 12, 14, 16, 18, 20)

(7 : 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22)

(8 : 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24)

- กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง

(3 : 30, 34, 38)

(4 : 30, 34, 38, 42)

(5 : 30, 34, 38, 42, 46)

(6 : 30, 34, 38, 42, 46, 50)

(7 : 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54)

(8 : 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58)

- กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

(3 : 60, 70, 80)

(4 : 60, 70, 80, 90)

(5 : 60, 70, 80, 90, 100)

(6 : 60, 70, 80, 90, 100, 110)

(7 : 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120)

(8 : 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130)

โดยมีรายละเอียดแบบการทดลองกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันดังแผนภาพที่ 3.3

ความหมายของแบบการทดลอง

แบบการทดลอง	จำนวนกลุ่ม	ขนาดตัวอย่างในการทดลอง
(3 : 10, 12, 14) (4 : 10, 12, 14, 16) (5 : 10, 12, 14, 16, 18) (6 : 10, 12, 14, 16, 18, 20) (7 : 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22) (8 : 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24)	3 4 5 6 7 8	10, 12, 14 10, 12, 14, 16 10, 12, 14, 16, 18 10, 12, 14, 16, 18, 20 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24
(3 : 30, 34, 38) (4 : 30, 34, 38, 42) (5 : 30, 34, 38, 42, 46) (6 : 30, 34, 38, 42, 46, 50) (7 : 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54) (8 : 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58)	3 4 5 6 7 8	30, 34, 38 30, 34, 38, 42 30, 34, 38, 42, 46 30, 34, 38, 42, 46, 50 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58
(3 : 60, 70, 80) (4 : 60, 70, 80, 90) (5 : 60, 70, 80, 90, 100) (6 : 60, 70, 80, 90, 100, 110) (7 : 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120) (8 : 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130)	3 4 5 6 7 8	60, 70, 80 60, 70, 80, 90 60, 70, 80, 90, 100 60, 70, 80, 90, 100, 110 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130

แผนภาพที่ 3.3 แบบการทดลองกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

การสรุปอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ในแบบการทดลองต่าง ๆ ทำโดยการทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ด้วยชุดตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้น แล้วนับจำนวนครั้งที่ผลการทดสอบปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ ซึ่งพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ของ Bradley ผลการทดสอบที่แสดงว่าสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้จะต้องอยู่ในช่วง 0.025 ถึง 0.075 ดังนี้

$$0.025 < \frac{H}{n} < 0.075 ; \alpha = 0.05$$

เมื่อ H คือ จำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานศูนย์

n คือ จำนวนครั้งที่ทดสอบ

เมื่อพบว่าแบบการทดลองใดสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด จะทำการคำนวณหาอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบดังกล่าว โดยการเพิ่มขนาดอิทธิพลเข้าไปในระดับทริทเมนต์ของแผนการทดลอง เพื่อให้อิทธิพลในระดับทริทเมนต์แตกต่างกัน และเพื่อดูความไว (Sensitiveness) ของตัวสถิติที่นำมาทดสอบในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดการเพิ่มอิทธิพลทริทเมนต์เป็น 2 แบบ คือ แบบ A (เพิ่ม 0.1) และแบบ B (เพิ่ม 0.5) ซึ่งแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ขนาดการเพิ่มอิทธิพลทริทเมนต์

แบบ	จำนวนกลุ่ม	กลุ่ม : ขนาดอิทธิพลทริทเมนต์ที่บวกเพิ่ม 0.1							
		a	b	c	d	e	f	g	h
A	3	0.2	0.1	0.0					
	4	0.3	0.2	0.1	0.0				
	5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0			
	6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0		
	7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	
	8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
แบบ	จำนวนกลุ่ม	กลุ่ม : ขนาดอิทธิพลทริทเมนต์ที่บวกเพิ่ม 0.5							
		a	b	c	d	e	f	g	h
B	3	1.0	0.5	0.0					
	4	1.5	1.0	0.5	0.0				
	5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0			
	6	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0		
	7	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	
	8	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0

การสรุปผลจะดูค่าอำนาจการทดสอบ เมื่อทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ด้วยชุดตัวเลขสุ่ม แล้วนับจำนวนครั้งที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์ โดยคำนวณหาอำนาจการทดสอบดังนี้

$$\text{Power of the test} = 1 - \frac{x}{n} ; \alpha = 0.05$$

เมื่อ x คือ จำนวนครั้งที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์

n คือ จำนวนครั้งที่ทดสอบ

สมมติฐานในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ทุกระดับทรีทเมนต์เป็นดังนี้

$$H_0 : \mu_j = \mu_{j'}$$

H_1 : มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่ไม่เท่ากัน

โดยที่ $j \neq j'$

ในการทำการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้ทำการสร้างโปรแกรมย่อยสำหรับคำนวณอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) ในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ซึ่งมีรายละเอียดการสร้างโปรแกรมย่อยในการทดลองดังตารางที่ 3.3-3.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ชื่อโปรแกรมย่อย	ลักษณะการใช้งาน
test7gas	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test7gam	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test7gal	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
test8gas	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test8gam	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test8gal	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

ตารางที่ 3.4 โปรแกรมย่อยในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่

ชื่อโปรแกรมย่อย	ลักษณะการใช้งาน
test3gbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test3gbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test3gbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
test4gbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test4gbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test4gbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
test5gbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test5gbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test5gbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
test6gbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test6gbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test6gbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ชื่อโปรแกรมย่อย	ลักษณะการใช้งาน
test7gbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test7gbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test7gbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
test8gbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test8gbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test8gbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ชื่อโปรแกรมย่อย	ลักษณะการใช้งาน
test7gasA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test7gamA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test7galA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
test8gasA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test8gamA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test8galA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

หมายเหตุ * หมายถึง โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้แสดงผลการวิเคราะห์ของโปรแกรมย่อยดังกล่าว เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

ชื่อโปรแกรมย่อย	ลักษณะการใช้งาน
test7gbsA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test7gbmA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test7gblA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
test8gbsA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test8gbmA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test8gblA*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

หมายเหตุ * หมายถึง โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้แสดงผลการวิเคราะห์ของโปรแกรมย่อยดังกล่าว เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ชื่อโปรแกรมย่อย	ลักษณะการใช้งาน
test7gasB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test7gamB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test7galB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
test8gasB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test8gamB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test8galB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

หมายเหตุ * หมายถึง โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้แสดงผลการวิเคราะห์ของโปรแกรมย่อยดังกล่าว เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

ชื่อโปรแกรมย่อย	ลักษณะการใช้งาน
test7gbsB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test7gbmB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test7gblB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
test8gbsB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
test8gbmB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง
test8gblB*	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

หมายเหตุ * หมายถึง โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้แสดงผลการวิเคราะห์ของโปรแกรมย่อยดังกล่าว เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

ขั้นตอนในการวิจัย

1. สร้างข้อมูลให้เป็นไปตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ตามแบบการทดลองในระดับทรีทเมนต์ที่กำหนด ดังสมการ $X_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$ โดยสร้างข้อมูลจากตัวเลขสุ่ม (Random Number) ที่มีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็นดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 อัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

อัตราส่วนความแปรปรวน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
1:2:3	3
1:2:3:4	4
1:2:3:4:5	5
1:2:3:4:5:6	6
1:2:3:4:5:6:7	7
1:2:3:4:5:6:7:8	8

2. คำนวณการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C

3. ทำการทดสอบความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ในแต่ละกรณีของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง

4. พิจารณาอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley ที่ว่า ถ้าอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 0.025 ถึง 0.075 แสดงว่า วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนดังกล่าวสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้

5. หาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) ที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ตามแบบที่กำหนด แล้วทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ในแต่ละขนาดการทดลอง เพื่อคำนวณหาอำนาจการทดสอบของแบบการทดลองนั้น ๆ

6. เปลี่ยนขนาดตัวอย่างในระดับทรีทเมนต์นั้น ๆ จนครบทุกขนาดตามที่กำหนด

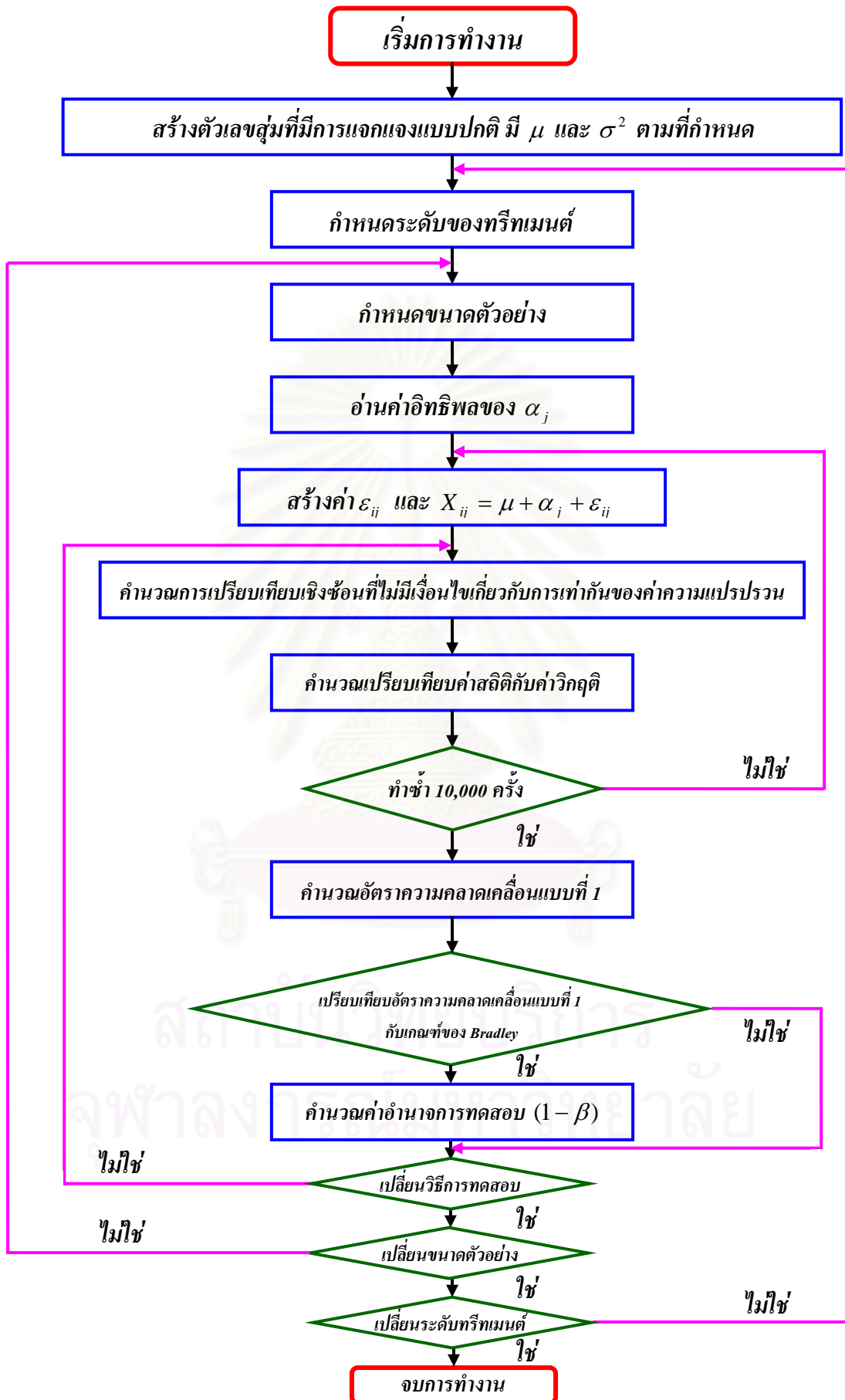
7. เปลี่ยนระดับทรีทเมนต์จนครบทุกระดับตามที่กำหนด

8. สรุปผลการทดลอง

จากขั้นตอนในการวิจัยที่ 1-8 นั้น สามารถนำไปเขียนเป็นแผนผังได้ดังแผนภาพที่ 3.4



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 3.4 แผนผังการคำนวณอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) และมีทรีทเมนต์ตั้งแต่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบใน 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน จะทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$)

กรณีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน จะทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (เพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2) กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (เพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4) และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (เพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10)

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน (Monte Carlo Simulation Technique) โดยแต่ละกรณีจะทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0 และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการทดลองมีดังนี้

τ แทนอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

α แทนระดับนัยสำคัญ

k แทนจำนวนระดับทรีทเมนต์

n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

Tamhane' s T2 แทนวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนของ Tamhane' s T2 test

Dunnett' s T3 แทนวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนของ Dunnett' s T3 test

Games-Howell แทนวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนของ Games-Howell test

Dunnett' s C แทนวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนของ Dunnett' s C test

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ของ Bradley (1968; อ้างถึงใน Rheinheimer และ Penfield, 2001) ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาว่าสถิติทดสอบใดสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่า τ ต้องอยู่ในช่วง 0.025 ถึง 0.075 จึงจะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งในกรณีที่ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในขอบเขตที่ระบุ จะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เท่ากับระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\tau = \alpha$) และสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ซึ่งแยกออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 มากกว่าขอบเขตบนของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\tau > \alpha$)

กรณีที่ 2 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 น้อยกว่าขอบเขตล่างของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\tau < \alpha$)

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนเป็น 2 กรณี คือ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันดังต่อไปนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

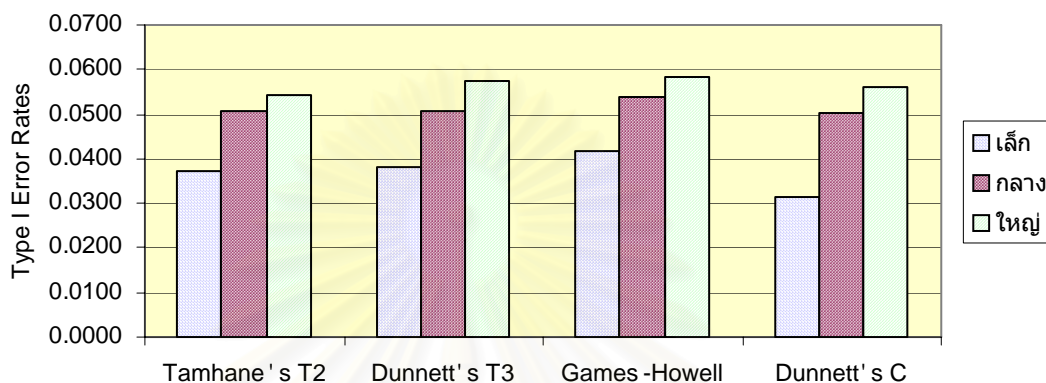
1.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3 ได้ผลดังตารางที่ 4.1 และแผนภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 3; n = 10)	0.0373	0.0380	0.0419	0.0313
กลาง (k = 3; n = 30)	0.0505	0.0506	0.0540	0.0502
ใหญ่ (k = 3; n = 60)	0.0541	0.0574	0.0582	0.0561

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.1

แผนภาพที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.1 และแผนภาพที่ 4.1 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

สรุปว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4 ได้ผลดังตารางที่ 4.2 และแผนภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม

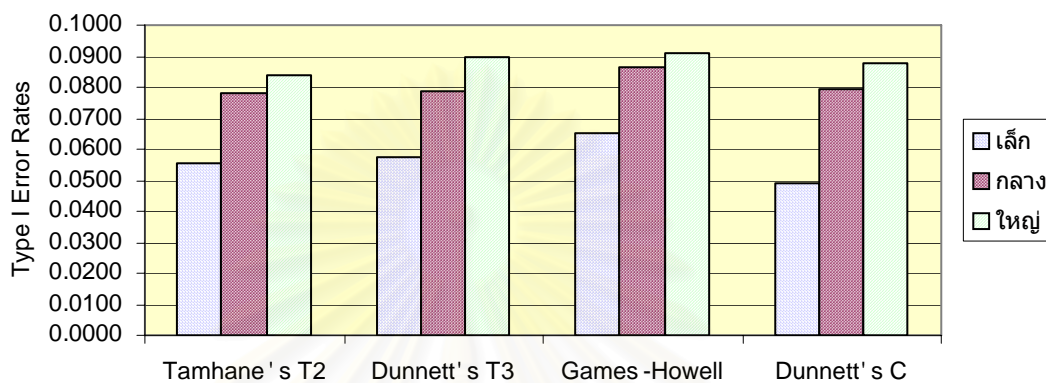
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 4; n = 10)	0.0558	0.0577	0.0650	0.0491
กลาง (k = 4; n = 30)	0.0781 ^a	0.0784 ^a	0.0862 ^a	0.0793 ^a
ใหญ่ (k = 4; n = 60)	0.0837 ^a	0.0894 ^a	0.0911 ^a	0.0880 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.2 และแผนภาพที่ 4.2 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุปว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น

1.1.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4:5 ได้ผลดังตารางที่ 4.3 และแผนภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม

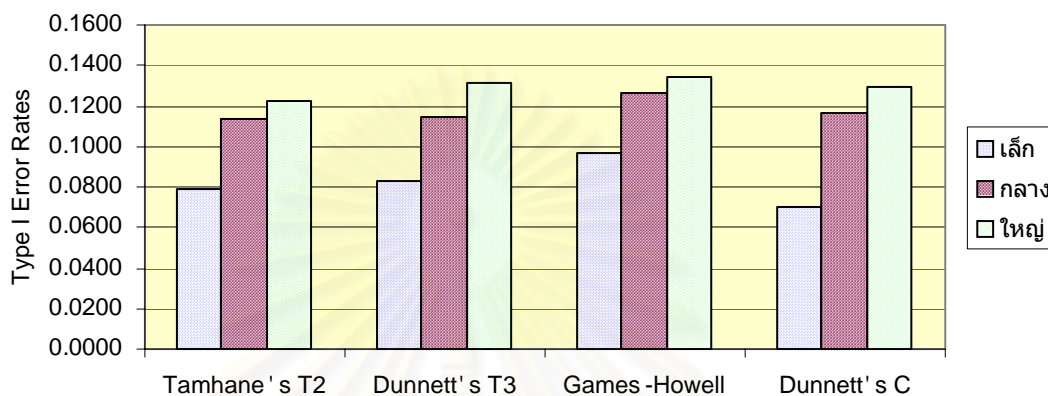
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 5; n = 10)	0.0789 ^a	0.0827 ^a	0.0968 ^a	0.0703
กลาง (k = 5; n = 30)	0.1138 ^a	0.1146 ^a	0.1262 ^a	0.1170 ^a
ใหญ่ (k = 5; n = 60)	0.1229 ^a	0.1314 ^a	0.1339 ^a	0.1297 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.3 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.3 และแผนภาพที่ 4.3 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) วิธีการทดสอบ 1 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett's C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนอีก 3 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3 และ Games-Howell ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุปว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม ($k = 5$) วิธีการทดสอบของ Dunnett's C เพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

1.1.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4:5:6 ได้ผลดังตารางที่ 4.4 และแผนภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม

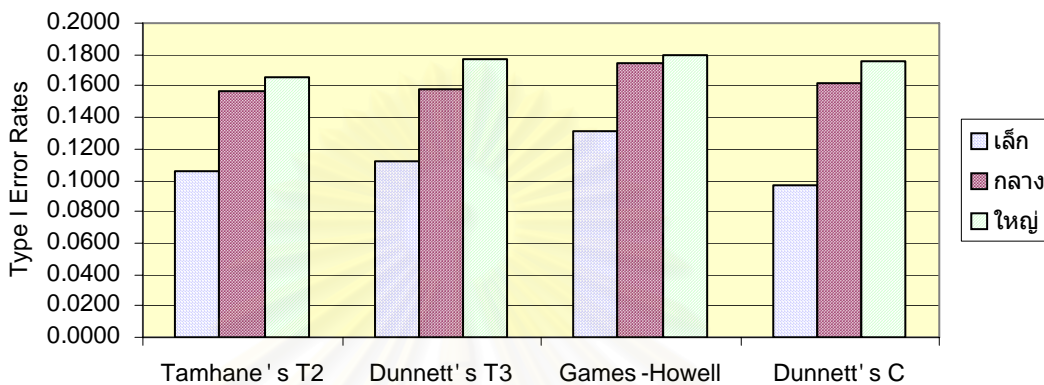
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 6; n = 10)	0.1059 ^a	0.1125 ^a	0.1310 ^a	0.0973 ^a
กลาง (k = 6; n = 30)	0.1568 ^a	0.1584 ^a	0.1741 ^a	0.1616 ^a
ใหญ่ (k = 6; n = 60)	0.1658 ^a	0.1771 ^a	0.1802 ^a	0.1752 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.4 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.4 และแผนภาพที่ 4.4 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุป เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม ($k = 6$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.1.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4:5:6:7 ได้ผลดังตารางที่ 4.5 และแผนภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม

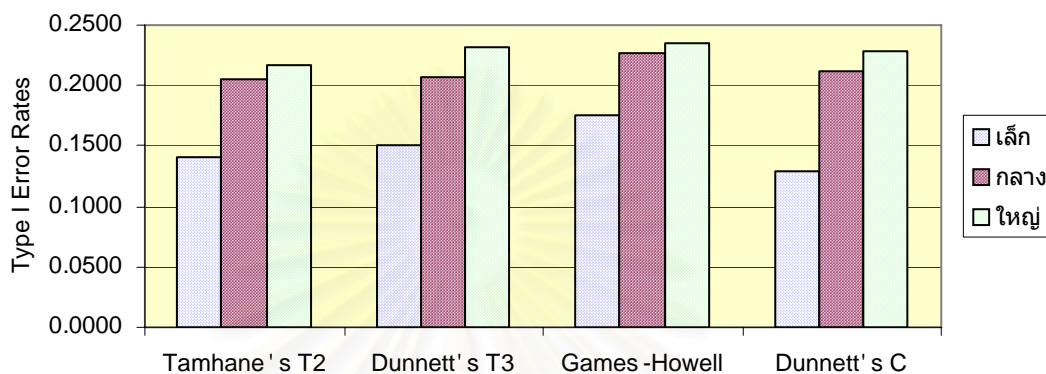
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 7; n = 10)	0.1402 ^a	0.1502 ^a	0.1749 ^a	0.1295 ^a
กลาง (k = 7; n = 30)	0.2049 ^a	0.2065 ^a	0.2267 ^a	0.2115 ^a
ใหญ่ (k = 7; n = 60)	0.2164 ^a	0.2319 ^a	0.2352 ^a	0.2283 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.5 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.5 และแผนภาพที่ 4.5 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุป เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม ($k = 7$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.1.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 ได้ผลดังตารางที่ 4.6 และแผนภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม

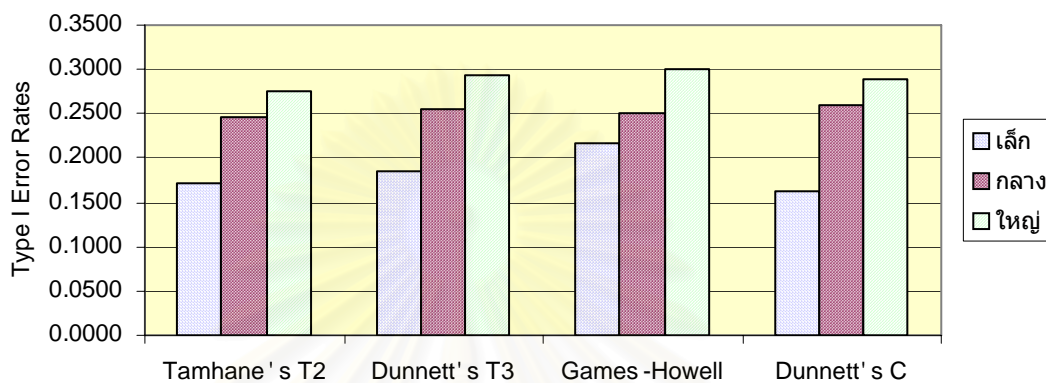
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 8; n = 10)	0.1727 ^a	0.1853 ^a	0.2174 ^a	0.1615 ^a
กลาง (k = 8; n = 30)	0.2456 ^a	0.2542 ^a	0.2517 ^a	0.2600 ^a
ใหญ่ (k = 8; n = 60)	0.2748 ^a	0.2944 ^a	0.2995 ^a	0.2899 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.6 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.6 และแผนภาพที่ 4.6 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุป เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม ($k = 8$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จากการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน สามารถสรุปในภาพรวมได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

จำนวน กลุ่มตัวอย่าง	ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3					
k = 3	เล็ก	0.0373	0.0380	0.0419	0.0313
	กลาง	0.0505	0.0506	0.0540	0.0502
	ใหญ่	0.0541	0.0574	0.0582	0.0561
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4					
k = 4	เล็ก	0.0558	0.0577	0.0650	0.0491
	กลาง	0.0781 ^a	0.0784 ^a	0.0862 ^a	0.0793 ^a
	ใหญ่	0.0837 ^a	0.0894 ^a	0.0911 ^a	0.0880 ^a
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5					
k = 5	เล็ก	0.0789 ^a	0.0827 ^a	0.0968 ^a	0.0703
	กลาง	0.1138 ^a	0.1146 ^a	0.1262 ^a	0.1170 ^a
	ใหญ่	0.1229 ^a	0.1314 ^a	0.1339 ^a	0.1297 ^a
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6					
k = 6	เล็ก	0.1059 ^a	0.1125 ^a	0.1310 ^a	0.0973 ^a
	กลาง	0.1568 ^a	0.1584 ^a	0.1741 ^a	0.1616 ^a
	ใหญ่	0.1658 ^a	0.1771 ^a	0.1802 ^a	0.1752 ^a
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7					
k = 7	เล็ก	0.1402 ^a	0.1502 ^a	0.1749 ^a	0.1295 ^a
	กลาง	0.2049 ^a	0.2065 ^a	0.2267 ^a	0.2115 ^a
	ใหญ่	0.2164 ^a	0.2319 ^a	0.2352 ^a	0.2283 ^a
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8					
k = 8	เล็ก	0.1727 ^a	0.1853 ^a	0.2174 ^a	0.1615 ^a
	กลาง	0.2456 ^a	0.2542 ^a	0.2517 ^a	0.2600 ^a
	ใหญ่	0.2748 ^a	0.2944 ^a	0.2995 ^a	0.2899 ^a

หมายเหตุ

^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากตารางที่ 4.7 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C จะมีค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 เพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนและขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนในภาพรวมทั้งหมดของการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น ยกเว้นกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

3. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม ($k = 5$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก วิธีการทดสอบ 1 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนอีก 3 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3 และ Games-Howell ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่นั้น วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันตั้งแต่ 6 กลุ่ม ($k = 6$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6 ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

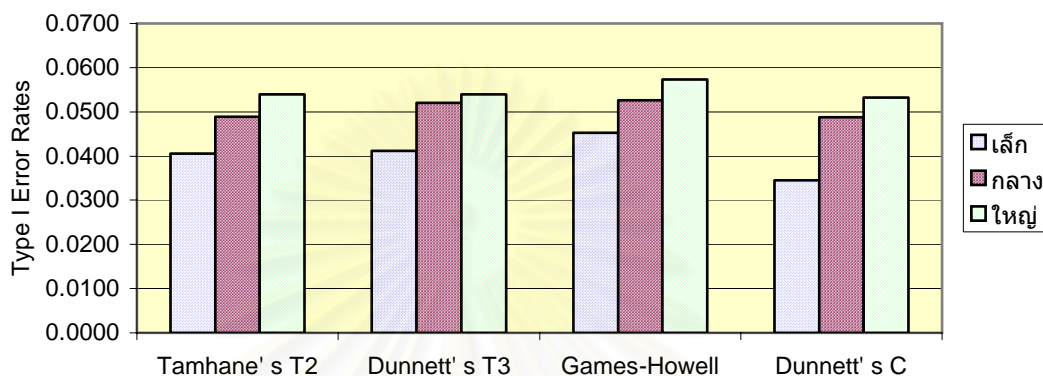
1.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3 ได้ผลดังตารางที่ 4.8 และแผนภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 3; n ₁ = 10, n ₂ = 12, n ₃ = 14)	0.0406	0.0411	0.0452	0.0345
กลาง (k = 3; n ₁ = 30, n ₂ = 34, n ₃ = 38)	0.0489	0.0520	0.0526	0.0487
ใหญ่ (k = 3; n ₁ = 60, n ₂ = 70, n ₃ = 80)	0.0540	0.0539	0.0573	0.0532

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.7

แผนภาพที่ 4.7 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.8 และแผนภาพที่ 4.7 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n_1 = 10, n_2 = 12$ และ $n_3 = 14$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n_1 = 30, n_2 = 34$ และ $n_3 = 38$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n_1 = 60, n_2 = 70$ และ $n_3 = 80$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

สรุปว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4 ได้ผลดังตารางที่ 4.9 และแผนภาพที่ 4.8

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม

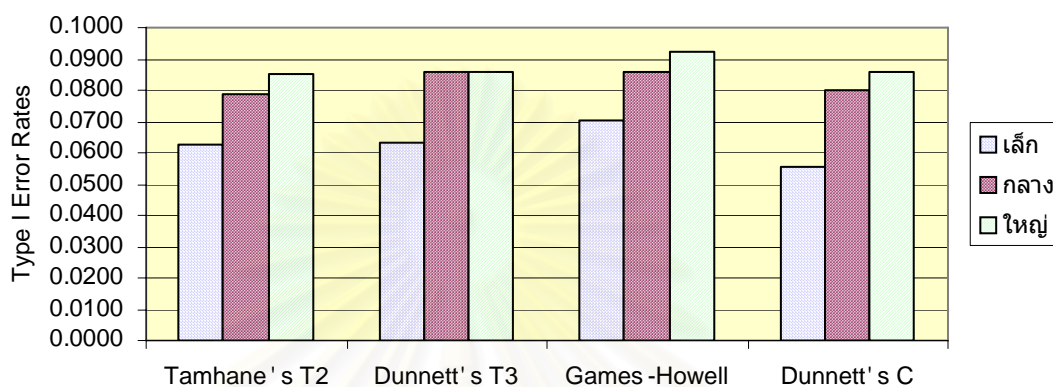
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 4; n ₁ = 10, n ₂ = 12, ... , n ₄ = 16)	0.0623	0.0633	0.0704	0.0554
กลาง (k = 4; n ₁ = 30, n ₂ = 34, ... , n ₄ = 42)	0.0785 ^a	0.0858 ^a	0.0856 ^a	0.0801 ^a
ใหญ่ (k = 4; n ₁ = 60, n ₂ = 70, ... , n ₄ = 90)	0.0854 ^a	0.0855 ^a	0.0925 ^a	0.0855 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.9 และแผนภาพที่ 4.8 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n_1 = 10, n_2 = 12, n_3 = 14$ และ $n_4 = 16$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n_1 = 30, n_2 = 34, n_3 = 38$ และ $n_4 = 42$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n_1 = 60, n_2 = 70, n_3 = 80$ และ $n_4 = 90$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุปว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น

1.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4:5 ได้ผลดังตารางที่ 4.10 และแผนภาพที่ 4.9

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม

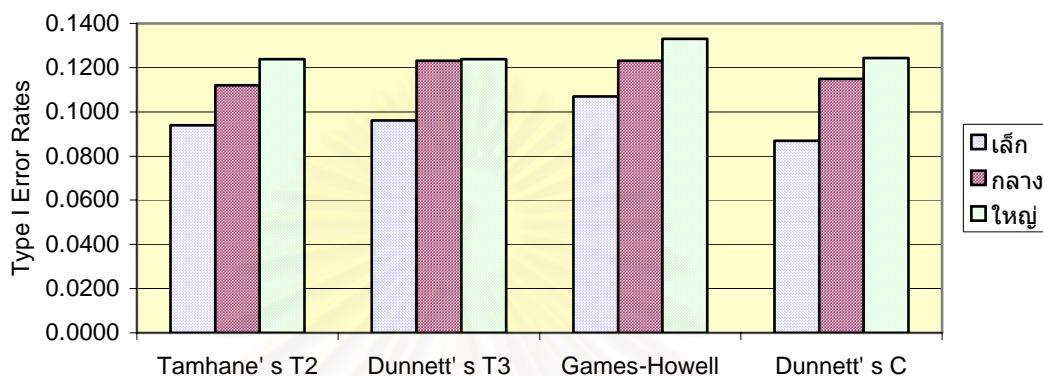
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 5; n ₁ = 10, n ₂ = 12, ... , n ₅ = 18)	0.0938 ^a	0.0961 ^a	0.1069 ^a	0.0868 ^a
กลาง (k = 5; n ₁ = 30, n ₂ = 34, ... , n ₅ = 46)	0.1119 ^a	0.1230 ^a	0.1231 ^a	0.1148 ^a
ใหญ่ (k = 5; n ₁ = 60, n ₂ = 70, ... , n ₅ = 100)	0.1239 ^a	0.1239 ^a	0.1329 ^a	0.1242 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.9 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.10 และแผนภาพที่ 4.9 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n_1 = 10, n_2 = 12, n_3 = 14, n_4 = 16$ และ $n_5 = 18$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n_1 = 30, n_2 = 34, n_3 = 38, n_4 = 42$ และ $n_5 = 46$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n_1 = 60, n_2 = 70, n_3 = 80, n_4 = 90$ และ $n_5 = 100$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุป เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม ($k = 5$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4:5:6 ได้ผลดังตารางที่ 4.11 และแผนภาพที่ 4.10

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม

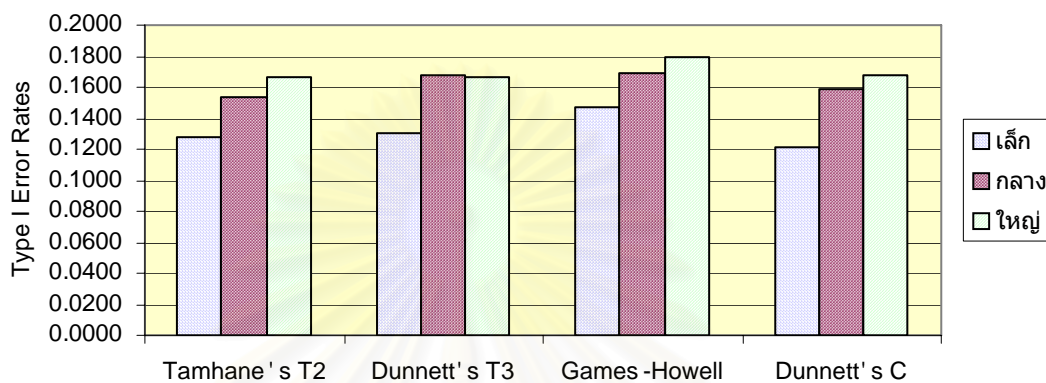
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 6; n ₁ = 10, n ₂ = 12, ... , n ₆ = 20)	0.1282 ^a	0.1308 ^a	0.1476 ^a	0.1208 ^a
กลาง (k = 6; n ₁ = 30, n ₂ = 34, ... , n ₆ = 50)	0.1530 ^a	0.1682 ^a	0.1689 ^a	0.1591 ^a
ใหญ่ (k = 6; n ₁ = 60, n ₂ = 70, ... , n ₆ = 110)	0.1667 ^a	0.1663 ^a	0.1792 ^a	0.1680 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.10 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.11 และแผนภาพที่ 4.10 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n_1 = 10, n_2 = 12, n_3 = 14, n_4 = 16, n_5 = 18$ และ $n_6 = 20$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n_1 = 30, n_2 = 34, n_3 = 38, n_4 = 42, n_5 = 46$ และ $n_6 = 50$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n_1 = 60, n_2 = 70, n_3 = 80, n_4 = 90, n_5 = 100$ และ $n_6 = 110$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุป เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม ($k = 6$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.2.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4:5:6:7 ได้ผลดังตารางที่ 4.12 และแผนภาพที่ 4.11

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม

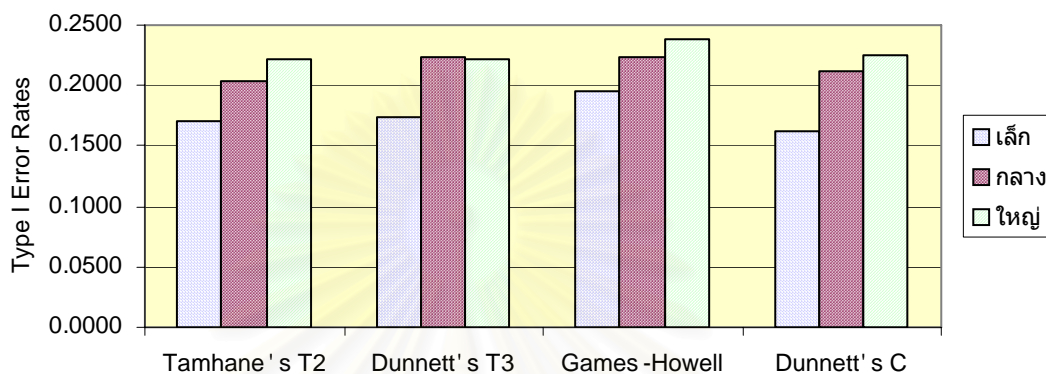
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 7; n ₁ = 10, n ₂ = 12, ... , n ₇ = 22)	0.1705 ^a	0.1735 ^a	0.1959 ^a	0.1618 ^a
กลาง (k = 7; n ₁ = 30, n ₂ = 34, ... , n ₇ = 54)	0.2037 ^a	0.2231 ^a	0.2236 ^a	0.2113 ^a
ใหญ่ (k = 7; n ₁ = 60, n ₂ = 70, ... , n ₇ = 120)	0.2225 ^a	0.2222 ^a	0.2377 ^a	0.2246 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.11 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.12 และแผนภาพที่ 4.11 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n_1 = 10, n_2 = 12, n_3 = 14, n_4 = 16, n_5 = 18, n_6 = 20$ และ $n_7 = 22$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n_1 = 30, n_2 = 34, n_3 = 38, n_4 = 42, n_5 = 46, n_6 = 50$ และ $n_7 = 54$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n_1 = 60, n_2 = 70, n_3 = 80, n_4 = 90, n_5 = 100, n_6 = 110$ และ $n_7 = 120$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุป เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม ($k = 7$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.2.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 ได้ผลดังตารางที่ 4.13 และแผนภาพที่ 4.12

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม

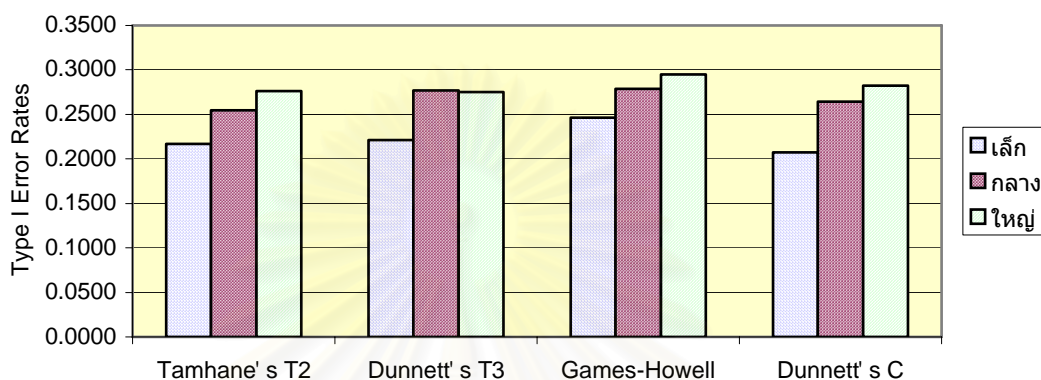
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
	Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 8; n ₁ = 10, n ₂ = 12, ... , n ₈ = 24)	0.2172 ^a	0.2213 ^a	0.2463 ^a	0.2074 ^a
กลาง (k = 8; n ₁ = 30, n ₂ = 34, ... , n ₈ = 58)	0.2545 ^a	0.2771 ^a	0.2787 ^a	0.2640 ^a
ใหญ่ (k = 8; n ₁ = 60, n ₂ = 70, ... , n ₈ = 130)	0.2763 ^a	0.2752 ^a	0.2950 ^a	0.2821 ^a

หมายเหตุ ^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 4.12 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.13 และแผนภาพที่ 4.12 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n_1 = 10, n_2 = 12, n_3 = 14, n_4 = 16, n_5 = 18, n_6 = 20, n_7 = 22$ และ $n_8 = 24$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n_1 = 30, n_2 = 34, n_3 = 38, n_4 = 42, n_5 = 46, n_6 = 50, n_7 = 54$ และ $n_8 = 58$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n_1 = 60, n_2 = 70, n_3 = 80, n_4 = 90, n_5 = 100, n_6 = 110, n_7 = 120$ และ $n_8 = 130$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สรุป เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม ($k = 8$) วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จากการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน สามารถสรุปในภาพรวมได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

จำนวน กลุ่มตัวอย่าง	ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3					
k = 3	เล็ก	0.0406	0.0411	0.0452	0.0345
	กลาง	0.0489	0.0520	0.0526	0.0487
	ใหญ่	0.0540	0.0539	0.0573	0.0532
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4					
k = 4	เล็ก	0.0623	0.0633	0.0704	0.0554
	กลาง	0.0785 ^a	0.0858 ^a	0.0856 ^a	0.0801 ^a
	ใหญ่	0.0854 ^a	0.0855 ^a	0.0925 ^a	0.0855 ^a
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5					
k = 5	เล็ก	0.0938 ^a	0.0961 ^a	0.1069 ^a	0.0868 ^a
	กลาง	0.1119 ^a	0.1230 ^a	0.1231 ^a	0.1148 ^a
	ใหญ่	0.1239 ^a	0.1239 ^a	0.1329 ^a	0.1242 ^a
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6					
k = 6	เล็ก	0.1282 ^a	0.1308 ^a	0.1476 ^a	0.1208 ^a
	กลาง	0.1530 ^a	0.1682 ^a	0.1689 ^a	0.1591 ^a
	ใหญ่	0.1667 ^a	0.1663 ^a	0.1792 ^a	0.1680 ^a
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7					
k = 7	เล็ก	0.1705 ^a	0.1735 ^a	0.1959 ^a	0.1618 ^a
	กลาง	0.2037 ^a	0.2231 ^a	0.2236 ^a	0.2113 ^a
	ใหญ่	0.2225 ^a	0.2222 ^a	0.2377 ^a	0.2246 ^a
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8					
k = 8	เล็ก	0.2172 ^a	0.2213 ^a	0.2463 ^a	0.2074 ^a
	กลาง	0.2545 ^a	0.2771 ^a	0.2787 ^a	0.2640 ^a
	ใหญ่	0.2763 ^a	0.2752 ^a	0.2950 ^a	0.2821 ^a

หมายเหตุ

^a หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากตารางที่ 4.14 พบว่า การเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C จะมีค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนและขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนในภาพรวมทั้งหมดของการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น ยกเว้นกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

3. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันตั้งแต่ 5 กลุ่ม ($k = 5$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไข เกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบนั้น เป็นวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยผู้วิจัยได้เพิ่มอิทธิพลทริทเมนต์ในแผนการทดลอง เพื่อให้อิทธิพลในระดับทริทเมนต์แตกต่างกัน 2 แบบ คือ แบบ A (เพิ่ม 0.1) และแบบ B (เพิ่ม 0.5)

2.1 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไข
เกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

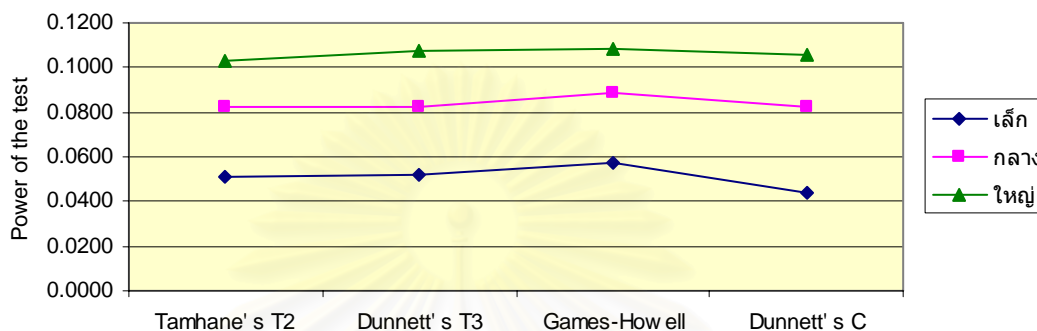
2.1.1 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไข
เกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1
กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม ได้ผลดังตารางที่ 4.15 แผนภาพที่ 4.13 (a) และ 4.13 (b)

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเพิ่มอิทธิพลทริทเมนต์
2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม

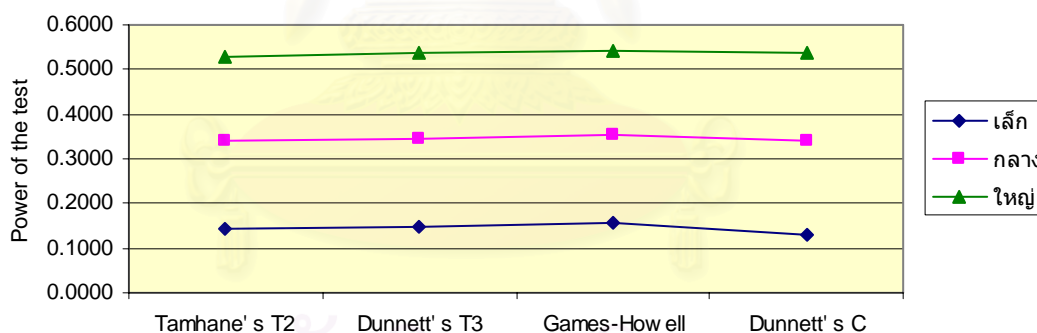
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	เพิ่มอิทธิพล ทริทเมนต์	อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 3; n = 10)	แบบ A	0.0510	0.0519	0.0573	0.0435
	แบบ B	0.1445	0.1465	0.1581	0.1292
กลาง (k = 3; n = 30)	แบบ A	0.0826	0.0828	0.0887	0.0824
	แบบ B	0.3424	0.3428	0.3542	0.3418
ใหญ่ (k = 3; n = 60)	แบบ A	0.1027	0.1077	0.1084	0.1061
	แบบ B	0.5302	0.5395	0.5410	0.5362

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟ
ดังแผนภาพที่ 4.13 (a) และ 4.13 (b) ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการ
ทดสอบแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เท่านั้น

แผนภาพที่ 4.13 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม



แผนภาพที่ 4.13 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.15 แผนภาพที่ 4.13 (a) และ 4.13 (b) พบว่า การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) และเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ A วิธีการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน มี 3 วิธี ได้แก่ วิธี Games-Howell, Dunnett's T3 และ Tamhane's T2 ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุด โดยการเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ A ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.0435-0.0573 และเมื่อเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ B วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการ

ทดสอบสูงสุด โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.1292-0.1581 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีค่าสูงกว่าแบบ A ทุกวิธีการทดสอบ

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Games-Howell, Dunnett' s T3, Tamhane' s T2 และ Dunnett' s C มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุด โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.0824-0.0887 และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเช่นเดียวกัน โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.3418-0.3542 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีค่าสูงกว่าแบบ A ทุกวิธีการทดสอบ

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Games-Howell, Dunnett' s T3, Dunnett' s C และ Tamhane' s T2 มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุด โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.1027-0.1084 และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเช่นเดียวกัน โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.5302-0.5410 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีค่าสูงกว่าแบบ A ทุกวิธีการทดสอบ

สรุป กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) วิธีการทดสอบของ Games-Howell จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.1.2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม ได้ผลดังตารางที่ 4.16 และแผนภาพที่ 4.14 (a) และ 4.14 (b)

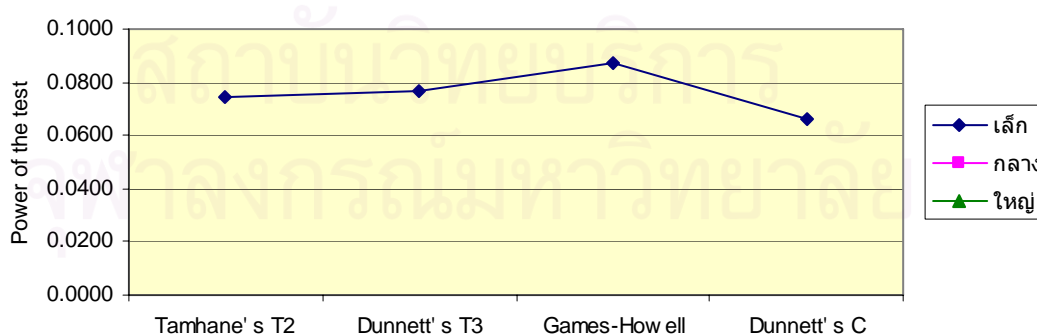
ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	เพิ่มอิทธิพล ทรีทเมนต์	อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก (k = 4; n = 10)	แบบ A	0.0742	0.0768	0.0873	0.0663
	แบบ B	0.2200	0.2256	0.2488	0.2038
กลาง (k = 4; n = 30)	แบบ A	F	F	F	F
	แบบ B	F	F	F	F
ใหญ่ (k = 4; n = 60)	แบบ A	F	F	F	F
	แบบ B	F	F	F	F

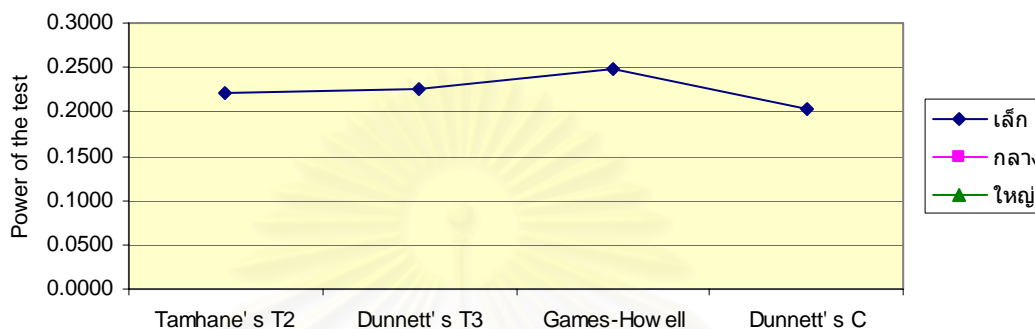
หมายเหตุ F หมายถึง แบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟ ดังแผนภาพที่ 4.14 (a) และ 4.14 (b) ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เท่ากัน

แผนภาพที่ 4.14 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม



แผนภาพที่ 4.14 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.16 แผนภาพที่ 4.14 (a) และ 4.14 (b) พบว่า การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธีการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด คือ วิธี Games-Howell โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.0663-0.0873 และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเช่นเดียวกัน โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.2038-0.2488 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีค่าสูงกว่าแบบ A ทุกวิธีการทดสอบ

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

สรุป กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) วิธีการทดสอบของ Games-Howell จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น

2.1.3 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไข เกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม ได้ผลดังตารางที่ 4.17 และแผนภาพที่ 4.15 (a) และ 4.15 (b)

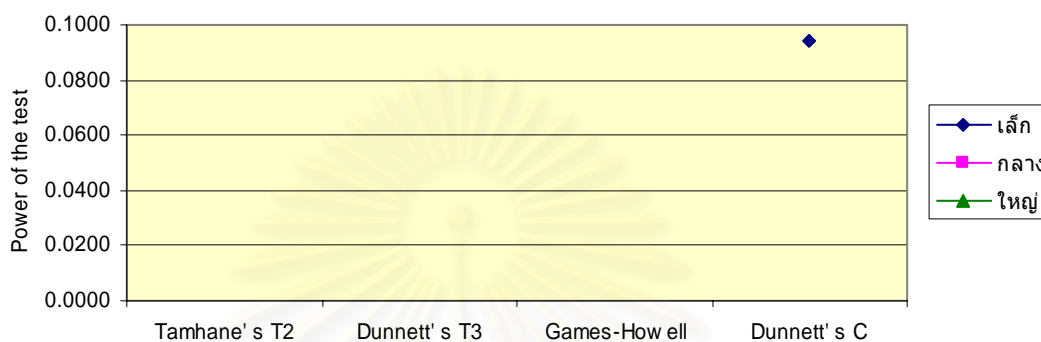
ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	เพิ่มอิทธิพล ทรีทเมนต์	อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก ($k = 5; n = 10$)	แบบ A	F	F	F	0.0944
	แบบ B	F	F	F	0.2932
กลาง ($k = 5; n = 30$)	แบบ A	F	F	F	F
	แบบ B	F	F	F	F
ใหญ่ ($k = 5; n = 60$)	แบบ A	F	F	F	F
	แบบ B	F	F	F	F

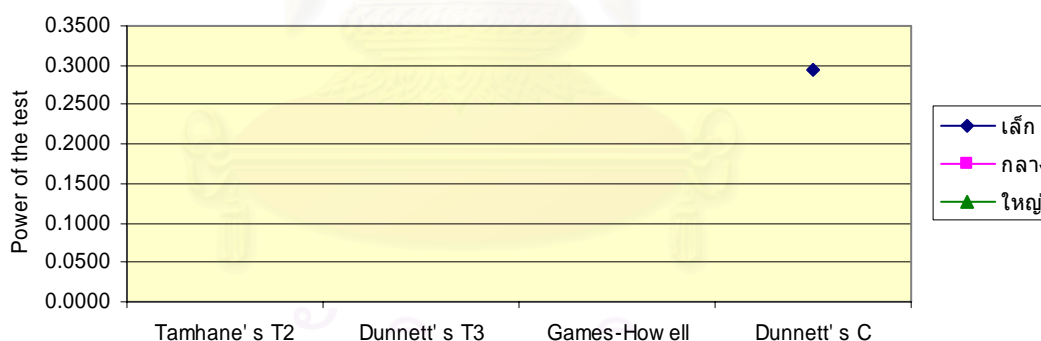
หมายเหตุ F หมายถึง แบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟ ดังแผนภาพที่ 4.15 (a) และ 4.15 (b) ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เท่านั้น

แผนภาพที่ 4.15 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม



แผนภาพที่ 4.15 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.17 แผนภาพที่ 4.15 (a) และ 4.15 (b) พบว่า การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 10$) และเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ A และแบบ B วิธีการทดสอบของ Dunnett's C เพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่มีอำนาจการทดสอบสูง โดยการเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ A ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าสูงถึง 0.0944 ส่วนการเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ B ในกรณีนี้จะทำให้มีค่าอำนาจการทดสอบสูงถึง 0.2932 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ B จะมีค่าสูงกว่าแบบ A

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n = 60$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

สรุป กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม ($k = 5$) วิธีการทดสอบของ Dunnett' s C เพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่มีอำนาจการทดสอบสูง เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม ($k = 6$) ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

จากผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B สามารถสรุปในภาพรวมได้ดังตารางที่ 4.18 และ 4.19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลพหุพจน์แบบ A

จำนวน กลุ่มตัวอย่าง	ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3					
k = 3	เล็ก	0.0510	0.0519	0.0573	0.0435
	กลาง	0.0826	0.0828	0.0887	0.0824
	ใหญ่	0.1027	0.1077	0.1084	0.1061
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4					
k = 4	เล็ก	0.0742	0.0768	0.0873	0.0663
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5					
k = 5	เล็ก	-	-	-	0.0944
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6					
k = 6	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7					
k = 7	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8					
k = 8	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลพหุพรีเมนต์แบบ B

จำนวน กลุ่มตัวอย่าง	ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3					
k = 3	เล็ก	0.1445	0.1465	0.1581	0.1292
	กลาง	0.3424	0.3428	0.3542	0.3418
	ใหญ่	0.5302	0.5395	0.5410	0.5362
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4					
k = 4	เล็ก	0.2200	0.2256	0.2488	0.2038
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5					
k = 5	เล็ก	-	-	-	0.2932
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6					
k = 6	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7					
k = 7	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8					
k = 8	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.18 และ 4.19 พบว่า การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เมื่อพิจารณาที่ความไว (Sensitiveness) ของวิธีการทดสอบ พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะให้ค่าอำนาจการทดสอบต่างกัน โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ทุกวิธีการทดสอบ เมื่อพิจารณาที่จำนวนกลุ่มตัวอย่างและขนาดกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ พบว่า เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบจะสูงขึ้น แต่เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างยิ่งเพิ่มขึ้น พบว่า ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

เมื่อพิจารณาวิธีการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B สามารถสรุปในภาพรวมได้ดังนี้

1. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell, Dunnett's T3 และ Tamhane's T2 มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่นั้น วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Games-Howell, Dunnett's T3, Tamhane's T2 และ Dunnett's C จะมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกัน

2. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

3. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม ($k = 5$) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก วิธีการทดสอบของ Dunnett's C เพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่มีอำนาจการทดสอบสูง เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-

Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

4. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันตั้งแต่ 6 กลุ่ม ($k = 6$) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6 ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

2.2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

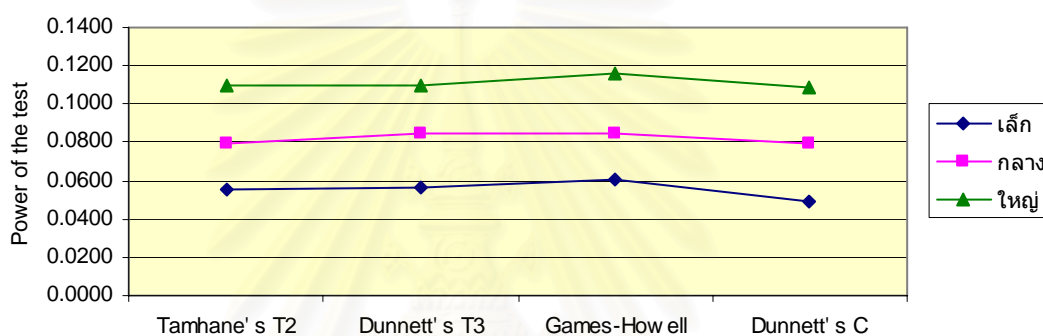
2.2.1 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม ได้ผลดังตารางที่ 4.20 แผนภาพที่ 4.16 (a) และ 4.16 (b)

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม

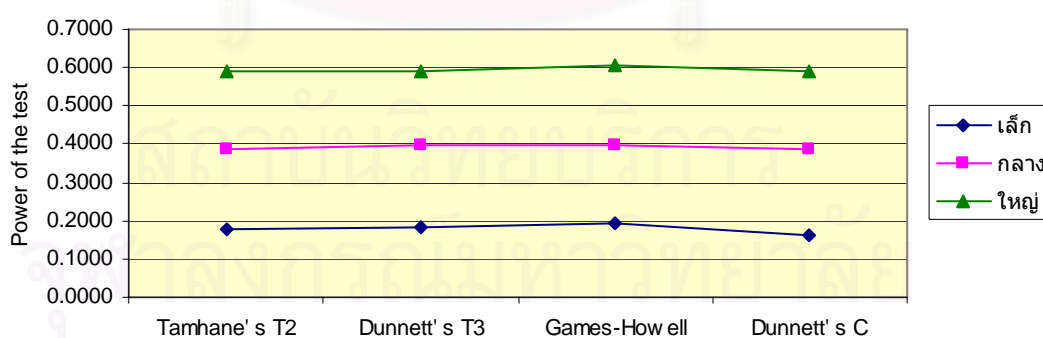
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	เพิ่มอิทธิพล ทรีทเมนต์	อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก ($k = 3; n_1 = 10, n_2 = 12, n_3 = 14$)	แบบ A	0.0558	0.0568	0.0611	0.0490
	แบบ B	0.1792	0.1816	0.1914	0.1630
กลาง ($k = 3; n_1 = 30, n_2 = 34, n_3 = 38$)	แบบ A	0.0794	0.0843	0.0850	0.0793
	แบบ B	0.3860	0.3955	0.3979	0.3853
ใหญ่ ($k = 3; n_1 = 60, n_2 = 70, n_3 = 80$)	แบบ A	0.1101	0.1099	0.1159	0.1090
	แบบ B	0.5929	0.5926	0.6038	0.5903

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟ ดังแผนภาพที่ 4.16 (a) และ 4.16 (b) ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เท่ากัน

แผนภาพที่ 4.16 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม



แผนภาพที่ 4.16 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลที่รบกวนแบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.20 แผนภาพที่ 4.16 (a) และ 4.16 (b) พบว่า การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n_1 = 10$, $n_2 = 12$ และ $n_3 = 14$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธีการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด คือ วิธี Games-Howell โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.0490-0.0611 และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเช่นเดียวกัน โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.1630-0.1914 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีค่าสูงกว่าแบบ A ทุกวิธีการทดสอบ

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n_1 = 30$, $n_2 = 34$ และ $n_3 = 38$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธีการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน มี 2 วิธี ได้แก่ วิธี Games-Howell และ Dunnett' s T3 ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุด โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.0793-0.0850 และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีการทดสอบของ Games-Howell และ Dunnett' s T3 มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเช่นเดียวกัน โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.3853-0.3979 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีค่าสูงกว่าแบบ A ทุกวิธีการทดสอบ

เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n_1 = 60$, $n_2 = 70$ และ $n_3 = 80$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธีการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน มี 2 วิธี ได้แก่ วิธี Games-Howell และ Tamhane' s T2 ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุด โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.1090-0.1159 และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุด โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.5903-0.6038 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีค่าสูงกว่าแบบ A ทุกวิธีการทดสอบ

สรุป กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) วิธีการทดสอบของ Games-Howell จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.2.2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม ได้ผลดังตารางที่ 4.21 แผนภาพที่ 4.17 (a) และ 4.17 (b)

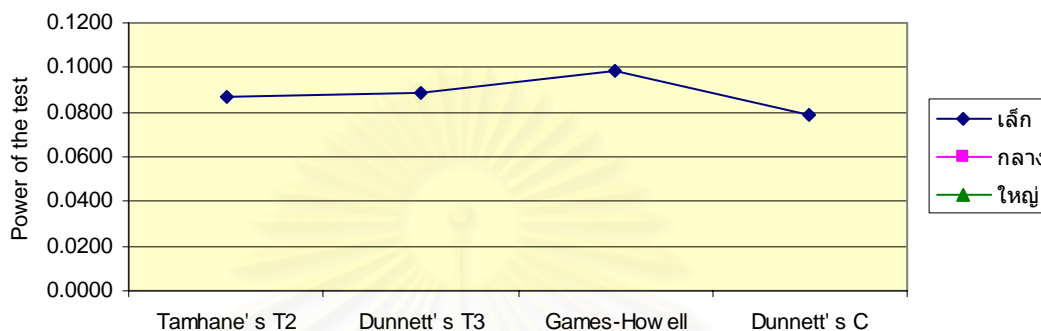
ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	เพิ่มอิทธิพล ทรีทเมนต์	อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
เล็ก ($k = 4; n_1 = 10, \dots, n_4 = 16$)	แบบ A	0.0870	0.0887	0.0984	0.0791
	แบบ B	0.3005	0.3041	0.3258	0.2793
กลาง ($k = 4; n_1 = 30, \dots, n_4 = 42$)	แบบ A	F	F	F	F
	แบบ B	F	F	F	F
ใหญ่ ($k = 4; n_1 = 60, \dots, n_4 = 90$)	แบบ A	F	F	F	F
	แบบ B	F	F	F	F

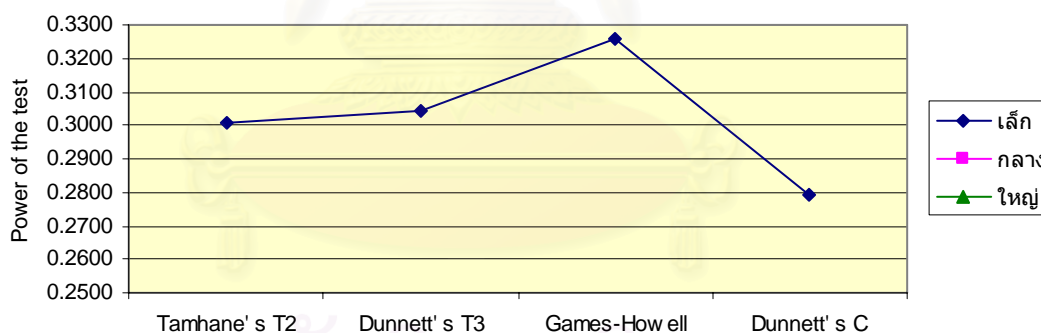
หมายเหตุ F หมายถึง แบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในแผนภาพของกราฟดังแผนภาพที่ 4.17 (a) และ 4.17 (b) ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้เท่านั้น

แผนภาพที่ 4.17 (a) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม



แผนภาพที่ 4.17 (b) กราฟแสดงอำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.21 แผนภาพที่ 4.17 (a) และ 4.17 (b) พบว่า การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n_1 = 10, n_2 = 12, n_3 = 14$ และ $n_4 = 16$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธีการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด คือ วิธี Games-Howell โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกรณีนี้จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.0791-0.0984 และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเช่นเดียวกัน โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกรณีนี้จะทำให้ค่า

อำนาจการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.2793-0.3258 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีค่าสูงกว่าแบบ A ทุกวิธีการทดสอบ

เมื่อกุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n_1 = 30, n_2 = 34, n_3 = 38$ และ $n_4 = 42$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

เมื่อกุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n_1 = 60, n_2 = 70, n_3 = 80$ และ $n_4 = 90$) และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

สรุปว่า กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) วิธีการทดสอบของ Games-Howell จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น

สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม ($k = 5$) ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

จากผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B สามารถสรุปในภาพรวมได้ดังตารางที่ 4.22 และ 4.23

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A

จำนวน กลุ่มตัวอย่าง	ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3					
k = 3	เล็ก	0.0558	0.0568	0.0611	0.0490
	กลาง	0.0794	0.0843	0.0850	0.0793
	ใหญ่	0.1101	0.1099	0.1159	0.1090
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4					
k = 4	เล็ก	0.0870	0.0887	0.0984	0.0791
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5					
k = 5	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6					
k = 6	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7					
k = 7	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8					
k = 8	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B

จำนวน กลุ่มตัวอย่าง	ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบ			
		Tamhane' s T2	Dunnett' s T3	Games-Howell	Dunnett' s C
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3					
k = 3	เล็ก	0.1792	0.1816	0.1914	0.1630
	กลาง	0.3860	0.3955	0.3979	0.3853
	ใหญ่	0.5929	0.5926	0.6038	0.5903
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4					
k = 4	เล็ก	0.3005	0.3041	0.3258	0.2793
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5					
k = 5	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6					
k = 6	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7					
k = 7	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-
อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8					
k = 8	เล็ก	-	-	-	-
	กลาง	-	-	-	-
	ใหญ่	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.22 และ 4.23 พบว่า การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เมื่อพิจารณาที่ความไว (Sensitiveness) ของวิธีการทดสอบ พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะให้ค่าอำนาจการทดสอบต่างกัน โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ทุกวิธีการทดสอบ เมื่อพิจารณาที่จำนวนกลุ่มตัวอย่างและขนาดกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ พบว่า เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบจะสูงขึ้น แต่เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างยิ่งเพิ่มขึ้น พบว่า ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

เมื่อพิจารณาวิธีการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B สามารถสรุปในภาพรวมได้ดังนี้

1. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง วิธีการทดสอบของ Games-Howell และ Dunnett' s T3 จะมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน และกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ นั้น วิธีการทดสอบของ Games-Howell และ Tamhane's T2 จะมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง นั้น วิธีการทดสอบของ Games-Howell และ Dunnett' s T3 จะมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกัน

2. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

3. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันตั้งแต่ 5 กลุ่ม ($k = 5$) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 และเพิ่มอิทธิพลพหุคูณแบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

จากการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

1.1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

วิธีการทดสอบของ Tamhane' s T2 สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อ $k = 3$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 และสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อ $k = 4$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 ยกเว้นกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ นั้น ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้เมื่อ k เพิ่มขึ้น ตั้งแต่ $k = 5$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 ถึง $k = 8$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 ยังพบว่า Tamhane' s T2 นี้ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

วิธีการทดสอบของ Dunnett' s T3 สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเช่นเดียวกับวิธีการทดสอบของ Tamhane' s T2 นั่นคือ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อ $k = 3$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 และสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อ $k = 4$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 ยกเว้นกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ นั้น ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้เมื่อ k เพิ่มขึ้น ตั้งแต่ $k = 5$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 ถึง $k = 8$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 ยังพบว่า Dunnett' s T3 นี้ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตาม

แปรปรวนเป็น 1:2:3:4 ยกเว้นกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่นั้น ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้เมื่อ k เพิ่มขึ้น ตั้งแต่ $k = 5$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 ถึง $k = 8$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 ยังพบว่า Dunnett's C นี้ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกัน

2. การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

2.1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

เมื่อ $k = 3$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell, Dunnett's T3 และ Tamhane's T2 มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่นั้น วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Games-Howell, Dunnett's T3, Tamhane's T2 และ Dunnett's C จะมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกัน

เมื่อ $k = 4$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

เมื่อ $k = 5$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก วิธีการทดสอบของ Dunnett's C เพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่มีอำนาจการทดสอบสูง เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่นั้น วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

เมื่อ $k = 6$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6 ถึง $k = 8$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ไม่มี

การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

2.2 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

เมื่อ $k = 3$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางนั้น วิธีการทดสอบของ Games-Howell และ Dunnett' s T3 จะมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน และกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ วิธีการทดสอบของ Games-Howell และ Tamhane' s T2 จะมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางนั้น วิธีการทดสอบของ Games-Howell และ Dunnett' s T3 มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกัน

เมื่อ $k = 4$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น ส่วนกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

เมื่อ $k = 5$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 ถึง $k = 8$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน (Equal Variances not Assumed) และมีทริทเมนต์ตั้งแต่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน (Monte Carlo Simulation Technique) ทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0

สรุปผลการวิจัย

ผลสรุปความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และการจัดอันดับการพิจารณาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี ทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน ซึ่งทดลองตามแผนการทดลองครั้งนี้เป็นดังตารางสรุปผลตารางที่ 5.1-5.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	อัตราส่วนความแปรปรวน	วิธีการทดสอบ	กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน		
			เล็ก	กลาง	ใหญ่
k = 3	1:2:3	Tamhane' s T2	✓	✓	✓
		Dunnett' s T3	✓	✓	✓
		Games-Howell	✓	✓	✓
		Dunnett' s C	✓	✓	✓
k = 4	1:2:3:4	Tamhane' s T2	✓	✗	✗
		Dunnett' s T3	✓	✗	✗
		Games-Howell	✓	✗	✗
		Dunnett' s C	✓	✗	✗
k = 5	1:2:3:4:5	Tamhane' s T2	✗	✗	✗
		Dunnett' s T3	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗
		Dunnett' s C	✓	✗	✗
k = 6	1:2:3:4:5:6	Tamhane' s T2	✗	✗	✗
		Dunnett' s T3	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗
		Dunnett' s C	✗	✗	✗
k = 7	1:2:3:4:5:6:7	Tamhane' s T2	✗	✗	✗
		Dunnett' s T3	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗
		Dunnett' s C	✗	✗	✗
k = 8	1:2:3:4:5:6:7:8	Tamhane' s T2	✗	✗	✗
		Dunnett' s T3	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗
		Dunnett' s C	✗	✗	✗

หมายเหตุ ✓ หมายถึง สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

✗ หมายถึง ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากตารางสรุปผลการทดลองตารางที่ 5.1 เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี วิกฤตกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาของ Bradley ได้ผลสรุปดังนี้

1. วิกฤตกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2. วิกฤตกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะวิกฤตกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น ยกเว้นวิกฤตกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

3. วิกฤตกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม ($k = 5$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก วิธีการทดสอบ 1 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนอีก 3 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3 และ Games-Howell ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่นั้น วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4. วิกฤตกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันตั้งแต่ 6 กลุ่ม ($k = 6$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6 ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 5.2 ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	อัตราส่วนความแปรปรวน	วิธีการทดสอบ	กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน		
			เล็ก	กลาง	ใหญ่
k = 3	1:2:3	Tamhane' s T2	✓	✓	✓
		Dunnett' s T3	✓	✓	✓
		Games-Howell	✓	✓	✓
		Dunnett' s C	✓	✓	✓
k = 4	1:2:3:4	Tamhane' s T2	✓	✗	✗
		Dunnett' s T3	✓	✗	✗
		Games-Howell	✓	✗	✗
		Dunnett' s C	✓	✗	✗
k = 5	1:2:3:4:5	Tamhane' s T2	✗	✗	✗
		Dunnett' s T3	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗
		Dunnett' s C	✗	✗	✗
k = 6	1:2:3:4:5:6	Tamhane' s T2	✗	✗	✗
		Dunnett' s T3	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗
		Dunnett' s C	✗	✗	✗
k = 7	1:2:3:4:5:6:7	Tamhane' s T2	✗	✗	✗
		Dunnett' s T3	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗
		Dunnett' s C	✗	✗	✗
k = 8	1:2:3:4:5:6:7:8	Tamhane' s T2	✗	✗	✗
		Dunnett' s T3	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗
		Dunnett' s C	✗	✗	✗

หมายเหตุ ✓ หมายถึง สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

✗ หมายถึง ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากตารางสรุปผลการทดลองตารางที่ 5.2 เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี วิกฤตกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาของ Bradley ได้ผลสรุปดังนี้

1. วิกฤตกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2. วิกฤตกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะวิกฤตกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเท่านั้น ยกเว้นวิกฤตกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

3. วิกฤตกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันตั้งแต่ 5 กลุ่ม ($k = 5$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 5.3 การจัดอันดับการพิจารณาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	อัตราส่วนความแปรปรวน	วิธีการทดสอบ	กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน					
			เพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A			เพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B		
			เล็ก	กลาง	ใหญ่	เล็ก	กลาง	ใหญ่
k = 3	1:2:3	Tamhane' s T2	③	③	④	③	③	④
		Dunnett' s T3	②	②	②	②	②	②
		Games-Howell	①	①	①	①	①	①
		Dunnett' s C	④	④	③	④	④	③
k = 4	1:2:3:4	Tamhane' s T2	③	-	-	③	-	-
		Dunnett' s T3	②	-	-	②	-	-
		Games-Howell	①	-	-	①	-	-
		Dunnett' s C	④	-	-	④	-	-
k = 5	1:2:3:4:5	Tamhane' s T2	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s T3	-	-	-	-	-	-
		Games-Howell	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s C	①	-	-	①	-	-
k = 6	1:2:3:4:5:6	Tamhane' s T2	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s T3	-	-	-	-	-	-
		Games-Howell	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s C	-	-	-	-	-	-
k = 7	1:2:3:4:5:6:7	Tamhane' s T2	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s T3	-	-	-	-	-	-
		Games-Howell	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s C	-	-	-	-	-	-
k = 8	1:2:3:4:5:6:7:8	Tamhane' s T2	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s T3	-	-	-	-	-	-
		Games-Howell	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s C	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ①, ②, ③ และ ④ หมายถึง การจัดอันดับการพิจารณาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี จากที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดถึงน้อยสุด เป็นอันดับ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

จากตารางสรุปผลการจัดอันดับการพิจารณาอำนาจการทดสอบตารางที่ 5.3 เมื่อพิจารณาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B ได้ผลสรุปดังนี้

1. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B

2. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B ทั้งนี้วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

3. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม ($k = 5$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B วิธีการทดสอบของ Dunnett' s C เพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่มีอำนาจการทดสอบสูง ทั้งนี้วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

4. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันตั้งแต่ 6 กลุ่ม ($k = 6$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6 ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

ตารางที่ 5.4 การจัดอันดับการพิจารณาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	อัตราส่วนความแปรปรวน	วิธีการทดสอบ	กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน					
			เพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A			เพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B		
			เล็ก	กลาง	ใหญ่	เล็ก	กลาง	ใหญ่
k = 3	1:2:3	Tamhane' s T2	③	③	②	③	③	②
		Dunnett' s T3	②	②	③	②	②	③
		Games-Howell	①	①	①	①	①	①
		Dunnett' s C	④	④	④	④	④	④
k = 4	1:2:3:4	Tamhane' s T2	③	-	-	③	-	-
		Dunnett' s T3	②	-	-	②	-	-
		Games-Howell	①	-	-	①	-	-
		Dunnett' s C	④	-	-	④	-	-
k = 5	1:2:3:4:5	Tamhane' s T2	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s T3	-	-	-	-	-	-
		Games-Howell	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s C	-	-	-	-	-	-
k = 6	1:2:3:4:5:6	Tamhane' s T2	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s T3	-	-	-	-	-	-
		Games-Howell	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s C	-	-	-	-	-	-
k = 7	1:2:3:4:5:6:7	Tamhane' s T2	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s T3	-	-	-	-	-	-
		Games-Howell	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s C	-	-	-	-	-	-
k = 8	1:2:3:4:5:6:7:8	Tamhane' s T2	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s T3	-	-	-	-	-	-
		Games-Howell	-	-	-	-	-	-
		Dunnett' s C	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ①, ②, ③ และ ④ หมายถึง การจัดอันดับการพิจารณาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี จากที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดถึงน้อยสุด เป็นอันดับ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

จากตารางสรุปผลการจัดอันดับการพิจารณาอำนาจการทดสอบตารางที่ 5.4 เมื่อพิจารณาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B ได้ผลสรุปดังนี้

1. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B

2. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 วิธีการทดสอบของ Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B ทั้งนี้วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

3. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันตั้งแต่ 5 กลุ่ม ($k = 5$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 ถึง 8 กลุ่ม ($k = 8$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่มีการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อภิปรายผลการวิจัย

ในการเลือกใช้สถิติทดสอบจำเป็นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบหลายประการ และที่สำคัญเป็นอันดับแรก คือ ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด Neyman (1950; อ้างถึงใน Srisukho, 1974) กล่าวว่า เมื่อต้องการที่จะเลือกใช้สถิติทดสอบ อันดับแรกที่ควรพิจารณา คือ ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 แล้วจึงจะพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 ต่อไป โดยยึดหลักว่า ให้ความน่าจะเป็นที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เกินอัตราความคลาดเคลื่อนที่กำหนด

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า เมื่อความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ลักษณะของอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อน 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C จะแตกต่างกันไปตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง ดังที่ Hinkle และ Oliver (1983) กล่าวว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับระดับนัยสำคัญทางสถิติจากการศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จากการทดลองโดยใช้วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันนั้น พบว่า เมื่อ $k = 3$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 เมื่อ k เพิ่มขึ้น $k = 4$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 ถึง $k = 8$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 เพิ่มขึ้นเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่ขึ้น นั่นคือ กลุ่มตัวอย่างขนาดกลางจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่ากลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่ากลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุณยนุช พินชู (2548) ที่ได้เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ 14 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Tukey' s HSD, Bonferroni, Tukey' s b, Sidak, Duncan, Scheffe' s, Hochberg' s GT2, R-E-G-WF, Gabriel, R-E-G-WQ, Waller-Duncan, S-N-K และ Dunnett ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในกลุ่มที่มีเงื่อนไขความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดเท่ากัน และมีการแจกแจงแบบปกติ โดยการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน ทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง พบว่า เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่ขึ้นจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงขึ้นตามขนาดกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่มีเงื่อนไขความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดเท่ากันหรือการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนก็ตาม อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ที่ได้จากการทดลองจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่งานวิจัยนี้จะไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุณยนุช พินชู (2548) เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง k เพิ่มขึ้น การเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

จะให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงขึ้นเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น แต่การเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่มีเงื่อนไขความแปรปรวนของข้อมูลทุกชุดเท่ากันนั้น จะมี 12 วิธี ได้แก่ วิธี Tukey' s HSD, Bonferroni, Tukey' s b, Sidak, Duncan, Scheffe' s, Hochberg' s GT2, R-E-G-WF, Gabriel, R-E-G-WQ, S-N-K และ Dunnett ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น และมี 2 วิธี ได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan ที่อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ไม่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น ทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน

เมื่อความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันนี้ ลักษณะของอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนจะสอดคล้องกับพื้นฐานการสร้างของแต่ละวิธี นั่นคือ วิธีการทดสอบของ Tamhane' s T2 โดยพื้นฐานการสร้างของวิธีการทดสอบนี้คล้ายคลึงกับสถิติ Bonferroni t คือ ใช้วิธีทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ 2 กลุ่ม ในลักษณะเดียวกันกับการทดสอบทีหลาย ๆ ครั้ง และใช้วิธีแบ่งอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุไว้กับการทดสอบแต่ละครั้ง เพื่อควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองไม่ให้มากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ ซึ่งผลการวิจัยนี้พบว่า กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน วิธีการทดสอบของ Tamhane' s T2 สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อ $k = 3$ โดยถือว่าวิธีการทดสอบของ Tamhane' s T2 นี้ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ในกรณีนี้ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมคิด ไวยวุฒิพันธ์ (2530) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tamhane (1974; อ้างถึงใน สมคิด ไวยวุฒิพันธ์, 2530) ที่ศึกษาการเปรียบเทียบรายคู่ของวิธี Tamhane' s T2 และ Games-Howell เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กและความแปรปรวนของประชากรต่างกัันนั้น พบว่า วิธี Tamhane' s T2 มีอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองไม่มากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุทุกกรณีการทดลองเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ส่วนวิธีการทดสอบของ Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ในงานวิจัยนี้สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ดีในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากขึ้น จากการทดลองนี้ พบว่าวิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธีนี้ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในสถานการณ์ที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากขึ้น อันเนื่องจากให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนหนึ่งเป็นเพราะความแปรปรวนของประชากรต่างกััน ทำให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบดังกล่าวสูงขึ้น และเมื่อความแปรปรวนของประชากร

ต่างกันมากขึ้น อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จะยิ่งสูงขึ้นด้วย ซึ่งนอกจากจะทดลองกับสถานการณ์ที่กำหนดให้อัตราส่วนความแปรปรวนเป็นไปตามลักษณะของงานวิจัยนี้แล้ว ผู้วิจัยยังได้ทำการทดลองศึกษาเพิ่มเติมในสถานการณ์ที่มีช่วงห่างของอัตราส่วนความแปรปรวนในแต่ละกลุ่มมาก ๆ ดังเช่น กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:4:8 อ้างถึง สุชาคา บวรกิติวงศ์ (2548) เกี่ยวกับการทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มประชากร ที่กล่าวว่า เพื่อความรวดเร็วในระยะหลังได้มีงานวิจัยออกมาสรุปว่า ความแปรปรวนที่สูงที่สุดหารด้วยความแปรปรวนที่ต่ำที่สุดมีค่าเกิน 4 สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนในประชากรต่างกัน ซึ่งจากการศึกษาเพิ่มเติมนี้ พบว่า วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อกำหนดให้ k เพิ่มขึ้น อัตราส่วนความแปรปรวนต่างกันมากขึ้น ทั้ง 4 วิธีนี้ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเช่นเดียวกัน อีกทั้งยังให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงขึ้นอีกด้วย สำหรับสถานการณ์ที่มีช่วงห่างของอัตราส่วนความแปรปรวนในแต่ละกลุ่มไม่มาก ดังเช่น กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม ($k = 3$) อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:1.1:1.2 พบว่า เมื่อทำการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน ได้ผลปรากฏว่า ความแปรปรวนของกลุ่มประชากรเท่ากัน นั้นแสดงว่าสถานการณ์ดังกล่าวไม่จัดอยู่ในเงื่อนไขของงานวิจัยนี้ เมื่อกำหนดให้ k เพิ่มขึ้น ช่วงห่างของอัตราส่วนความแปรปรวนในแต่ละกลุ่มไม่มาก เมื่อทำการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนก็ให้ผลเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาที่ความไวของวิธีการทดสอบที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบ พบว่า ทุกวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน จะมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุณยบุษ พินชู (2548) คือ การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ทุกการทดสอบ และพบว่า วิธี Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกกรณี ทั้งในสถานการณ์ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน เมื่อ $k = 3$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B ซึ่งจากผลการวิจัยนี้พบว่า สอดคล้องกับเอกสารของ Kirk (1982) เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน วิธี Games-Howell มีอำนาจการทดสอบมากกว่าวิธี Dunnett' s C และสอดคล้องกับผลสรุปของ Games, Keselman และ Rogan (1981) เกี่ยวกับวิธีการเปรียบเทียบ

เชิงซ้อนของ Games-Howell, Dunnett' s T3 และ Tamhane' s T2 ซึ่งเป็นแบบที่ใช้การประมาณค่าความแปรปรวนของการเปรียบเทียบด้วยวิธีของ Behrens-Fisher ที่ว่า วิธีการทดสอบทั้ง 3 วิธีนี้สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ดีกว่าการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบที่ใช้ MSW (mean square within groups) เป็นตัวประมาณค่าความแปรปรวนของการเปรียบเทียบ เช่น วิธีของ Gabriel ซึ่งแม้ว่าควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน แต่วิธีนี้จะไม่แกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นด้านความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน ดังนั้นสำหรับงานวิจัยที่ต้องใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนเมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน ควรเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบที่ใช้การประมาณค่าความแปรปรวนของการเปรียบเทียบด้วยวิธีของ Behrens-Fisher เช่น Games-Howell, Dunnett' s T3 และ Tamhane' s T 2 ซึ่งสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ดีกว่า

นอกจากนี้ในขั้นตอนการทดลองผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ โดยการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ซึ่งพบว่า ในการทำการทดลองดังกล่าวให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุณยบุษ พินชู (2548) ที่ว่า จะให้ผลการทดลองที่ไม่นิ่ง ค่าที่ได้จะแตกต่างกันจากการให้ทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง ในครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 หรือมากกว่านั้น แต่เมื่อผู้วิจัยทำการทดสอบให้ทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง พบว่า ผลการทดลองที่ได้จะนิ่ง คือ มีค่าใกล้เคียงกัน ในการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง จากครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 หรือมากกว่านั้นเช่นเดียวกัน อีกทั้งผู้วิจัยยังได้ทำการทดสอบซ้ำ 10,000 ครั้ง กับการกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 0$ ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้กัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การทดลองของงานวิจัยนี้ที่ผู้วิจัยได้กำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ โดยผลการทดลองพบว่า จากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชันนั้น จะให้ผลลัพธ์ของการทดสอบทุกวิธีเท่ากับการกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ ดังนั้นถ้าหากงานวิจัยใดที่ทำการศึกษาหรือจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน เมื่อการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ ควรจะกำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 0$ ทั้งนี้จะช่วยให้โปรแกรมต่าง ๆ ดังเช่น โปรแกรม MATLAB 7.0 ที่ใช้งานอยู่นั้น สามารถลดขั้นตอนในการทำงานและลดระยะเวลาในการประมวลผลของข้อมูลได้รวดเร็วกว่าการกำหนดพารามิเตอร์ μ มาก ๆ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอเสนอแนะเป็นดังนี้

ก. ข้อเสนอแนะเพื่อการเลือกใช้สถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

การเลือกใช้สถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ผู้วิจัยขอเสนอแนะว่า ในการตัดสินใจเลือกใช้สถิติทดสอบตัวใดนั้น ควรพิจารณาจากวิธีที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญที่ระบุ โดยสถิติทดสอบตัวใดที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกกรณี เช่น สามารถใช้ได้ทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ถือได้ว่าสถิติทดสอบตัวนั้น ย่อมเป็นสถิติทดสอบที่ควรเลือกใช้มากกว่าตัวสถิติทดสอบตัวอื่น ๆ

ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนะทางการเลือกใช้สถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยแจกแจงเป็น 2 กรณี คือ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างดังตารางที่ 5.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 การเลือกใช้สถิติทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบกลุ่มสมบูรณ์

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	อัตราส่วนความแปรปรวน	วิธีการทดสอบ	กรณี					
			กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน			กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน		
			เล็ก	กลาง	ใหญ่	เล็ก	กลาง	ใหญ่
k = 3	1:2:3	Tamhane's T2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Dunnett's T3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Games-Howell	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Dunnett's C	✓	✓	✓	✓	✓	✓
k = 4	1:2:3:4	Tamhane's T2	✓	✗	✗	✓	✗	✗
		Dunnett's T3	✓	✗	✗	✓	✗	✗
		Games-Howell	✓	✗	✗	✓	✗	✗
		Dunnett's C	✓	✗	✗	✓	✗	✗
k = 5	1:2:3:4:5	Tamhane's T2	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Dunnett's T3	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Dunnett's C	✓	✗	✗	✗	✗	✗
k = 6	1:2:3:4:5:6	Tamhane's T2	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Dunnett's T3	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Dunnett's C	✗	✗	✗	✗	✗	✗
k = 7	1:2:3:4:5:6:7	Tamhane's T2	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Dunnett's T3	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Dunnett's C	✗	✗	✗	✗	✗	✗
k = 8	1:2:3:4:5:6:7:8	Tamhane's T2	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Dunnett's T3	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Games-Howell	✗	✗	✗	✗	✗	✗
		Dunnett's C	✗	✗	✗	✗	✗	✗

หมายเหตุ

✓ หมายถึง สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

ที่กำหนด

✗ หมายถึง ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์

ผลสรุปของการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า งานวิจัยที่ต้องการเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันเป็นดังนี้

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

เมื่อ $k = 3$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถนำไปใช้ได้ทุกวิธี ทั้งนี้วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี ทั้งในสถานการณ์ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน

เมื่อ $k = 4$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถนำไปใช้ได้ทุกวิธีในบางสถานการณ์เท่านั้น ทั้งนี้วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกวิธีเฉพาะในสถานการณ์ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน

เมื่อ $k = 5$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 วิธีการทดสอบของ Dunnett' s C เป็นวิธีที่ควรนำไปใช้มากที่สุด ในจำนวนวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน 4 วิธี ทั้งนี้วิธีการทดสอบของ Dunnett' s C สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ดีกว่าอีก 3 วิธี เฉพาะในสถานการณ์ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน

เมื่อ $k = 6$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6 ถึง $k = 8$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกกรณี ทั้งในสถานการณ์ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ดังนั้นวิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากขึ้น เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

เมื่อ $k = 3$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถนำไปใช้ได้ทุกวิธี ทั้งนี้วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี ทั้งในสถานการณ์ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน

เมื่อ $k = 4$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C สามารถนำไปใช้ได้ทุกวิธีในบางสถานการณ์เท่านั้น ทั้งนี้วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ทุกวิธีเฉพาะในสถานการณ์ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน

เมื่อ $k = 5$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5 ถึง $k = 8$ อัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4:5:6:7:8 วิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane' s T2, Dunnett' s T3, Games-Howell และ Dunnett' s C ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้ อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกกรณี ทั้งในสถานการณ์ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ดังนั้นวิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธี จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากขึ้น เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ภายใต้การแจกแจงแบบต่าง ๆ ของประชากร ที่ไม่ใช่การแจกแจงแบบปกติ

2. ควรศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ในแผนการทดลองแบบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

3. ควรศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนกับสถิตินอนพาราเมตริก



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. การวิเคราะห์สถิติ: สถิติเพื่อการตัดสินใจ. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดวงรัตน์ พิภูลทอง. 2537. หลักสถิติ. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ สถาบันราชภัฏพระนคร.
- บุญธรรม กิจปรีดาวิสุทธิ. 2531. การวิเคราะห์ความแปรปรวน: ประยุกต์เพื่อการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาศึกษาศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- บุญยง พินธุ. 2548. การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พหล ศักดิ์กะทัศน์. 2534. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ความแปรปรวน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนัส สังวรศิลป์ และวรรณ ภัทรอมรกุล. 2543. คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อินโฟเพรส.
- ระวีวรรณ พันธุ์พานิชย์. 2540. แบบแผนเชิงสถิติของการทดลอง. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวัดผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ลัญจกร วุฒิสัทกุลกิจ. 2547. MATLAB การประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิรัช วรรณรัตน์. 2535. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมคิด ไวยวุฒินันท์. 2530. การเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างบอเนเฟอร์นีที่ไคสแควร์ของมาร์ซูโล และวิธีของทัมฮานน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมจิต วัฒนาขางกุล. 2529. สถิติวิเคราะห์เบื้องต้นสำหรับการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ประกายประกาย.

- สิรินุช เอี่ยมเขียว. 2544. ผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่บางวิธีภายใต้ความแปรปรวนที่ต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุชาติดา บวรกิติวงศ์. 2548. สถิติประยุกต์ทางพฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุญาณี จิตตะยะโสธร. 2524. การศึกษาโดยวิธีมอนติคาร์โล: การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อน ประเภทที่ 1 จากข้อมูลที่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการเปรียบเทียบพหุคูณ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุพัตรา ชะมะบุตรณ์. 2546. การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอว์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิมล ตีรกันันท์. 2546. การใช้สถิติในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุทุมพร ทองอุไทย. 2523. แผนวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เจริญผล.

ภาษาอังกฤษ

- Bradley, J. V. 1968. **Distribution-free Statistical Test.** New Jersey: Prentice-Hall.
- Carmer, S. G., and Swanson, M. R. 1973. An Evaluation of Ten Pairwise Multiple Comparison Procedures by Monte Carlo Methods. **Journal of the American Statistical Association.** 68: 66-74.
- Cochran, W. G., and Cox, G. M. 1957. **Experimental design.** New York: John Wiley & Son.
- Cochran, W. G., and Cox, G. M. 1975. **Experimental design.** New York: John Wiley & Son.
- Dunnett, C. W. 1980. Pairwise multiple comparisons in the unequal variance case. **Journal of the American Statistical Association.** 75: 796-800.
- Games, P. A., and Howell, J. F. 1976. Pairwise multiple comparison procedures with unequal N's and/or variance. **Journal of Educational Statistics.** 1: 113-125.

- Games, P. A., Keselman, H. J., and Rogan, J. C. 1981. Simultaneous Pairwise Multiple Comparison Procedures for Means When Sample Size Are Unequal. **Psychological Bulletin.** 90: 594-598.
- Hinkle, D. E., and Oliver, J. D. 1983. How Large Should the Sample Be? A Question With Nosimple Answer ? **Educational and Psychological Measurement.** 43: 1051-1060.
- James, V. C. 1982. **Fundamentals of Statistics for the Behavioral Science.** New York: St. Martin' s Press.
- Kerlinger, F. N. 1986. **Fundamentals of Behavioral Research.** Florida: Holt, Rinehart and Winston.
- Keselman, H. J. 1974. The Statistic with the Smaller Critical Value. **Psychological Bulletin.** 81: 130-131.
- Kirk, R. E. 1982. **Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences.** 2nd ed. USA: Brooks/Cole Publishing Company.
- Kirk, R. E. 1995. **Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences.** 3rd ed. USA: Brooks/Cole Publishing Company.
- Neil, A. W. 1995. **Introduction Statistics.** Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Neyman, L. J. 1950. **First Course in Probability and Statistics.** New York: Henry Holt, cited by Derek Srisukho. 1974. Monte Carlo Study of the Power of H-test Compared to F-test when Population Distribution are Different in Form. Dissertation of Doctor Degree, University of California, Berkeley.
- Ramsey, P. H. 1980. Exact Type I Error Rates for Robustness of Student' s t test with Unequal Variances. **Journal of Educational Statistical.** 4: 337-349.
- Richard, C. S. 1994. **Basic Statistical Analysis.** A Division of Paramount Publishing.
- Tamhane, A. C. 1974. A Comparison of Procedures for Multiple Comparisons of Means With Unequal Variances. **Journal of the American Statistical Association.** 74: 471-480.
- Tamhane, A. C. 1977. Multiple Comparisons in Model I One-Way ANOVA With Unequal Variances. **Communication in Statistical.** A6(1): 15-32.
- Toothaker, L. E. 1991. **Multiple Comparisons.** Newbury Park, CA: Sage.
- Toothaker, L. E. 1993. **Multiple Comparison Procedures.** Newbury Park, CA: Sage.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม ($k = 4$) กำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 500$ และอัตราส่วนความแปรปรวนเป็น 1:2:3:4 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 30$) จะใช้คำสั่งจากโปรแกรม MATLAB 7.0 ดังนี้

```
e=normrnd(500,1,[1 30]);
```

```
f=normrnd(500,2,[1 30]);
```

```
g=normrnd(500,3,[1 30]);
```

```
h=normrnd(500,4,[1 30]);
```

```
a=e+0
```

```
b=f+0
```

```
c=g+0
```

```
d=h+0
```

ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็น

```
a = 499.5674 498.3344 500.1253 500.2877 498.8535 501.1909 501.1892
499.9624 500.3273 500.1746 499.8133 500.7258 499.4117 502.1832 499.8636 500.1139
501.0668 500.0593 499.9044 499.1677 500.2944 498.6638 500.7143 501.6236 499.3082
500.8580 501.2540 498.4063 498.5590 500.5711
```

```
b = 499.2002 501.3800 501.6312 501.4238 502.5805 501.3372 502.3817
497.5951 499.9604 499.6866 496.7918 500.5146 497.8871 502.8303 498.3898 501.0575
500.4386 498.1562 495.6587 499.8816 497.9787 501.2289 501.0155 503.3849 501.1826
498.7128 500.7607 497.9818 499.9610 499.9036
```

```
c = 500.0001 499.0464 503.2850 494.3780 501.2845 502.6869 502.1929
501.7336 500.1209 502.0313 501.7067 499.2331 498.8676 499.1123 495.5746 499.2980
500.3553 500.9444 504.3305 498.9471 501.8697 502.3971 502.8227 497.0237 500.6361
500.7136 496.9767 497.7739 503.2469 499.6055
```

d = 501.5595 500.3519 497.4581 497.7617 501.7746 496.2004 503.1247
 502.2758 496.7131 498.9376 495.2489 491.1907 503.9453 497.9255 501.3095 500.9362
 500.0859 495.9842 496.2114 498.5023 495.2565 495.7764 505.8899 500.2230 495.1307
 499.8351 495.4866 494.6029 498.9556 503.8139

จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไป Test of Homogeneity of Variances ใน One-Way ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows Version 11.0 ได้ผลดังนี้

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
12.434	3	116	.000

จากผลการทดสอบความเท่ากันของกลุ่มประชากร โดยใช้ Levene test ปรากฏว่า ค่า Sig. ซึ่งเป็นค่าของความน่าจะเป็นที่ค่าสถิติ F มีค่ามากกว่า F ที่ได้จากการคำนวณ ($P(F > F_c)$) มีค่าน้อยกว่า α ที่กำหนด ($\alpha = 0.05$)

ดังนั้นปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ แสดงว่า ความแปรปรวนของกลุ่มประชากรไม่เท่ากัน

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

เมื่อ $k = 3; n = 10$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
13.246	2	27	.000

เมื่อ $k = 4; n = 10$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.273	3	36	.000

เมื่อ $k = 5; n = 10$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.464	4	45	.000

เมื่อ $k = 6; n = 10$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.009	5	54	.000

เมื่อ $k = 7$; $n = 10$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.071	6	63	.002

เมื่อ $k = 8$; $n = 10$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.118	7	72	.006

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง

เมื่อ $k = 3$; $n = 30$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.267	2	87	.001

เมื่อ $k = 4$; $n = 30$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
12.434	3	116	.000

เมื่อ $k = 5; n = 30$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
16.643	4	145	.000

เมื่อ $k = 6; n = 30$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
12.019	5	174	.000

เมื่อ $k = 7; n = 30$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
18.743	6	203	.000

เมื่อ $k = 8; n = 30$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
15.894	7	232	.000

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

เมื่อ $k = 3; n = 60$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
21.479	2	177	.000

เมื่อ $k = 4; n = 60$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
32.840	3	236	.000

เมื่อ $k = 5; n = 60$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
26.281	4	295	.000

เมื่อ $k = 6; n = 60$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
23.620	5	354	.000

เมื่อ $k = 7$; $n = 60$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
29.289	6	413	.000

เมื่อ $k = 8$; $n = 60$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
25.628	7	472	.000

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

เมื่อ $k = 3$; $n_1 = 10$, $n_2 = 12$ และ $n_3 = 14$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.399	2	33	.009

เมื่อ $k = 4$; $n_1 = 10$, $n_2 = 12$, $n_3 = 14$ และ $n_4 = 16$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7.204	3	48	.000

เมื่อ $k = 5$; $n_1 = 10$, $n_2 = 12$, $n_3 = 14$, $n_4 = 16$ และ $n_5 = 18$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.599	4	65	.002

เมื่อ $k = 6$; $n_1 = 10$, $n_2 = 12$, $n_3 = 14$, $n_4 = 16$, $n_5 = 18$ และ $n_6 = 20$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.369	5	84	.001

เมื่อ $k = 7$; $n_1 = 10$, $n_2 = 12$, $n_3 = 14$, $n_4 = 16$, $n_5 = 18$, $n_6 = 20$ และ $n_7 = 22$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.085	6	105	.000

เมื่อ $k = 8$; $n_1 = 10$, $n_2 = 12$, $n_3 = 14$, $n_4 = 16$, $n_5 = 18$, $n_6 = 20$, $n_7 = 22$ และ $n_8 = 24$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7.091	7	128	.000

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง

เมื่อ $k = 3$; $n_1 = 30$, $n_2 = 34$ และ $n_3 = 38$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
9.871	2	99	.000

เมื่อ $k = 4$; $n_1 = 30$, $n_2 = 34$, $n_3 = 38$ และ $n_4 = 42$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
16.458	3	140	.000

เมื่อ $k = 5$; $n_1 = 30$, $n_2 = 34$, $n_3 = 38$, $n_4 = 42$ และ $n_5 = 46$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
13.594	4	185	.000

เมื่อ $k = 6$; $n_1 = 30$, $n_2 = 34$, $n_3 = 38$, $n_4 = 42$, $n_5 = 46$ และ $n_6 = 50$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
17.545	5	234	.000

เมื่อ $k = 7$; $n_1 = 30$, $n_2 = 34$, $n_3 = 38$, $n_4 = 42$, $n_5 = 46$, $n_6 = 50$ และ $n_7 = 54$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
14.320	6	287	.000

เมื่อ $k = 8$; $n_1 = 30$, $n_2 = 34$, $n_3 = 38$, $n_4 = 42$, $n_5 = 46$, $n_6 = 50$, $n_7 = 54$ และ $n_8 = 58$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
14.922	7	344	.000

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

เมื่อ $k = 3$; $n_1 = 60$, $n_2 = 70$ และ $n_3 = 80$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
31.977	2	207	.000

เมื่อ $k = 4$; $n_1 = 60$, $n_2 = 70$, $n_3 = 80$ และ $n_4 = 90$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
26.595	3	296	.000

เมื่อ $k = 5$; $n_1 = 60$, $n_2 = 70$, $n_3 = 80$, $n_4 = 90$ และ $n_5 = 100$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
30.335	4	395	.000

เมื่อ $k = 6$; $n_1 = 60$, $n_2 = 70$, $n_3 = 80$, $n_4 = 90$, $n_5 = 100$ และ $n_6 = 110$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
27.834	5	504	.000

เมื่อ $k = 7$; $n_1 = 60$, $n_2 = 70$, $n_3 = 80$, $n_4 = 90$, $n_5 = 100$, $n_6 = 110$ และ $n_7 = 120$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
30.310	6	623	.000

เมื่อ $k = 8$; $n_1 = 60$, $n_2 = 70$, $n_3 = 80$, $n_4 = 90$, $n_5 = 100$, $n_6 = 110$, $n_7 = 120$ และ $n_8 = 130$

Test of Homogeneity of Variances

DATA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
27.419	7	752	.000

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างคำสั่ง: การวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

N=10000;

k=3;

n=10;

countd1=0;

countd2=0;

countd3=0;

counte1=0;

counte2=0;

counte3=0;

countf1=0;

countf2=0;

countf3=0;

countg1=0;

countg2=0;

countg3=0;

for K=1:1:N

d=normrnd(500,1,[1 n]);

e=normrnd(500,2,[1 n]);

f=normrnd(500,3,[1 n]);

a=d+0;

b=e+0;

c=f+0;

df=k*(n-1);

aa=a(1)^2+a(2)^2+a(3)^2+a(4)^2+a(5)^2+a(6)^2+a(7)^2+a(8)^2+a(9)^2+a(10)^2;

$$bb=b(1)^2+b(2)^2+b(3)^2+b(4)^2+b(5)^2+b(6)^2+b(7)^2+b(8)^2+b(9)^2+b(10)^2;$$

$$cc=c(1)^2+c(2)^2+c(3)^2+c(4)^2+c(5)^2+c(6)^2+c(7)^2+c(8)^2+c(9)^2+c(10)^2;$$

$$s1=aa+bb+cc;$$

$$s2=(\sum(a)^2)/n+(\sum(b)^2)/n+(\sum(c)^2)/n;$$

$$ssw=s1-s2;$$

$$msw=ssw/df;$$

$$x=\text{mean}(a)-\text{mean}(b);$$

$$y=\text{mean}(a)-\text{mean}(c);$$

$$z=\text{mean}(b)-\text{mean}(c);$$

$$\text{var1}=1;$$

$$\text{var2}=2;$$

$$\text{var3}=3;$$

$$A1=2.665*\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var2}/n);$$

$$A2=2.709*\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var3}/n);$$

$$A3=2.647*\text{sqrt}(\text{var2}/n+\text{var3}/n);$$

$$B1=x/\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var2}/n);$$

$$B2=y/\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var3}/n);$$

$$B3=z/\text{sqrt}(\text{var2}/n+\text{var3}/n);$$

$$BQ1=2.65;$$

$$BQ2=2.69;$$

$$BQ3=2.64;$$

$$CD1=x/\text{sqrt}((\text{var1}/n+\text{var2}/n)/2);$$

$$CD2=y/\text{sqrt}((\text{var1}/n+\text{var3}/n)/2);$$

$$CD3=z/\text{sqrt}((\text{var2}/n+\text{var3}/n)/2);$$

$$CQ1=3.65;$$

$$CQ2=3.70;$$

$$CQ3=3.63;$$

$$DQ1=((3.95*\text{var1}/n)+(3.95*\text{var2}/n))/(\text{var1}/n+\text{var2}/n);$$

$$DQ2=((3.95*\text{var1}/n)+(3.95*\text{var3}/n))/(\text{var1}/n+\text{var3}/n);$$

$$DQ3=((3.95*\text{var2}/n)+(3.95*\text{var3}/n))/(\text{var2}/n+\text{var3}/n);$$

```
if x>A1
    d1=1;
else
    d1=0;
end;
if y>A2
    d2=1;
else
    d2=0;
end;
if z>A3
    d3=1;
else
    d3=0;
end;
if B1>BQ1
    e1=1;
else
    e1=0;
end;
if B2>BQ2
    e2=1;
else
    e2=0;
end;
if B3>BQ3
    e3=1;
else
    e3=0;
end;
```



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
if CD1>CQ1
```

```
    f1=1;
```

```
else
```

```
    f1=0;
```

```
end;
```

```
if CD2>CQ2
```

```
    f2=1;
```

```
else
```

```
    f2=0;
```

```
end;
```

```
if CD3>CQ3
```

```
    f3=1;
```

```
else
```

```
    f3=0;
```

```
end;
```

```
if CD1>DQ1
```

```
    g1=1;
```

```
else
```

```
    g1=0;
```

```
end;
```

```
if CD2>DQ2
```

```
    g2=1;
```

```
else
```

```
    g2=0;
```

```
end;
```

```
if CD3>DQ3
```

```
    g3=1;
```

```
else
```

```
    g3=0;
```

```
end;
```



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
countd1=countd1+d1;
```

```
countd2=countd2+d2;
```

```
countd3=countd3+d3;
```

```
counte1=counte1+e1;
```

```
counte2=counte2+e2;
```

```
counte3=counte3+e3;
```

```
countf1=countf1+f1;
```

```
countf2=countf2+f2;
```

```
countf3=countf3+f3;
```

```
countg1=countg1+g1;
```

```
countg2=countg2+g2;
```

```
countg3=countg3+g3;
```

```
end
```

```
countd1;
```

```
countd2;
```

```
countd3;
```

```
counte1;
```

```
counte2;
```

```
counte3;
```

```
countf1;
```

```
countf2;
```

```
countf3;
```

```
countg1;
```

```
countg2;
```

```
countg3;
```

```
TamhaneT2=(countd1+countd2+countd3)/30000
```

```
DunnettT3=(counte1+counte2+counte3)/30000
```

```
GamesHowell=(countf1+countf2+countf3)/30000
```

```
DunnettC=(countg1+countg2+countg3)/30000
```

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างคำสั่ง: การวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

เมื่อเพิ่มอทธิพลทรีทเมนต์แบบ A

N=10000;

k=3;

n=10;

countd1=0;

countd2=0;

countd3=0;

counte1=0;

counte2=0;

counte3=0;

countf1=0;

countf2=0;

countf3=0;

countg1=0;

countg2=0;

countg3=0;

for K=1:1:N

d=normrnd(500,1,[1 n]);

e=normrnd(500,2,[1 n]);

f=normrnd(500,3,[1 n]);

a=d+0.2;

b=e+0.1;

c=f+0.0;

df=k*(n-1);



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$aa=a(1)^2+a(2)^2+a(3)^2+a(4)^2+a(5)^2+a(6)^2+a(7)^2+a(8)^2+a(9)^2+a(10)^2;$
 $bb=b(1)^2+b(2)^2+b(3)^2+b(4)^2+b(5)^2+b(6)^2+b(7)^2+b(8)^2+b(9)^2+b(10)^2;$
 $cc=c(1)^2+c(2)^2+c(3)^2+c(4)^2+c(5)^2+c(6)^2+c(7)^2+c(8)^2+c(9)^2+c(10)^2;$
 $s1=aa+bb+cc;$
 $s2=(\sum(a)^2)/n+(\sum(b)^2)/n+(\sum(c)^2)/n;$
 $ssw=s1-s2;$
 $msw=ssw/df;$
 $x=\text{mean}(a)-\text{mean}(b);$
 $y=\text{mean}(a)-\text{mean}(c);$
 $z=\text{mean}(b)-\text{mean}(c);$
 $\text{var1}=1;$
 $\text{var2}=2;$
 $\text{var3}=3;$
 $A1=2.665*\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var2}/n);$
 $A2=2.709*\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var3}/n);$
 $A3=2.647*\text{sqrt}(\text{var2}/n+\text{var3}/n);$
 $B1=x/\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var2}/n);$
 $B2=y/\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var3}/n);$
 $B3=z/\text{sqrt}(\text{var2}/n+\text{var3}/n);$
 $BQ1=2.65;$
 $BQ2=2.69;$
 $BQ3=2.64;$
 $CD1=x/\text{sqrt}((\text{var1}/n+\text{var2}/n)/2);$
 $CD2=y/\text{sqrt}((\text{var1}/n+\text{var3}/n)/2);$
 $CD3=z/\text{sqrt}((\text{var2}/n+\text{var3}/n)/2);$
 $CQ1=3.65;$
 $CQ2=3.70;$
 $CQ3=3.63;$
 $DQ1=((3.95*\text{var1}/n)+(3.95*\text{var2}/n))/(\text{var1}/n+\text{var2}/n);$
 $DQ2=((3.95*\text{var1}/n)+(3.95*\text{var3}/n))/(\text{var1}/n+\text{var3}/n);$

$DQ3 = ((3.95 * \text{var}2/n) + (3.95 * \text{var}3/n)) / (\text{var}2/n + \text{var}3/n);$

if $x > A1$

$d1 = 1;$

else

$d1 = 0;$

end;

if $y > A2$

$d2 = 1;$

else

$d2 = 0;$

end;

if $z > A3$

$d3 = 1;$

else

$d3 = 0;$

end;

if $B1 > BQ1$

$e1 = 1;$

else

$e1 = 0;$

end;

if $B2 > BQ2$

$e2 = 1;$

else

$e2 = 0;$

end;

if $B3 > BQ3$

$e3 = 1;$

else

$e3 = 0;$



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
end;  
if CD1>CQ1  
    f1=1;  
else  
    f1=0;  
end;  
if CD2>CQ2  
    f2=1;  
else  
    f2=0;  
end;  
if CD3>CQ3  
    f3=1;  
else  
    f3=0;  
end;  
if CD1>DQ1  
    g1=1;  
else  
    g1=0;  
end;  
if CD2>DQ2  
    g2=1;  
else  
    g2=0;  
end;  
if CD3>DQ3  
    g3=1;  
else  
    g3=0;
```

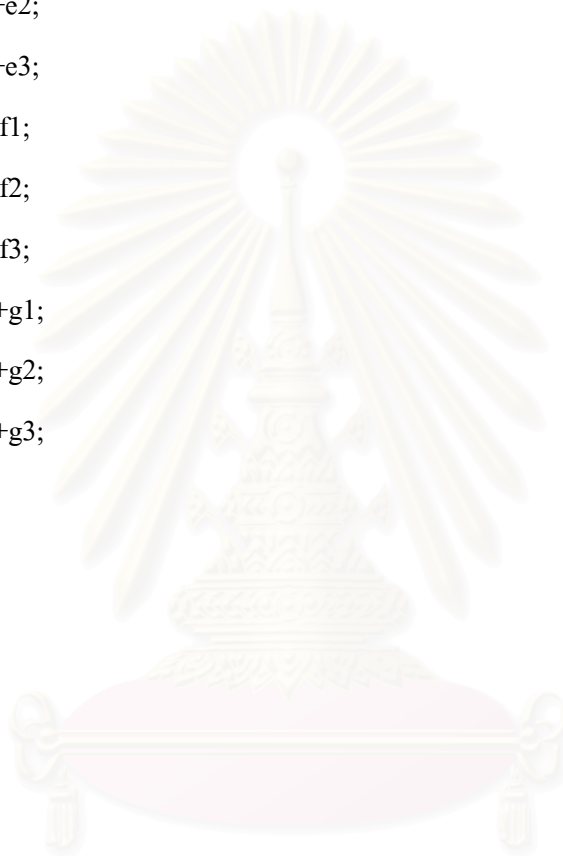


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```

end;
countd1=countd1+d1;
countd2=countd2+d2;
countd3=countd3+d3;
counte1=counte1+e1;
counte2=counte2+e2;
counte3=counte3+e3;
countf1=countf1+f1;
countf2=countf2+f2;
countf3=countf3+f3;
countg1=countg1+g1;
countg2=countg2+g2;
countg3=countg3+g3;
end
countd1;
countd2;
countd3;
counte1;
counte2;
counte3;
countf1;
countf2;
countf3;
countg1;
countg2;
countg3;
TypeII1=30000-(countd1+countd2+countd3);
TypeII2=30000-(counte1+counte2+counte3);
TypeII3=30000-(countf1+countf2+countf3);
TypeII4=30000-(countg1+countg2+countg3);

```



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PowerTamhaneT2=1-TypeII1/30000

PowerDunnettT3=1-TypeII2/30000

PowerGamesHowell=1-TypeII3/30000

PowerDunnettC=1-TypeII4/30000

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B

N=10000;

k=3;

n=10;

countd1=0;

countd2=0;

countd3=0;

counte1=0;

counte2=0;

counte3=0;

countf1=0;

countf2=0;

countf3=0;

countg1=0;

countg2=0;

countg3=0;

for K=1:1:N

d=normrnd(500,1,[1 n]);

e=normrnd(500,2,[1 n]);

f=normrnd(500,3,[1 n]);

a=d+1.0;

b=e+0.5;

c=f+0.0;



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$df=k*(n-1);$
 $aa=a(1)^2+a(2)^2+a(3)^2+a(4)^2+a(5)^2+a(6)^2+a(7)^2+a(8)^2+a(9)^2+a(10)^2;$
 $bb=b(1)^2+b(2)^2+b(3)^2+b(4)^2+b(5)^2+b(6)^2+b(7)^2+b(8)^2+b(9)^2+b(10)^2;$
 $cc=c(1)^2+c(2)^2+c(3)^2+c(4)^2+c(5)^2+c(6)^2+c(7)^2+c(8)^2+c(9)^2+c(10)^2;$
 $s1=aa+bb+cc;$
 $s2=(\sum(a)^2)/n+(\sum(b)^2)/n+(\sum(c)^2)/n;$
 $ssw=s1-s2;$
 $msw=ssw/df;$
 $x=\text{mean}(a)-\text{mean}(b);$
 $y=\text{mean}(a)-\text{mean}(c);$
 $z=\text{mean}(b)-\text{mean}(c);$
 $\text{var1}=1;$
 $\text{var2}=2;$
 $\text{var3}=3;$
 $A1=2.665*\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var2}/n);$
 $A2=2.709*\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var3}/n);$
 $A3=2.647*\text{sqrt}(\text{var2}/n+\text{var3}/n);$
 $B1=x/\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var2}/n);$
 $B2=y/\text{sqrt}(\text{var1}/n+\text{var3}/n);$
 $B3=z/\text{sqrt}(\text{var2}/n+\text{var3}/n);$
 $BQ1=2.65;$
 $BQ2=2.69;$
 $BQ3=2.64;$
 $CD1=x/\text{sqrt}((\text{var1}/n+\text{var2}/n)/2);$
 $CD2=y/\text{sqrt}((\text{var1}/n+\text{var3}/n)/2);$
 $CD3=z/\text{sqrt}((\text{var2}/n+\text{var3}/n)/2);$
 $CQ1=3.65;$
 $CQ2=3.70;$
 $CQ3=3.63;$
 $DQ1=((3.95*\text{var1}/n)+(3.95*\text{var2}/n))/(\text{var1}/n+\text{var2}/n);$

$DQ2 = ((3.95 * \text{var}1/n) + (3.95 * \text{var}3/n)) / (\text{var}1/n + \text{var}3/n);$

$DQ3 = ((3.95 * \text{var}2/n) + (3.95 * \text{var}3/n)) / (\text{var}2/n + \text{var}3/n);$

if $x > A1$

$d1 = 1;$

else

$d1 = 0;$

end;

if $y > A2$

$d2 = 1;$

else

$d2 = 0;$

end;

if $z > A3$

$d3 = 1;$

else

$d3 = 0;$

end;

if $B1 > BQ1$

$e1 = 1;$

else

$e1 = 0;$

end;

if $B2 > BQ2$

$e2 = 1;$

else

$e2 = 0;$

end;

if $B3 > BQ3$

$e3 = 1;$

else



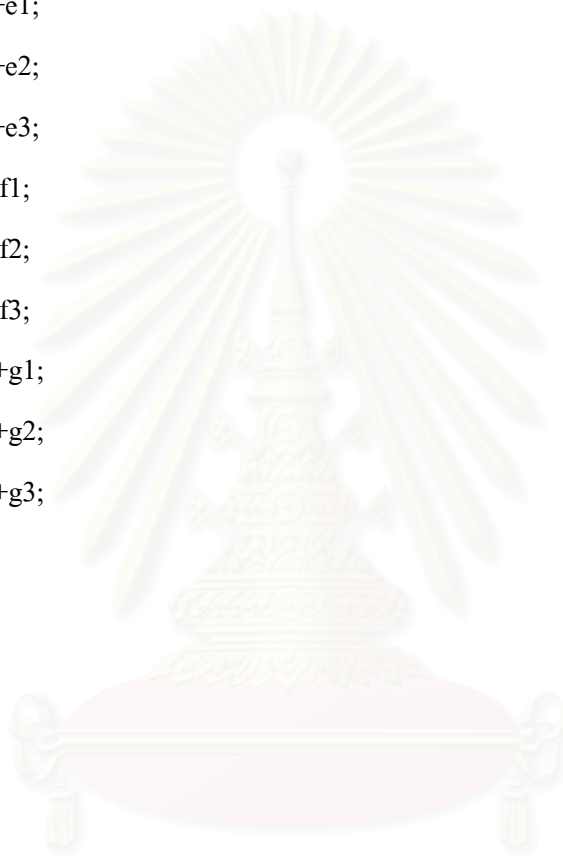
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
e3=0;
end;
if CD1>CQ1
    f1=1;
else
    f1=0;
end;
if CD2>CQ2
    f2=1;
else
    f2=0;
end;
if CD3>CQ3
    f3=1;
else
    f3=0;
end;
if CD1>DQ1
    g1=1;
else
    g1=0;
end;
if CD2>DQ2
    g2=1;
else
    g2=0;
end;
if CD3>DQ3
    g3=1;
else
```



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


```
g3=0;
end;
countd1=countd1+d1;
countd2=countd2+d2;
countd3=countd3+d3;
counte1=counte1+e1;
counte2=counte2+e2;
counte3=counte3+e3;
countf1=countf1+f1;
countf2=countf2+f2;
countf3=countf3+f3;
countg1=countg1+g1;
countg2=countg2+g2;
countg3=countg3+g3;
end
countd1;
countd2;
countd3;
counte1;
counte2;
counte3;
countf1;
countf2;
countf3;
countg1;
countg2;
countg3;
TypeII1=30000-(countd1+countd2+countd3);
TypeII2=30000-(counte1+counte2+counte3);
TypeII3=30000-(countf1+countf2+countf3);
```



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TypeII4=30000-(countg1+countg2+countg3);

PowerTamhaneT2=1-TypeII1/30000

PowerDunnettT3=1-TypeII2/30000

PowerGamesHowell=1-TypeII3/30000

PowerDunnettC=1-TypeII4/30000



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์: ค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่

>> test3gas

TamhaneT2 = 0.0373

DunnettT3 = 0.0380

GamesHowell = 0.0419

DunnettC = 0.0313

>> test3gam

TamhaneT2 = 0.0505

DunnettT3 = 0.0506

GamesHowell = 0.0540

DunnettC = 0.0502

>> test3gal

TamhaneT2 = 0.0541

DunnettT3 = 0.0574

GamesHowell = 0.0582

DunnettC = 0.0561

>> test4gas

TamhaneT2 = 0.0558

DunnettT3 = 0.0577

GamesHowell = 0.0650

DunnettC = 0.0491

>> test4gam

TamhaneT2 = 0.0781

DunnettT3 = 0.0784

GamesHowell = 0.0862

DunnettC = 0.0793

>> test4gal

TamhaneT2 = 0.0837

DunnettT3 = 0.0894

GamesHowell = 0.0911

DunnettC = 0.0880

>> test5gas

TamhaneT2 = 0.0789

DunnettT3 = 0.0827

GamesHowell = 0.0968

DunnettC = 0.0703

>> test5gam

TamhaneT2 = 0.1138

DunnettT3 = 0.1146

GamesHowell = 0.1262

DunnettC = 0.1170

>> test5gal

TamhaneT2 = 0.1229

DunnettT3 = 0.1314

GamesHowell = 0.1339

DunnettC = 0.1297

>> test6gas

TamhaneT2 = 0.1059

DunnettT3 = 0.1125

GamesHowell = 0.1310

DunnettC = 0.0973

>> test6gam

TamhaneT2 = 0.1568

DunnettT3 = 0.1584

GamesHowell = 0.1741

DunnettC = 0.1616

>> test6gal

TamhaneT2 = 0.1658

DunnettT3 = 0.1771

GamesHowell = 0.1802

DunnettC = 0.1752

>> test7gas

TamhaneT2 = 0.1402

DunnettT3 = 0.1502

GamesHowell = 0.1749

DunnettC = 0.1295

>> test7gam

TamhaneT2 = 0.2049

DunnettT3 = 0.2065

GamesHowell = 0.2267

DunnettC = 0.2115

>> test7gal

TamhaneT2 = 0.2164

DunnettT3 = 0.2319

GamesHowell = 0.2352

DunnettC = 0.2283

>> test8gas

TamhaneT2 = 0.1727

DunnettT3 = 0.1853

GamesHowell = 0.2174

DunnettC = 0.1615

>> test8gam

TamhaneT2 = 0.2456

DunnettT3 = 0.2542
GamesHowell = 0.2517
DunnettC = 0.2600
>> test8gal
TamhaneT2 = 0.2748
DunnettT3 = 0.2944
GamesHowell = 0.2995
DunnettC = 0.2899

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่

>> test3gbs
TamhaneT2 = 0.0406
DunnettT3 = 0.0411
GamesHowell = 0.0452
DunnettC = 0.0345
>> test3gbm
TamhaneT2 = 0.0489
DunnettT3 = 0.0520
GamesHowell = 0.0526
DunnettC = 0.0487
>> test3gbl
TamhaneT2 = 0.0540
DunnettT3 = 0.0539
GamesHowell = 0.0573
DunnettC = 0.0532

>> test4gbs
TamhaneT2 = 0.0623
DunnettT3 = 0.0633
GamesHowell = 0.0704

DunnettC = 0.0554

>> test4gbm

TamhaneT2 = 0.0785

DunnettT3 = 0.0858

GamesHowell = 0.0856

DunnettC = 0.0801

>> test4gbl

TamhaneT2 = 0.0854

DunnettT3 = 0.0855

GamesHowell = 0.0925

DunnettC = 0.0855

>> test5gbs

TamhaneT2 = 0.0938

DunnettT3 = 0.0961

GamesHowell = 0.1069

DunnettC = 0.0868

>> test5gbm

TamhaneT2 = 0.1119

DunnettT3 = 0.1230

GamesHowell = 0.1231

DunnettC = 0.1148

>> test5gbl

TamhaneT2 = 0.1239

DunnettT3 = 0.1239

GamesHowell = 0.1329

DunnettC = 0.1242

>> test6gbs

TamhaneT2 = 0.1282

DunnettT3 = 0.1308

GamesHowell = 0.1476

DunnettC = 0.1208

>> test6gbm

TamhaneT2 = 0.1530

DunnettT3 = 0.1682

GamesHowell = 0.1689

DunnettC = 0.1591

>> test6gbl

TamhaneT2 = 0.1667

DunnettT3 = 0.1663

GamesHowell = 0.1792

DunnettC = 0.1680

>> test7gbs

TamhaneT2 = 0.1705

DunnettT3 = 0.1735

GamesHowell = 0.1959

DunnettC = 0.1618

>> test7gbm

TamhaneT2 = 0.2037

DunnettT3 = 0.2231

GamesHowell = 0.2236

DunnettC = 0.2113

>> test7gbl

TamhaneT2 = 0.2225

DunnettT3 = 0.2222

GamesHowell = 0.2377

DunnettC = 0.2246

>> test8gbs

TamhaneT2 = 0.2172

DunnettT3 = 0.2213

GamesHowell = 0.2463

DunnettC = 0.2074

>> test8gbm

TamhaneT2 = 0.2545

DunnettT3 = 0.2771

GamesHowell = 0.2787

DunnettC = 0.2640

>> test8gbl

TamhaneT2 = 0.2763

DunnettT3 = 0.2752

GamesHowell = 0.2950

DunnettC = 0.2821



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์: อำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่

เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A

>> test3gasA

PowerTamhaneT2 = 0.0510

PowerDunnettT3 = 0.0519

PowerGamesHowell = 0.0573

PowerDunnettC = 0.0435

>> test3gamA

PowerTamhaneT2 = 0.0826

PowerDunnettT3 = 0.0828

PowerGamesHowell = 0.0887

PowerDunnettC = 0.0824

>> test3galA

PowerTamhaneT2 = 0.1027

PowerDunnettT3 = 0.1077

PowerGamesHowell = 0.1084

PowerDunnettC = 0.1061

>> test4gasA

PowerTamhaneT2 = 0.0742

PowerDunnettT3 = 0.0768

PowerGamesHowell = 0.0873

PowerDunnettC = 0.0663

>> test5gasA

PowerTamhaneT2 = 0.0944

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่

เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B

>> test3gasB

PowerTamhaneT2 = 0.1445

PowerDunnettT3 = 0.1465

PowerGamesHowell = 0.1581

PowerDunnettC = 0.1292

>> test3gamB

PowerTamhaneT2 = 0.3424

PowerDunnettT3 = 0.3428

PowerGamesHowell = 0.3542

PowerDunnettC = 0.3418

>> test3galB

PowerTamhaneT2 = 0.5302

PowerDunnettT3 = 0.5395

PowerGamesHowell = 0.5410

PowerDunnettC = 0.5362

>> test4gasB

PowerTamhaneT2 = 0.2200

PowerDunnettT3 = 0.2256

PowerGamesHowell = 0.2488

PowerDunnettC = 0.2038

>> test4gasB

PowerTamhaneT2 = 0.2932

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่

เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A

>> test3gbsA

PowerTamhaneT2 = 0.0558

PowerDunnettT3 = 0.0568

PowerGamesHowell = 0.0611

PowerDunnettC = 0.0490

>> test3gbmA

PowerTamhaneT2 = 0.0794

PowerDunnettT3 = 0.0843

PowerGamesHowell = 0.0850

PowerDunnettC = 0.0793

>> test3gblA

PowerTamhaneT2 = 0.1101

PowerDunnettT3 = 0.1099

PowerGamesHowell = 0.1159

PowerDunnettC = 0.1090

>> test4gbsA

PowerTamhaneT2 = 0.0870

PowerDunnettT3 = 0.0887

PowerGamesHowell = 0.0984

PowerDunnettC = 0.0791

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่

เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B

>> test3gbsB

PowerTamhaneT2 = 0.1792

PowerDunnettT3 = 0.1816

PowerGamesHowell = 0.1914

PowerDunnettC = 0.1630

>> test3gbmB

PowerTamhaneT2 = 0.3860

PowerDunnettT3 = 0.3955

PowerGamesHowell = 0.3979

PowerDunnettC = 0.3853

>> test3gblB

PowerTamhaneT2 = 0.5929

PowerDunnettT3 = 0.5926

PowerGamesHowell = 0.6038

PowerDunnettC = 0.5903

>> test4gbsB

PowerTamhaneT2 = 0.3005

PowerDunnettT3 = 0.3041

PowerGamesHowell = 0.3258

PowerDunnettC = 0.2793



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชัชฌิมาโวร์ บุญมา เกิดเมื่อวันที่ 19 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2520 มีภูมิลำเนาอยู่ที่ จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) สาขาวิชาบริหารธุรกิจ โปรแกรมวิชาการบริหารธุรกิจ (การบริหารทรัพยากรมนุษย์) คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา เมื่อปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2548



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย