การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

นางสาวปุณยนุช พินชู

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548
ISBN 974-17-5290-3
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARISONS OF TYPE I ERROR RATES AND POWER OF THE TEST IN POST HOC COMPARISON PROCEDURES FOR COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN

MISS PUANYANUAT PINCHOO

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 2005

ISBN 974-17-5290-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์
โดย	นางสาวปุณยนุช พินชู
สาขาวิชา	สถิติการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พฤทธิ์ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วรรณี แกมเกตุ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปุณยนุช พินชู : การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์. (COMPARISONS OF TYPE I ERROR RATES AND POWER OF THE TEST IN POST HOC COMPARISON PROCEDURES FOR COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์, 172 หน้า. ISBN 947-17-5290-3.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ 14 วิธี คือ 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 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่ $\alpha = 0.05$ ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน และมีการแจกแจงปกติ ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยกำหนดให้มีระดับทรีทเมนต์ (k) ตั้งแต่ 3 กลุ่มถึง 8 กลุ่ม แบ่งกลุ่มการทดลองเป็นกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ข้อมูลในการวิจัยได้จากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น กระทำซ้ำ 10,000 ครั้งในแต่ละขนาดการทดลอง

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1.เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณีมี 2 วิธี คือ วิธี LSD และ Duncan วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เป็นบางกรณีมี 7 วิธี คือ วิธี Sidak, Dunnett, Tukey's b, Waller-Duncan, S-N-K, Gabriel และ R-E-G-WF และวิธีการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มี 5 วิธี คือ วิธี Bonferroni, Tukey's HSD, Hochberg's GT2, Scheffe's และ R-E-G-WQ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณีมี 3 วิธี คือ วิธี LSD, Waller-Duncan และ Duncan วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เป็นบางกรณีมี 5 วิธี คือ วิธี Dunnett, Tukey's b, S-N-K, Gabriel และ R-E-G-WF และวิธีการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มี 6 วิธี คือ วิธี Bonferroni, Sidak, Tukey's HSD, Hochberg's GT2, Scheffe's และ R-E-G-WQ

2.ทุกวิธีการทดสอบที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบจะมีอำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาที่อำนาจการทดสอบ พบว่า วิธี LSD และ Waller-Duncan จะเป็น 2 วิธีที่มีค่าใกล้เคียงกันและมีอำนาจการทดสอบสูงในทุกกรณีเมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 ถึง 4 กลุ่ม และวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในทุกกรณีเมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 5 ถึง 8 กลุ่ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถิติการศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2548 .....

4783771627: MAJOR EDUCATIONAL STATISTICS

KEY WORD: COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN/ POST HOC COMPARISON PROCEDURES/ MONTE CARLO SIMULATION/ TYPE I ERROR RATE/ POWER OF THE TEST

PUANYANUAT PINCHOO: (COMPARISONS OF TYPE I ERROR RATES AND POWER OF THE TEST IN POST HOC COMPARISON PROCEDURES FOR COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SUCHADA BOWARNKITIWONG, Ph.D., 172 pp. ISBN 974-17-5290-3.

The purposes of this research were to compare type I error rates and power of the test in completely randomized design for 14 statistics in Post Hoc comparison procedures, namely, 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, and Dunnett when each population had equal variances and normally distributed using $\alpha = 0.05$. Sample sizes of concern were to be equal and unequal. Each category, data were simulated into 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.

The findings were summarized as follows:

1. When the sample sizes were equal, LSD and Duncan can control the Type I error rates in every cases. There were seven methods, Sidak, Dunnett, Tukey's b, Waller-Duncan, S-N-K, Gabriel and R-E-G-WF, can control the Type I error rates in some cases. Furthermore, there were five methods, Bonferroni, Tukey's HSD, Hochberg's GT2, Scheffe's and R-E-G-WQ, cannot control Type I error rates. Moreover, when the sample sizes were unequal, there were three methods, LSD, Waller-Duncan, and Duncan, can control the Type I error rates in every cases. There were five methods, Dunnett, Tukey's b, S-N-K, Gabriel and R-E-G-WF, can control the Type I error rates in some cases. In addition, there were six methods, Bonferroni, Sidak, Tukey's HSD, Hochberg's GT2, Scheffe's and R-E-G-WQ, cannot control Type I error rates.

2. In every procedures that leads to find power of the test, power of the test would be increased according to the amount of groups and sizes of sample. LSD and Waller-Duncan methods gave the highest power of the test in every cases when having 3 -4 groups. Gabriel method gave the highest power of the test in every cases when having 5-8 groups.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Educational Research and Psychology Student's signature Puanyanuat

Field of study Educational Statistics Advisor's signature

Academic year 2005

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถเสร็จสมบูรณ์เป็นรูปเล่ม และเสร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเมตตากรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ในความเมตตากรุณาของท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้อันเป็นประโยชน์กับผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างมาก ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความเมตตากรุณาของท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณมูลนิธิศาสตราจารย์บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณนายสุขสม วิชาชาญที่ให้คำปรึกษาการใช้โปรแกรม MATLAB รวมทั้งเพื่อน พี่ และน้อง ในภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาทุกคนที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ต่อผู้วิจัยตลอดระยะเวลา 2 ปี

คุณประโยชน์ทางวิชาการของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อวีระ พินชู คุณแม่วรพร พินชู คุณปู่ริ่น พินชู คุณย่าเกตุ พินชู คุณตาเจียม เรืองอ่อน คุณยายยินดี เรืองอ่อน พี่วรินพันธ์ พินชู และน้องจุฑารัตน์ พินชู ที่คอยดูแล ช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นแรงบัลดาลใจสำคัญของผู้วิจัยตลอดมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6

คำถามการวิจัย..... 6

วัตถุประสงค์การวิจัย..... 7

ขอบเขตการวิจัย..... 7

คำกำจัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 10

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 12

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 13

ตอนที่ 2 สถิติที่ใช้ในการทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่กรณีที่ประชากรมีความแปรปรวนเท่ากัน..... 15

ตอนที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 39

3 วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินงาน..... 51

ขั้นตอนในการวิจัย..... 63

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่..... 68

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1..... 93

หน้า

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย..... 120

อภิปรายผลการวิจัย..... 123

ข้อเสนอแนะ..... 127

รายการอ้างอิง..... 128

ภาคผนวก ก ตัวอย่างคำสั่ง: การวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1..... 131

ภาคผนวก ข ตัวอย่างคำสั่ง: การวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ..... 143

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1..... 156

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ..... 164

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 172

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	การออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์	15
2.2	ข้อสรุปจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45
3.1	แบบการทดลองกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน	52
3.2	แบบการทดลองกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน	51
3.3	ขนาดการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์	54
3.4	โปรแกรมย่อยในการทดลอง	56
4.1	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม	69
4.2	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม	71
4.3	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม	73
4.4	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม	75
4.5	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม	77
4.6	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม	79
4.7	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน	81
4.8	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม	83
4.9	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม	84
4.10	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม	86
4.11	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม	87
4.12	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม	88
4.13	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม	90
4.14	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน	91
4.15	อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม	93
4.16	อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม	95
4.17	อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม	97
4.18	อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม	98
4.19	อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม	99
4.20	อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม	101

ตาราง หน้า

4.21 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A 102
4.22 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B 103
4.23 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม..... 105
4.24 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม..... 106
4.25 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม..... 108
4.26 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม..... 109
4.27 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม..... 111
4.28 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม..... 112
4.29 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันและเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A..... 114
4.30 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันและเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B..... 115
5.1 การเลือกใช้สถิติทดสอบเปรียบเทียบเฉลี่ยรายคู่ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05..... 126

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6

3.1 แผนผังโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่1 และอำนาจการทดสอบ..... 65

4.1 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม..... 68

4.2 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม..... 70

4.3 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม..... 72

4.4 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม..... 74

4.5 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม..... 76

4.6 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม..... 78

4.7 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม..... 83

4.8 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม..... 85

4.9 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม..... 85

4.10 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม..... 87

4.11 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม..... 89

4.12 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม..... 89

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

4.13a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม..... 94

4.13b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม..... 94

4.14a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม..... 96

4.14b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม..... 96

4.15a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม..... 97

4.15b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม..... 97

4.16a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม..... 98

4.16b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม..... 99

4.17a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม..... 100

4.17b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม..... 100

4.18a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม..... 101

4.18b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม..... 101

4.19a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม..... 106

ภาพประกอบ หน้า

4.19b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม..... 106

4.20a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม..... 107

4.20b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม..... 107

4.21a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม..... 108

4.21b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม..... 109

4.22a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม..... 110

4.22b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม..... 110

4.23a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม..... 111

4.23b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม..... 111

4.24a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม..... 112

4.24b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม..... 113

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบผลความแตกต่างของการให้ทรีทเมนต์ (Treatment) ต่าง ๆ ในกลุ่มตัวอย่าง และถ้าผลการวิเคราะห์พบว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Reject The Null Hypothesis) แสดงว่าผลของการให้ทรีทเมนต์มีความแตกต่างกัน ถ้าในการวิเคราะห์มีระดับทรีทเมนต์มากกว่า 2 ระดับแสดงว่าจะต้องมีระดับทรีทเมนต์อย่างน้อยหนึ่งคู่ที่ให้ผลแตกต่างกัน แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะไม่ทราบว่าระดับทรีทเมนต์ (Treatment Level) ใดบ้างที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจำเป็นต้องหาความแตกต่างที่เกิดขึ้นโดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (Post Hoc Comparison) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยการนำทุกระดับของทรีทเมนต์มาจับคู่กัน และจะสลับคู่กันครบทุกระดับทรีทเมนต์

ในปัจจุบันมีวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่หลายวิธี แต่ในโปรแกรม SPSS for Windows ที่นักวิจัยนิยมนำมาใช้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะมีวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ 2 แบบ ในแบบที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่เมื่อทราบว่าประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (equal variances assumed) ประกอบด้วย 14 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Tukey's HSD, Bonferroni, Tukey's b, Sidak's, Duncan, Scheffe's, Hochberg's GT2, R-E-G-WF, Gabriel, R-E-G-WQ, Waller-Duncan, S-N-K และ Dunnett ในแบบที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่เมื่อทราบว่าประชากร k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน (equal variances not assumed) ประกอบด้วย 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Games - Howell, Dunnett's T3 และ Dunnett's C

จากเอกสาร GLM Post Hoc Multiple Comparisons for Observed Mean (SPSS 11.0 Production Facility) ระบุว่า ถ้าเป็นการทดสอบแบบ Multiple Comparison วิธีการของ Sidak's test จะมีความเหมาะสมในการใช้มากกว่าวิธี Bonferroni test และถ้าการทดสอบมีจำนวนกลุ่มมากวิธี Tukey's HSD test จะมี power สูงกว่าวิธี Bonferroni test ในทางกลับกันจะได้ว่าถ้าจำนวนกลุ่มในการทดสอบน้อยวิธี Bonferroni test จะมี power สูงกว่าวิธี Tukey's HSD test ส่วนวิธี Hochberg's GT2 จะเหมือนกับวิธี Tukey's HSD test ต่างกันที่วิธี Hochberg's GT2 จะใช้ค่า "Studentized maximum modulus" จึงทำให้มี power ต่ำกว่าวิธี Tukey's HSD test และเช่นเดียวกับวิธี Gabriel's pairwise comparisons test ที่จะต้องใช้ค่า "Studentized maximum modulus" เช่นเดียวกับวิธี Hochberg's GT2 แต่โดยทั่วไปแล้วพบว่าถ้าขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน (cell sizes are unequal) วิธี Gabriel's pairwise comparisons test จะมี power สูงกว่าวิธี Hochberg's GT2 ดังนั้นวิธี

Gabriel's pairwise comparisons test น่าจะเป็นวิธีที่เหมาะกับการทดสอบที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ในการทดสอบของวิธี Scheffe's test จะต้องให้ค่าเฉลี่ยระหว่างคู่เปรียบเทียบต่างกันมากผลการทดสอบจึงจะค้นพบค่า Significant ส่วนการทดสอบวิธี LSD จะมีข้อเสียที่วิธีนี้ไม่มีความพยายามที่จะพบความแตกต่างในการทดสอบ multiple comparisons ถ้าเป็นการทดสอบแบบ Range test กรณีที่ใช้วิธี Multiple Step down วิธีการทดสอบ R-E-G-WF และวิธี R-E-G-WQ จะมี power สูงกว่าวิธี Duncan's multiple range test และวิธี Student-Newman-Keuls (S-N-K) ส่วนวิธี Waller-Duncan test ใช้คล้ายคลึงกับ Bayesian approach ซึ่งเป็น Range test จะใช้เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่า Mean ไม่คงที่

จากเอกสาร Multiple Comparisons (SAS Institute Inc: 1999) ระบุว่า ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน วิธีการทดสอบของ Hochberg's GT2 test จะมี power น้อยกว่าวิธี Tukey's HSD test ส่วนวิธี Gabriel's test กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันจะได้ผลเหมือนกับวิธี Hochberg's GT2 แต่ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากันวิธี Gabriel's test จะมี power สูงกว่าวิธี Hochberg's GT2

วิชชุดา ศรีโสภา (2539) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 4 วิธีคือวิธี Unrestricted LSD, Murphys Gap LSD, Tukey's (H) และMurphys Gap Unrestricted LSD โดยข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร 5%, 10%, 15%, 20% และ 30% มีจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, 4, 5, 6 และ 10 จำนวนซ้ำในแต่ละสิ่งทดลองมีจำนวนเท่ากัน 4 ระดับคือ 5, 10, 15 และ20 และมีจำนวนซ้ำในแต่ละสิ่งทดลองมีจำนวนไม่เท่ากัน 3 ระดับ คือ เพิ่มทีละ 3 เพิ่มทีละ 5 และเพิ่มทีละ 10 โดยมีจำนวนซ้ำเริ่มต้นเป็น 5 ทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น โดยจำลองการทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 1,000 รอบ สำหรับแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด ในการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และจะทำการหาอำนาจการทดสอบเมื่อวิธีการนั้นผ่านเกณฑ์ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า วิธีการ Unrestricted LSD จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด และให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดในทุก ๆ สถานการณ์ที่ทำการทดลอง

บุญชม ศรีสะอาด (2538: 358) กล่าวว่า การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนแต่ละวิธีอาจให้ผลเหมือนกันหรือให้ผลแตกต่างกัน โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบ Type I error เรียงจากน้อยไปหามากคือ วิธีของ Scheffe's วิธีของ Tukey's วิธีของ Newman-Keuls และวิธีของ Duncan ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน วิธีของ Scheffe's มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญของความแตกต่างน้อยกว่าวิธีอื่น และวิธีของ Duncan มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญมากกว่าวิธีอื่น บางครั้งเมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ความแปรปรวนพบค่า F มีนัยสำคัญจึงทำการทดสอบ

ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ใช้วิธีของ Scheffe's หรือวิธีของ Newman-Keuls อาจไม่พบความแตกต่างในคู่ใด ๆ แต่เมื่อใช้วิธีของ Duncan อาจพบความแตกต่างในบางคู่ก็ได้ ผู้เขียนไม่ได้กล่าวถึงวิธีของ Duncan เพราะเห็นว่าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบ Type I error จะมากกว่า α ที่กำหนด

พหล ศักดิ์คะทัศน์ (2534) ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 3 วิธี คือวิธี Unrestricted LSD (U-LSD), วิธี Bonferroni (Dunn) T-test และวิธี Murphys Gap LSD (MG-LSD) โดยข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น โดยมีจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ถึง 10 ทั้งแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ และจำนวนซ้ำมี 4 ระดับคือ 5, 10, 15 และ 20 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และจำนวนบล็อกมี 3 ระดับคือ 5, 7 และ 10 ในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ผลการวิจัยพบว่า วิธี Murphys Gap LSD เหมาะสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ถึง 5 และเหมาะสำหรับแบบแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ถึง 8 ส่วนวิธี Unrestricted LSD จะเหมาะสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 6 ถึง 10 แต่เมื่อแผนการทดลองเป็นแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์กรณีที่สิ่งทดลองเท่ากับ 9 ถึง 10 ปรากฏว่าทั้ง 3 วิธีไม่มีวิธีใดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบ

สุชาดา บวรกิติวงศ์ (2548: 227-230) กล่าวว่า วิธีของ LSD จะถูกนำไปใช้ในการทดสอบมากที่สุด เนื่องจากจะสามารถค้นพบความแตกต่างได้ง่ายกว่าวิธีอื่น ๆ แต่วิธีนี้จะมีจุดอ่อนคือไม่ได้ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนทั้งหมดจึงส่งผลให้เกิดค่า α สูงขึ้นเมื่อจำนวนทดสอบมีหลายคู่ วิธีของ Bonferroni จะยากต่อการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ นอกจากคู่ที่ทดสอบจะมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมากจริง ๆ จึงเป็นวิธีที่นักวิจัยไม่นิยมนำมาใช้ และวิธีนี้จะมีจุดแข็งคือสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ทั้งหมด แต่วิธีนี้มีจุดอ่อนตรงที่ถ้าการทดสอบมีจำนวนคู่ในการทดสอบมากก็จะยิ่งเพิ่มโอกาสปฏิเสธสมมติฐานศูนย์มากขึ้น วิธีของ Scheffe's จะมีการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด (overall Type I error rates) จะมีคนนิยมใช้อยู่ในระดับปานกลาง วิธีของ Tukey's จะมีการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด (overall Type I error rates) จะใช้ได้ดีเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน วิธีของ Hochberg's GT2 น่าจะให้ผลดีกว่าวิธีของ LSD, Bonferroni, Scheffe's และTukey's เนื่องจากการพัฒนาแต่ละครั้งจะพยายามแก้ไขจุดอ่อนของแต่ละวิธีที่มีอยู่

สุญาณี จิตตะยะโศธร (2524) ทำการศึกษาเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากข้อมูลที่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการเปรียบเทียบพหุคูณโดยหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี คือ Tukey's, Duncan, Scheffe's, Dunnett และ S-N-K เขียน

โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง และทำการทดลอง 1,000 ครั้ง จำลองการทดลองเพื่อนับอัตราการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ด้วยการทดลองทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของแต่ละวิธีจากกลุ่มตัวอย่าง 3 และ 4 กลุ่ม ที่มีขนาดกลุ่มตัวอย่าง 5, 10 และ 15 ในลักษณะการแจกแจงประชากรแบบปกติ แบบยูนิฟอร์ม และแบบเลปโตเคอร์ติคส์ กำหนดอัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากันคือ 1:1:1 และ 1:1:1:1 สำหรับความเท่ากันของความแปรปรวนประชากรของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม และ 4 กลุ่ม ตามลำดับ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 0.9:1:1.1 และ 0.8:1: 1.2 สำหรับความไม่เท่ากันของความแปรปรวนประชากรของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า วิธีของทูกี้สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 142 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 86 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ วิธีของดันน์สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 186 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 42 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .05 และน้อยกว่าเมื่อระดับ .01 วิธีของเชฟเฟย์สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 144 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 84 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ วิธีของดันเนตต์สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 31 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 197 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ วิธีของนิวแมนคูลส์สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 62 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 166 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

Bernhardson (1975) ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี คือ LSD, HSD, Scheffe's, S-N-K และ Duncan ด้วยขนาดของกลุ่มตัวอย่างหนึ่งขนาดคือ 15 โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลหลังจากทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F test ที่กำหนด $\mu = 50$, $\sigma = 15$ ภายใต้การแจกแจงของประชากรแบบปกติโดยใช้สัปรูทีน โปรแกรม Gauss ผลการวิจัยพบว่า ถ้าทำการเปรียบเทียบพหุคูณหลังจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F test จะทำให้ผลของอัตราความคลาดเคลื่อนของ Type I error ลดลง เนื่องจากการทำ F test สามารถป้องกันอัตราความคลาดเคลื่อนต่อการเปรียบเทียบ

Boardman and Moffitt (1971) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์พหุคูณ 5 วิธี คือ LSD, HSD, Scheffe's, Duncan และ S-N-K ด้วยกลุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงแบบปกติขนาด 5, 10 และ 15 ในระดับการทดลองตั้งแต่ 2 ถึง 11 และทำการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อน 2 แบบ คือ อัตราความคลาดเคลื่อนต่อการเปรียบเทียบ และอัตราความคลาดเคลื่อนต่อการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า อัตราความคลาดเคลื่อนของวิธี LSD และวิธีของ Duncan จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย ส่วนวิธีของ Scheffe's เป็นวิธีเปรียบเทียบพหุคูณที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนที่คงเดิมมากสุด

Carmer and Swanson (1973; อ้างถึงใน สุญาณี จิตตะยโสธร, 2524: 19) ทำการศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณแบบต่าง ๆ ด้วยแผนการทดลองแบบ B-k โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 10 คู่ ซึ่งมี $\mu = 100, \sigma^2 = 100$ ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5, 10 และ 20 ตามลำดับ ทำการจำลองซ้ำ 4,000 ครั้ง และตั้งระดับนัยสำคัญเฉพาะที่ $\alpha = .05$ ผลการวิจัยพบว่า อัตราความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณของ Scheffe's มีค่าน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ วิธีของ Tukey's และวิธีของ S-N-K ให้อัตราความคลาดเคลื่อนสูงกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ และวิธีของ Tukey's จะให้อัตราความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีของ S-N-K และจะยังใช้ได้ผลดีแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

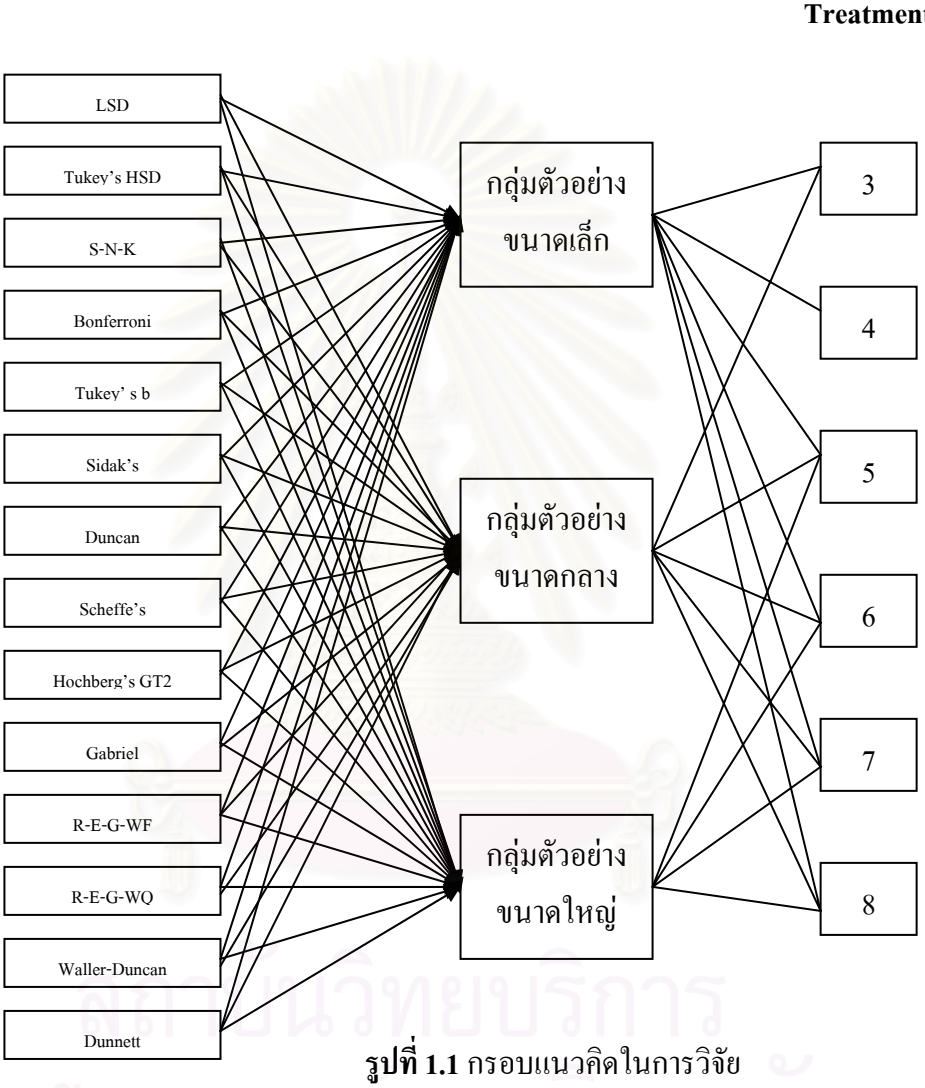
Gerard E. Dallal (2001) กล่าวว่า วิธี Tukey's HSD test จะเป็นที่ยอมรับมากกว่าวิธี Bonferroni test เนื่องจากวิธี Tukey's HSD test เป็นวิธีที่ถูกสร้างเพื่อปรับแก้ข้อด้อยของวิธี Bonferroni test และวิธี Tukey's HSD test จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์เมื่อมีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมีมากจริง ๆ นอกจากนี้ในเอกสารได้ระบุว่า วิธีการทดสอบของ Tukey's HSD test ถูกนิยมนำไปใช้มากกว่าวิธี LSD เพราะมีความชัดเจนในการเปรียบเทียบมากกว่า

SAVILLE D.J. (1990) ทำการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของวิธี LSD Unrestricted, LSD, DMRT, Tukey's HSD และ Waller and Duncan ผลการวิจัยพบว่า วิธี LSD Unrestricted สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุดและให้อำนาจการทดสอบสูงสุด

จากการศึกษาผลงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า ตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในกรณีที่ประชากรมีความแปรปรวนเท่ากันจำนวน 14 วิธี ที่ได้กล่าวไปข้างต้นจะถูกนำไปใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง และวัตถุประสงค์ของนักวิจัย นอกจากนี้แล้วการวิจัยที่ผ่านมาจะกำหนดสถานการณ์ในการทดสอบไม่ครอบคลุมความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นจริงในสภาพการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการทำการทดสอบเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนเท่ากันจำนวน 14 วิธีที่มีอยู่ใน

โปรแกรม SPSS for Windows Version 11.0 เพื่อผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยทางสังคมศาสตร์นำไปใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการเลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

คำถามวิจัย

1. ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (equal variances assumed) เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ และมีระดับทรีทเมนต์ 6 ระดับ ได้แก่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่วิธีใดที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates) และให้อำนาจการทดสอบ (Power of the test) สูงสุด

2. ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (equal variances assumed) เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน และมีระดับทรีทเมนต์ 6 ระดับ ได้แก่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่วิธีใดที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates) และให้อำนาจการทดสอบ (Power of the test) สูงสุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่จำนวน 14 วิธี ได้แก่วิธี 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 ภายใต้เงื่อนไขประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (equal variances assumed) และแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบใน 2 กรณีดังนี้

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

ขอบเขตการวิจัย

1. กำหนดให้ทรีทเมนต์เป็นปัจจัยกำหนด (fixed effect)
2. ระดับนัยสำคัญที่ใช้ คือ 0.05
3. ระดับทรีทเมนต์ที่ใช้ในการทดลองมี 6 ระดับ ได้แก่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม
4. ทำการทดสอบวิธีที่เป็น Pairwise comparisons 8 วิธี คือวิธี LSD, Tukey's HSD, Bonferroni, Sidak, Scheffe's, Hochberg's GT2, Gabriel และ Dunnett และเป็นวิธี Range test จำนวน6 วิธี คือ Tukey's b, Duncan, R-E-G-WF, R-E-G-WQ, Waller-Duncan และ S-N-K
5. ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยกำหนดให้กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันมีกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด คือ 10, 30 และ 60 ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ และกำหนดให้กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมี

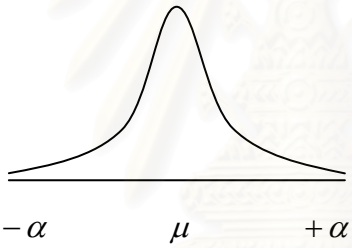
ขนาดไม่เท่ากันมีกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นครั้งละ 2 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เพิ่มขึ้นครั้งละ 4 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

6. ทำการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ในกรณีที่ประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน และสุ่มมาจากประชากรที่เป็นอิสระต่อกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยมีค่าฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น ค่าคาดหวัง และค่าความแปรปรวนของการแจกแจงปกติดังนี้

การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นคือ

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad ; -\alpha < X < \alpha$$



คุณสมบัติของการแจกแจงปกติ

1) ลักษณะของโค้งเป็นรูประฆังคว่ำ (Bell Shaped) และมีลักษะสมมาตร (Symmetry)
2) จุดที่เป็นค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมเป็นจุดเดียวกันหรือมีค่าเท่ากัน
3) ค่าคาดหวัง $E(X) = \mu$, ค่าความแปรปรวน $V(X) = \sigma^2$, ความเบ้ (Skewness) = 0, ความโด่ง (Kurtosis) = 3.0
4) ปลายทั้งสองข้างของเส้นโค้งจะค่อย ๆ ลดต่ำลง แต่จะไม่จรดกับฐานของโค้งหรือแกนนอน
5) ถ้าลากเส้นตั้งฉากจาก X (ซึ่งเป็นแกนนอน) ไปยังเส้นโค้งโดยที่เส้นดังกล่าวห่างจากจุดเฉลี่ย (μ) ทั้งทางด้านซ้ายและขวาด้วยระยะหนึ่งเท่า สองเท่า และสามเท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) พื้นที่ที่ปิดกั้นเส้นตั้งฉากกับเส้นโค้งจะเท่ากับ 68 %, 95.5 % และ 99.7%ของพื้นที่ทั้งหมดตามลำดับ

7. การตัดสินใจในการทดสอบจะใช้เกณฑ์ของ Bradley ที่ว่า ถ้าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 0.025 ถึง 0.075 แสดงว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และจะทำการคำนวณหาอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่หลังจากผ่าน

การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้จะทำการจำลองข้อมูลโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation Technique) ด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0 กับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ซึ่งแต่ละกรณีจะทำซ้ำ 10,000 รอบ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมดังนี้

โปรแกรม MATMAB

MATMAB (มนัส สังวรศิลป์ และ วรรัตน์ ภัทรอมรกุล: 2543) เป็นโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูงสำหรับการคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วยการคำนวณเชิงตัวเลข กราฟิกที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพพจน์ได้ง่ายและชัดเจน ชื่อของ MATLAB ย่อมาจาก matrix laboratory ซึ่งได้ตัวโปแกรมได้พัฒนามาด้วยการแก้ปัญหาจากผู้ใช้เป็นระยะเวลาหลายปีจึงทำให้โปรแกรม MATMAB มีฟังก์ชั่นต่าง ๆ ให้เลือกใช้มากมาย ในบางมหาวิทยาลัยได้ใช้โปรแกรม MATMAB เป็นหลักสูตรพื้นฐานในการศึกษาทางด้านคณิตศาสตร์ วิศวกรรม และวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ ตลอดจนในด้านอุตสาหกรรมได้ใช้โปรแกรม MATMAB เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในงานวิจัย พัฒนาและวิเคราะห์

ข้อดีของโปรแกรม MATMAB

1. มีฟังก์ชั่นคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้ในการคำนวณมากมายตลอดจนเราสามารถสร้างฟังก์ชั่นขึ้นมาใช้งานเองในสาขาที่ต้องการ
2. Algorithm พัฒนาได้ง่ายไม่ยุงยาก สามารถแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ง่าย และรวดเร็วกว่าโปรแกรมภาษาอื่น ๆ เช่น C, Fortran, Basic เป็นต้น
3. มีโครงสร้างแบบจำลอง (Simulink) ซึ่งเป็น package ที่เรานำไปสร้างบล็อกไดอะแกรมเพื่อใช้ทดสอบและประเมินผลระบบ Dynamic ต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้งานจริง
4. สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว
5. นำไปใช้งานทางด้านกราฟิกได้เป็นอย่างดีทั้งในด้านการแสดงภาพตั้งแต่สองมิติที่เป็น rectangular, polar, stair, bar รวมทั้งภาพสามมิติในรูปแบบพื้นผิว (surface) และระดับสูงต่ำ (contour) ตลอดจนสามารถนำภาพมาต่อกันและเก็บไว้เพื่อที่จะสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย
6. ประยุกต์ใช้ในการสร้างรูปแบบ Graphical, User, Interface ได้โดยการเลือกใช้ object และเมนูต่าง ๆ โดยโปรแกรม MATMAB 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++ ด้วยการเขียนฟังก์ชั่นที่เป็น mex ไฟล์โดยโปรแกรม MATMAB จะเรียกใช้รูทีนจากโปรแกรมภาษา C และ Fortran

เนื่องจากโปรแกรม MATMAB เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และกราฟิกที่ซับซ้อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูง คอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมกับโปรแกรม MATMAB คือมีซีพียูรุ่นแพนเทียมขึ้นไป แรมควรมีอย่างต่ำ 32 เมกกะไบต์ ส่วนฮาร์ดดิสก์ควรมีเนื้อที่ว่างเกิน 80 เมกกะไบต์ขึ้นไป

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) คือ ความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นจริง ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะแทนด้วย α (แอลฟา) ซึ่งเรียกอีกอย่างว่าระดับนัยสำคัญ (Level of significance) ตัวอย่างเช่น มีเหรียญบาทอยู่ 1 เหรียญ ซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นที่จะขึ้นหัว $P = \frac{1}{2}$ และค่าความน่าจะเป็นที่เหรียญจะขึ้นก้อย $P = \frac{1}{2}$ บังเอิญในการทดลองโยนเหรียญหลายครั้งพบว่าได้จำนวนขึ้นหน้าก้อยและหัวแตกต่างกันมาก ผลการทดสอบจึงปฏิเสธสมมติฐานว่าง ดังนั้นการทดสอบครั้งนี้จะได้ผลสรุปตรงข้ามกับความเป็นจริง คือได้ว่าเหรียญอันนี้ไม่เที่ยงตรง ซึ่งความจริงแล้วเป็นเหรียญที่เที่ยงตรง แสดงว่าการทดสอบครั้งนี้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates) คือ สัดส่วนของจำนวนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริงในการทดสอบสมมติฐานของการทดลองกับจำนวนครั้งในการทดลอง ตัวอย่างเช่น มีเหรียญบาทอยู่ 1 เหรียญ ซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นที่จะขึ้นหัวเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่เหรียญจะขึ้นก้อยคือ $P = 0.5$ บังเอิญในการทดสอบโยนเหรียญ 20 ครั้ง พบว่า เหรียญขึ้นหน้าก้อย 18 ครั้ง ซึ่งคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง 8 ครั้ง แสดงว่าผลการทดสอบปฏิเสธสมมติฐานว่างโดยมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เท่ากับ $\frac{8}{20} = 0.4$

อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ทั้งหมด (Overall type I error rates) คือ ความผิดพลาดทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริง ๆ จากการยอมรับสมมติฐานว่างที่เป็นเท็จในการทดสอบหนึ่ง ๆ

ตัวอย่างเช่น มีเหรียญบาทอยู่ 1 เหรียญซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นที่จะขึ้นหัวเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่เหรียญจะขึ้นก้อย คือ $P = 0.5$ เมื่อนำเหรียญดังกว่าไปทำการทดสอบ โดยการโยนเหรียญเป็น 5 ชุด ชุดละ 20 ครั้ง พบว่า ชุดที่ 1 เหรียญขึ้นหน้าก้อย 5 ครั้ง ชุดที่ 2 เหรียญขึ้นหน้าก้อย 4 ครั้ง ชุดที่ 3 เหรียญขึ้นหน้าก้อย 8 ครั้ง ชุดที่ 4 เหรียญขึ้นหน้าก้อย 7 ครั้ง และชุดที่ 5 เหรียญขึ้นหน้าก้อย 5 ครั้ง แสดงว่า เกิดความคลาดเคลื่อนในแต่ละชุดเป็น 5, 6, 2, 3 และ 5 ตามลำดับ จึงได้ว่ามีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ทั้งหมดเท่ากับ $\frac{5+6+2+3+5}{20+20+20+20+20} = 0.21$

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II error) คือ ความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นเท็จ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 จะแทนด้วย β (เบต้า) ตัวอย่างเช่น มีเหรียญไม่เที่ยงตรงอยู่ 1 เหรียญ ซึ่งมีค่าความน่าจะเป็น (P) ที่จะขึ้นหน้าหัวเท่ากับ 0.7 บังเอิญในการทดลองโยนเหรียญดังกล่าวหลายครั้ง พบว่า ได้จำนวนขึ้นหน้าหัวและหน้าก้อยไล่เลี่ยกัน ผลการทดสอบจึงได้ว่า ยอมรับสมมติฐานว่าง นั่นคือยอมรับว่าเหรียญดังกล่าวมีความเที่ยงตรง ซึ่งความจริงแล้วเป็นเหรียญไม่เที่ยงตรง แสดงว่าการทดสอบครั้งนี้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2

อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II error rates) คือ สัดส่วนของจำนวนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ที่เกิดขึ้นจริงในการทดสอบสมมติฐานของการทดลองกับจำนวนครั้งในการทดลอง ตัวอย่างเช่น มีเหรียญไม่เที่ยงตรงอยู่ 1 เหรียญ ซึ่งมีค่าความน่าจะเป็น (P) ที่จะขึ้นหน้าหัวเท่ากับ 0.7 บังเอิญในการทดลองโยนเหรียญดังกล่าว 10 ครั้ง พบว่า ได้จำนวนขึ้นหน้าหัว 4 ครั้ง ผลการทดสอบจึงได้ว่า ยอมรับสมมติฐานว่าง นั่นคือยอมรับว่าเหรียญดังกล่าวมีความเที่ยงตรง ซึ่งความจริงแล้วเป็นเหรียญไม่เที่ยงตรง แสดงว่าการทดสอบครั้งนี้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ซึ่งมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 เท่ากับ 0.3

อำนาจการทดสอบ (Power of the test) คือ ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง (Null Hypothesis) เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นเท็จ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1-\beta$ เมื่อ β คือค่าความน่าจะเป็นที่เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ซึ่งอำนาจการทดสอบจะมีความสัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ถ้าค่า α เพิ่มขึ้น ค่า β จะลดลง และอำนาจการทดสอบ (1- β) จะเพิ่มขึ้นหรืออาจกล่าวได้ว่าค่า α มีความสัมพันธ์ในทางตรงกับอำนาจการทดสอบแต่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับ β

ระดับนัยสำคัญ (Significant level) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่กำหนดเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ หรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อน ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติผู้วิจัยจะกำหนดระดับนัยสำคัญหรือระดับการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งจะนิยมใช้ $\alpha = 0.05$ หรือ $\alpha = 0.01$ โดยที่ความหมายระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ก็คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานมี 5 เปอร์เซ็นต์ นั่นก็คือมีความเชื่อถือได้ 95 เปอร์เซ็นต์ และระดับนัยสำคัญที่ 0.01 ก็คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานมี 1 เปอร์เซ็นต์ นั่นก็คือมีความเชื่อถือได้ 99 เปอร์เซ็นต์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการวิจัยจะเป็นแนวทางให้นักวิจัยทางด้านสังคมศาสตร์ใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการเลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่อยู่ในโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูล SPSS for Windows กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนเท่ากัน ภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้เสนอแนวคิด ทฤษฎี ซึ่งได้จากการศึกษาเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

ตอนที่ 2 สถิติที่ใช้ในการทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่กรณีที่ประชากรมีความแปรปรวนเท่ากัน

ตอนที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) เป็นแบบการทดลองที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ โดยจะแยกสาเหตุของความแปรปรวนทั้งหมด (Source of Variation; S.O.V) ออกเป็นความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของทรีทเมนต์อย่างเดียว ซึ่งมีชื่อย่อเป็น CR- p เมื่อ p คือ จำนวนระดับของทรีทเมนต์ Roger E. Kirk (1995: 164) กล่าวว่าในการออกแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์นั้น นอกจากจะต้องให้ผ่านเกณฑ์ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วยังมีเงื่อนไขเฉพาะของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์อีก 2 ประการ ประการแรกแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จะมีทรีทเมนต์เพียง 1 ทรีทเมนต์ที่มีระดับ $p \geq 2$ ระดับโดยที่ระดับของทรีทเมนต์อาจจะแตกต่างกันในเชิงปริมาณ (Quantitatively) หรือเชิงคุณภาพ (Qualitatively) ได้ ประการที่สองแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จะต้องสุ่มหน่วยทดลองเข้าสู่ระดับทรีทเมนต์ต่าง ๆ โดยกำหนดให้หนึ่งหน่วยทดลองได้รับทรีทเมนต์เพียง 1 ระดับ

ในการทำการวิเคราะห์ข้อมูลของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้นในการทำการวิเคราะห์ดังนี้

1. ความเป็นปกติ (Normality) ตัวอย่างแต่ละกลุ่มสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ
2. ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of variance) ตัวอย่างแต่ละกลุ่มสุ่มมาจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากัน

3. ความเป็นอิสระต่อกัน (Independence) ตัวอย่างแต่ละกลุ่มสุ่มมากจากประชากรที่เป็นอิสระต่อกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

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

จะสามารถจัดข้อมูลของการทดลองได้ดังนี้

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

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มีตัวแบบดังนี้

$$X_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1,...,n$$

$$j = 1,...,k$$

เมื่อ μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

α_j คือ ผลของทรีทเมนต์ระดับที่ j

ε_{ij} คือ อัตราความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยมีสมมติฐานเป็น

H_0: $\alpha_1 = \alpha_2 = ... = \alpha_k = 0$

H_1: มี α_j อย่างน้อย 1 ค่าไม่เท่ากับศูนย์

ตารางที่ 2.1 การออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

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 สถิติที่ใช้ในการทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ กรณีที่ประชากรมีความแปรปรวนเท่ากัน

Kirk (1995: 124-125) กล่าวว่า ในการเปรียบเทียบพหุคูณส่วนใหญ่จะใช้สถิติตัวใดตัวหนึ่งจาก 3 ตัวดังต่อไปนี้

$$t \quad statistic \quad : \quad \frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\psi}} = \frac{\sum_{j=1}^{p} c_j \bar{Y}_{.j}}{\sqrt{MS_{error}\sum_{j=1}^{p}\frac{c_j^{\,2}}{n_j}}}$$

$$q \quad statistic \quad : \quad \frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\bar{Y}}} = \frac{\sum_{j=1}^{p} c_j \bar{Y}_{.j}}{\sqrt{\frac{MS_{error}}{n}}}$$

$$F \quad statistic \quad : \quad \frac{MS_{set\ of\ means}}{MS_{error}} = \frac{\sum_{j=1}^{s} n_j \bar{Y}_{.j}^{\,2} - \frac{(\sum_{j=1}^{s} n_j \bar{Y}_{.j})^2}{\sum_{j=1}^{s} n_j}}{(s-1)MS_{error}}$$

เมื่อ p คือจำนวนของ means

s คือ จำนวน mean ในแต่ละชุดของ mean

t คือ Student's t distribution

q คือ Studentized rang distribution

F คือ F distribution

$\hat{\sigma}_{\psi}$ คือ Standard error of a contrast

$\hat{\sigma}_{\bar{Y}}$ คือ Standard error of mean

และในกรณีที่การเปรียบเทียบมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากันจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างสถิติ 3 เป็น

$$t = \frac{q}{\sqrt{2}} = \sqrt{F} \quad \text{หรือ} \quad \frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\psi}} = \frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\bar{Y}}\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{MS_{set\ of\ means}}{MS_{error}}}$$

สูตรการคำนวณของ Post Hoc Test (Appendix: Post Hoc Test) กำหนดสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

k คือ จำนวนระดับที่ใช้ทดสอบ(จำนวนกลุ่มตัวอย่าง)

n_i คือ จำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ i

$\bar{x}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยในระดับ (กลุ่มตัวอย่าง) ที่ i

s_i คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับ (กลุ่มตัวอย่าง) ที่ i

v_i คือ ค่า Degree of freedom ของระดับที่ i, $n_i - 1$

ε คือ อัตราความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง

α คือ ระดับนัยสำคัญ

r คือ จำนวนช่วงห่างระหว่างค่าเฉลี่ย

s_{pp} คือ ค่า Square root ของ mean square error

$$s_{pp} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{\sum_{i=1}^{k}(n_i - 1)}}$$

f คือ Degrees of freedom สำหรับ within-groups mean square

$$f = \sum_{i=1}^{k}(n_i - 1)$$

$v_{i,j}$ คือ ความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าเฉลี่ยลำดับที่ i และ j

$$v_{i,j} = \left|\bar{x}_i - \bar{x}_j\right|$$

n_h คือ Harmonic mean ของ sample size

$$n_h = \frac{k}{\sum_{1 \le i \le k} n_i^{-1}}$$

$$k^* = \frac{k(k-1)}{2}$$

$$Q_{i,j} = s_{pp}\sqrt{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

$$Q_h = \frac{s_{pp}}{\sqrt{n_k}}$$

Bonferroni test (หรือ Dunn's multiple comparison procedure) ใช้ได้ทั้งในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างเท่ากันจะใช้สูตร

$$B = t_D\sqrt{\frac{2MSW}{n}}$$

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากันจะใช้สูตร

$$B = t_D\sqrt{MSW\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_o เมื่อ $\left|\bar{x}_i - \bar{x}_j\right| \ge B$

ค่า t_D จะหาได้จากตาราง Percentage Points of the Dunn Multiple comparison Test (Kirk: 829)

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสอน 4 วิธีกับนักเรียน 4 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน (n=6) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 5, 9, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	3	21.0	7.00	4.00
ภายในกลุ่ม	20	35.0	1.75	
รวม	23	56.0	2.43	

วิธีทำ

1.เปิดตาราง Percentage Points of the Dunn Multiple comparison Test เมื่อ $\alpha = .05$ และ df=4 กับ $n_t - k = 20$ ได้ค่า $t_D = 2.75$

2.แทนค่า t_D = 2.75, n =6 และ MSW= 1.75 ลงในสูตร

$$B = t_D\sqrt{\frac{2MSW}{n}}$$

$$B = 2.75\sqrt{\frac{2(1.75)}{6}}$$

$$B = 2.10$$

3.นำค่าผลลบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่ไปเปรียบเทียบกับค่า B ที่ได้จากการคำนวณ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่า B แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .05$ จะแยกได้ดังตาราง

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลลบค่าเฉลี่ย	ค่า B	Sig
2 กับ 3	5	2.10	Sig
2 กับ 1	4		Sig
4 กับ 3	2		-
2 กับ 4	3		Sig
4 กับ 1	1		-
1 กับ 3	1		-

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะมีด้วยกัน 3 คู่ ได้แก่ กลุ่ม 2 กับ 3, กลุ่ม 2 กับ 1 และ กลุ่ม 2 กับ 4

Sidak test (หรือ Dunn-Sidak Multiple comparison test)

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $DS = t_{DS}\sqrt{\frac{MSW}{n}}$

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน

สูตร $DS = t_{DS}\sqrt{MSW\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_o เมื่อ $\left|\bar{x}_i - \bar{x}_j\right| \geq DS$

ค่า t_{DS} จะหาได้จากตาราง Percentage Points of the Dunn-Sidak Multiple comparison Test (Kirk: 830-832)

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสอน 4 วิธีกับนักเรียน 4 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน (n=6) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 5, 9, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	3	21.0	7.00	4.00
ภายในกลุ่ม	20	35.0	1.75	
รวม	23	56.0	2.43	

วิธีทำ

1.เปิดตาราง Percentage Points of the Dunn-Sidak Multiple comparison Test เมื่อ $\alpha = .05$, C =6 และ $n_t - k = 20$ ได้ค่า $t_{DS} = 2.918$

2.แทนค่า $t_{DS} = 2.918$, n =6 และ MSW= 1.75 ลงในสูตร

$$DS = t_{DS}\sqrt{\frac{MSW}{n}}$$

$$DS = 2.918\sqrt{\frac{1.75}{6}}$$

$$DS = 1.56$$

3.นำค่าผลลบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่ไปเปรียบเทียบกับค่า DS ที่ได้จากการคำนวณ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่า DS แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .05$ จะแยกได้ดังตาราง

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลลบค่าเฉลี่ย	ค่า DS	Sig
2 กับ 3	5	1.56	Sig
2 กับ 1	4		Sig
4 กับ 3	2		Sig
2 กับ 4	3		Sig
4 กับ 1	1		-
1 กับ 3	1		-

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะมีด้วยกัน 4 คู่ ได้แก่ กลุ่ม 2 กับ 3, กลุ่ม 2 กับ 1, กลุ่ม 4 กับ 3 และ กลุ่ม 2 กับ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Dunnett's Multiple Comparison test.

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $D = d_{\alpha}(k,v)\sqrt{\frac{2MSW}{n}}$

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน

สูตร $D = d_{\alpha}(k,v)\sqrt{MSW\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_o เมื่อ $\left|\bar{x}_i - \bar{x}_j\right| \geq D$

ค่า $d_{\alpha}(k,v)$ ได้จากตาราง Percentage Points for the Comparisons of $p-1$ Treatment Means with a Control (Kirk: 810-811)

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสอน 4 วิธีกับนักเรียน 4 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน (n=6) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 5, 9, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	3	21.0	7.00	4.00
ภายในกลุ่ม	20	35.0	1.75	
รวม	23	56.0	2.43	

วิธีทำ

1.เปิดตาราง Percentage Points for the Comparisons of $p-1$ Treatment Means with a Control เมื่อ $\alpha = .05$ และ df=4 กับ $n_t - k = 20$ ได้ค่า $d_{\alpha}(k,v)$ =2.73

2.แทนค่า $d_{\alpha}(k,v)$ =2.73, n =6 และ MSW= 1.75 ลงในสูตร

$$D = d_{\alpha}(k,v)\sqrt{\frac{2MSW}{n}}$$

$$D = 2.73\sqrt{\frac{2(1.75)}{6}}$$

$$D = 2.09$$

3.นำค่าผลลบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่ไปเปรียบเทียบกับค่า D ที่ได้จากการคำนวณแล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบโดยดูจากผลลบที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่า D แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .05$ จะแยกได้ดังตาราง

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลลบค่าเฉลี่ย	ค่า D	Sig
2 กับ 3	5	2.09	Sig
2 กับ 1	4		Sig
4 กับ 3	2		-
2 กับ 4	3		Sig
4 กับ 1	1		-
1 กับ 3	1		-

เพราะฉะนั้น สรุปได้ว่ากลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะมีด้วยกัน 3 คู่ ได้แก่ กลุ่ม 2 กับ 3, กลุ่ม 2 กับ 1และ กลุ่ม 2 กับ

LSD; least significant difference pair wise multiple comparison test

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างเท่ากัน (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์: 181-182)

สูตร $$LSD = \sqrt{\frac{2(MSW)F}{n}}$$

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน

สูตร $$LSD = \sqrt{MSW(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j})F}$$

เมื่อ F คือ ค่า F จากตาราง Upper Percentage of the F Distribution (Kirk: 800-805)

เมื่อ α และ df =1, $n_t - k$

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสอน 4 วิธีกับนักเรียน 4 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน (n=6) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 5, 9, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	3	21.0	7.00	4.00
ภายในกลุ่ม	20	35.0	1.75	
รวม	23	56.0	2.43	

วิธีทำ

1.เปิดตาราง Upper Percentage of the F Distribution เมื่อ $\alpha = .05$ และ df=1 กับ $n_t - k = 20$ ได้ค่า F=4.35

2.แทนค่า F=4.35, n =6 และ MSW= 1.75 ลงในสูตร

$$LSD = \sqrt{\frac{2(MSW)F}{n}}$$

$$LSD = \sqrt{\frac{2(1.75)4.35}{6}}$$

$$LSD = 1.59$$

3.นำค่าผลลบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่ไปเปรียบเทียบกับค่า LSD ที่ได้จากการคำนวณ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่า LSD แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .05$ จะแยกได้ดังตาราง

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลลบค่าเฉลี่ย	ค่า LSD	Sig
2 กับ 3	5	1.59	Sig
2 กับ 1	4		Sig
4 กับ 3	2		Sig
2 กับ 4	3		Sig
4 กับ 1	1		-
1 กับ 3	1		-

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะมีด้วยกัน 4 คู่ ได้แก่ กลุ่ม 2 กับ 3, กลุ่ม 2 กับ 1, กลุ่ม 4 กับ 3 และ กลุ่ม 2 กับ 4

S-N-K; Student-Newman-Keuls (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์: 182)

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันจะใช้สูตรเช่นเดียวกับ HSD แต่ต่างกันที่ จะนำค่า r ช่วงห่างของค่าเฉลี่ยมาพิจารณาเปรียบเทียบด้วย โดยเปรียบเทียบตั้งแต่คู่ที่ต่างกันมากที่สุดก่อนไปเรื่อยๆ สูตรจึงเหมือนกับ HSD แต่เปลี่ยนเป็น NK

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $SNK = q\sqrt{\frac{MSW}{n}}$

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

สูตร $SNK = q\sqrt{\frac{MSW}{2}(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j})}$

เมื่อ q คือ ค่าจากตาราง CRITICLE VALUES FOR STUDENTIZED RANGE (Kirk: 808-809) สำหรับประชากร k กลุ่ม df= n-k

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสอน 4 วิธีกับนักเรียน 4 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน (n=6) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 5, 9, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	3	21.0	7.00	4.00
ภายในกลุ่ม	20	35.0	1.75	
รวม	23	56.0	2.43	

วิธีทำ

1.เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อยได้เป็น

ลำดับที่ 1 กลุ่ม 2 = 9

ลำดับที่ 2 กลุ่ม 4 = 6

ลำดับที่ 3 กลุ่ม 1 = 5

ลำดับที่ 4 กลุ่ม 3 = 4

2.ทำการเปรียบเทียบจากคู่ที่มีค่าเฉลี่ยมากสุดกับน้อยสุดตามลำดับ จะได้ค่าช่วงห่าง r และเปิดตาราง CRITICLE VALUES FOR STUDENTIZED RANGE เพื่อหาค่า q ที่ $v = 20$ และ $\alpha = .05$

คู่ที่ 1 กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 3 ค่า r = 4 q = 3.96

คู่ที่ 2 กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 1 ค่า r = 3 q = 3.58

คู่ที่ 3 กลุ่ม 4 กับกลุ่ม 3 ค่า r = 3 q = 3.58

คู่ที่ 4 กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 4 ค่า r = 2 q = 2.95

คู่ที่ 5 กลุ่ม 4 กับกลุ่ม 1 ค่า r = 2 q = 2.95

คู่ที่ 6 กลุ่ม 1 กับกลุ่ม 3 ค่า r = 2 q = 2.95

3.นำค่า q , MSW และ n แทนค่าในสูตร

$$NK = q\sqrt{\frac{MSW}{n}}$$

เมื่อ r = 4 $NK = 3.96\sqrt{\frac{1.75}{6}} = 2.14$

เมื่อ r = 3 $NK = 3.58\sqrt{\frac{1.75}{6}} = 1.93$

เมื่อ r = 2 $NK = 2.95\sqrt{\frac{1.75}{6}} = 1.59$

4.นำค่า NK ที่ได้จากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับผลลบของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่าค่า NK ของคู่นั้น แสดงว่า

ค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .05$ จะแยกได้ดังตาราง

คู่	ค่า NK	ผลลบค่าเฉลี่ย	Sig
คู่ที่ 1	2.14	5	Sig
คู่ที่ 2	1.93	4	Sig
คู่ที่ 3	1.93	2	Sig
คู่ที่ 4	1.59	3	Sig
คู่ที่ 5	1.59	1	-
คู่ที่ 6	1.59	1	-

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ กลุ่ม 2 กับ กลุ่ม 3, กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 1, กลุ่ม 4 กับกลุ่ม 3และกลุ่ม 2 กับกลุ่ม 4

Tukey's b หรือ Tukey's WSD

ใช้ในกรณีที่การเปรียบเทียบมากกว่า k-1 กลุ่มหรืออาจจะน้อยกว่า (k(k-1))/2 ก็ได้ และใช้ถ้าต้องการควบคุม Type I error มากกว่า S-N-K (Aspelmeier, J)

สูตร $R_{\varepsilon,r,f} = \frac{S_{\varepsilon,r,f} + S_{\varepsilon,k,f}}{2}$

ซึ่งก็คือ $WSD = \frac{SNK + HSD}{2}$ นั่นเอง

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสอน 4 วิธีกับนักเรียน 4 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน (n=6) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 5, 9, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	3	21.0	7.00	4.00
ภายในกลุ่ม	20	35.0	1.75	
รวม	23	56.0	2.43	

วิธีทำ

1.เรียงลำดับค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มจากมากไปน้อย

ลำดับที่ 1 กลุ่ม 2 = 9

ลำดับที่ 2 กลุ่ม 4 = 6

ลำดับที่ 3 กลุ่ม 1 = 5

ลำดับที่ 4 กลุ่ม 3 = 4

2.หาค่า S-N-K หรือ $S_{\varepsilon,r,f}$ โดยทำการเปรียบเทียบจากคู่ที่มีค่าเฉลี่ยมากสุดกับน้อยสุดตามลำดับ จะได้ค่าช่วงห่าง r และเปิดตาราง CRITICLE VALUES FOR STUDENTIZED RANGE เพื่อหาค่า q ที่ $v = 20$ และ $\alpha = .05$

คู่ที่ 1 กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 3 ค่า r = 4 q = 3.96

คู่ที่ 2 กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 1 ค่า r = 3 q = 3.58

คู่ที่ 3 กลุ่ม 4 กับกลุ่ม 3 ค่า r = 3 q = 3.58

คู่ที่ 4 กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 4 ค่า r = 2 q = 2.95

คู่ที่ 5 กลุ่ม 4 กับกลุ่ม 1 ค่า r = 2 q = 2.95

คู่ที่ 6 กลุ่ม 1 กับกลุ่ม 3 ค่า r = 2 q = 2.95

3.นำค่า q , MSW และ n แทนค่าในสูตร

$$SNK = q\sqrt{\frac{MSW}{n}}$$

เมื่อ r = 4 $SNK = 3.96\sqrt{\frac{1.75}{6}} = 2.14$

เมื่อ r = 3 $SNK = 3.58\sqrt{\frac{1.75}{6}} = 1.93$

เมื่อ r = 2 $SNK = 2.95\sqrt{\frac{1.75}{6}} = 1.59$

4.หาค่า HSD หรือ $S_{\varepsilon,k,f}$ โดยเปิดตาราง CRITICLE VALUES FOR STUDENTIZED RANGE ที่ $\alpha = .05$ และ df = 4 กับ $n_t - k = 20$ ได้ค่า $q = 3.96$

5.แทนค่า q= 3.96, n =6 และ MSW= 1.75 ลงในสูตร

$$HSD = q\sqrt{\frac{MSW}{n}}$$

$$HSD = 3.96\sqrt{\frac{1.75}{6}}$$

$$HSD = 2.14$$

6.นำผลของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ไปเปรียบเทียบกับค่า $R_{\varepsilon,r,f} = \frac{S_{\varepsilon,r,f} + S_{\varepsilon,k,f}}{2}$ หรือ $\frac{SNK + HSD}{2}$ ของแต่ละคู่ ถ้าผลลบค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่าค่า $R_{\varepsilon,r,f}$ แสดงว่าคู่เปรียบเทียบดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้ผลดังตาราง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลต่างค่าเฉลี่ย	$\frac{S_{\varepsilon,r,f} + S_{\varepsilon,k,f}}{2}$	Sig
กลุ่ม 2 กับ 3	9-4= 5	$\frac{2.14+2.14}{2} = 2.14$	Sig
กลุ่ม 2 กับ 1	9-5 = 4	$\frac{1.93+2.14}{2} = 2.04$	Sig
กลุ่ม 4 กับ 3	6-4 = 2	$\frac{1.93+2.14}{2} = 2.04$	Sig
กลุ่ม 2 กับ 4	9-6 = 3	$\frac{1.59+2.14}{2} = 1.87$	Sig
กลุ่ม 4 กับ 1	6-5 =1	$\frac{1.59+2.14}{2} = 1.87$	-
กลุ่ม 1 กับ 3	5-4 = 1	$\frac{1.59+2.14}{2} = 1.87$	-

เพราะฉะนั้นสามารถสรุปได้ว่า คู่ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญมีด้วยกัน 4 คู่ คือ กลุ่ม 2 กับ 3, กลุ่ม 2 กับ 1, กลุ่ม 4 กับ 3 และ กลุ่ม 2 กับ 4

Duncan's New Multiple Range Test (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์: 183)

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $D = q\sqrt{\frac{MSE}{n}}$

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน

สูตร $D = q\sqrt{\frac{MSW}{2}(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j})}$

การคำนวณจะสามารถคำนวณหาค่า D ได้เช่นเดียวกับวิธี S-N-K ทุกประการ เพียงแต่ค่า q จะเปิดจากตาราง CRITICLE VALUES FOR DUNCAN'S NEW MULTIPLE RANGE TEST

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสอน 4 วิธีกับนักเรียน 4 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน (n=6) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 5, 9, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	3	21.0	7.00	4.00
ภายในกลุ่ม	20	35.0	1.75	
รวม	23	56.0	2.43	

วิธีทำ

1. เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อยได้เป็น

ลำดับที่ 1 กลุ่ม 2 = 9 ลำดับที่ 2 กลุ่ม 4 = 6

ลำดับที่ 3 กลุ่ม 1 = 5 ลำดับที่ 4 กลุ่ม 3 = 4

2.ทำการเปรียบเทียบจากคู่ที่มีค่าเฉลี่ยมากสุดกับน้อยสุดตามลำดับ จะได้ค่าช่วงห่าง r และเปิดตาราง CRITICLE VALUES FOR DUNCAN'S NEW MULTIPLE RANGE TEST เพื่อหาค่า q $v = 20$ และ $\alpha = .05$

คู่ที่ 1 กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 3 ค่า r = 4 q = 3.190
คู่ที่ 2 กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 1 ค่า r = 3 q = 3.097
คู่ที่ 3 กลุ่ม 4 กับกลุ่ม 3 ค่า r = 3 q = 3.097
คู่ที่ 4 กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 4 ค่า r = 2 q = 2.950
คู่ที่ 5 กลุ่ม 4 กับกลุ่ม 1 ค่า r = 2 q = 2.950
คู่ที่ 6 กลุ่ม 1 กับกลุ่ม 3 ค่า r = 2 q = 2.950

3. นำค่า q, MSW และ n แทนค่าในสูตร

$$D = q\sqrt{\frac{MSW}{n}}$$

เมื่อ r = 4 $D = 3.190\sqrt{\frac{1.75}{6}} = 1.72$

เมื่อ r = 3 $D = 3.097\sqrt{\frac{1.75}{6}} = 1.67$

เมื่อ r = 2 $D = 2.950\sqrt{\frac{1.75}{6}} = 1.59$

4. นำค่า NK ที่ได้จากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับผลลบของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่าค่า NK ของคู่นั้น แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .05$ จะแยกได้ดังตาราง

คู่	ค่า NK	ผลลบค่าเฉลี่ย	Sig
คู่ที่ 1	1.72	5	Sig
คู่ที่ 2	1.67	4	Sig
คู่ที่ 3	1.67	2	Sig
คู่ที่ 4	1.59	3	Sig
คู่ที่ 5	1.59	1	-
คู่ที่ 6	1.59	1	-

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่ากลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ กลุ่ม 2 กับ กลุ่ม 3, กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 1, กลุ่ม 4 กับกลุ่ม 3และกลุ่ม 2 กับกลุ่ม 4

R-E-G-WF หรือ **Multiple** F **Step-Down Test** (John A. Rafter, Martha L. Abell and James P. Braselton: 274)

สูตร $$F_p = \frac{\sum_{j=1}^{S} n_j \bar{y}_{.j}^2 - (\sum_{j=1}^{S} n_j \bar{y}_{.j})^2 / \sum_{j=1}^{S} n_j}{(S-1)MSW}$$

หรือ $$F = \frac{MS_{set\ of\ means}}{MS_{error}}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $F_P \geq F_{\alpha_p, p-1, \nu}$

ค่า $F_{\alpha_p, p-1, \nu}$ เปิดจากตาราง Upper Percentage Point of the F distribution (Kirk: 800-805)

เมื่อ $\alpha_p = 1-(1-\alpha)^{p/k}, 2 \leq p \leq k-2, \alpha_{k-1} = \alpha_k = \alpha$

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสัมฤทธิ์ของนักเรียน ที่มีวิธีสอนต่างกัน 5 กลุ่ม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของกลุ่มเรียงลำดับจากน้อยไปมาก ดังนี้ $\bar{x}_1 = 36.7$, $\bar{x}_2 = 40.3$, $\bar{x}_3 = 43.4$, $\bar{x}_4 = 47.2$ และ $\bar{x}_5 = 48.7$ ซึ่งมีค่า MSW=29.0322, p= 5, n= 9 และ $\nu = p(n-1) = 5(9-1) = 40$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกันจะได้ผลดังตาราง

	$\bar{x}_1 = 36.7$	$\bar{x}_2 = 40.3$	$\bar{x}_3 = 43.4$	$\bar{x}_4 = 47.2$	$\bar{x}_5 = 48.7$
$\bar{x}_1 = 36.7$	-	3.6	6.7	10.5*	12.0*
$\bar{x}_2 = 40.3$		-	3.1	6.9	8.4*
$\bar{x}_3 = 43.4$			-	3.8	5.3
$\bar{x}_4 = 47.2$				-	1.5
$\bar{x}_5 = 48.7$					-

วิธีทำ

1.คำนวณหาค่า $F = \frac{MS_{set\ of\ means}}{MS_{error}}$ ของแต่ละกลุ่ม

2.เปิดตาราง Upper Percentage Point of the F distribution หาค่า $F_{\alpha_p, p-1, \nu}$ (จำนวนกลุ่มเปรียบเทียบ)

3.เปรียบเทียบค่า $F = \frac{MS_{set\ of\ means}}{MS_{error}}$ ของแต่ละกลุ่มที่คำนวณได้กับค่า $F_{\alpha_p, p-1, \nu}$ ของแต่ละค่า p

พิจารณานัยสำคัญโดยถ้า $F_P \geq F_{\alpha_p, p-1, \nu}$ แสดงว่ากลุ่มที่เปรียบเทียบกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลการคำนวณได้ดังตาราง

p	Hypothesis	F_p	$F_{\alpha_p, p-1, \nu}$	Sig
5	$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$	7.51	2.61	✓
4	$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$	6.19	2.84	✓
	$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_5$	8.01		✓
	$\mu_1 = \mu_2 = \mu_4 = \mu_5$	10.01		✓
	$\mu_1 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$	8.88		✓
	$\mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$	4.46		✓
3	$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$	3.49	3.82	✗
	$\mu_1 = \mu_2 = \mu_4$	8.83		✓
	$\mu_1 = \mu_2 = \mu_5$	11.76		✓
	$\mu_1 = \mu_3 = \mu_4$	8.76		✓
	$\mu_1 = \mu_3 = \mu_5$	11.21		✓
	$\mu_1 = \mu_4 = \mu_5$	13.25		✓
	$\mu_2 = \mu_3 = \mu_4$	3.70		✗
	$\mu_2 = \mu_3 = \mu_5$	5.59		✓
	$\mu_2 = \mu_4 = \mu_5$	6.22		✓
	$\mu_3 = \mu_4 = \mu_5$	2.31		✗
2	$\mu_1 = \mu_2$	2.01	5.84	✗
	$\mu_1 = \mu_3$	6.96		✓
	$\mu_1 = \mu_4$	17.09		✓
	$\mu_1 = \mu_5$	22.32		✓
	$\mu_2 = \mu_3$	1.49		✗
	$\mu_2 = \mu_4$	7.38		✓
	$\mu_2 = \mu_5$	10.94		✓
	$\mu_3 = \mu_4$	2.24		✗
	$\mu_3 = \mu_5$	4.35		✗
	$\mu_4 = \mu_5$	0.35		✗

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

R-E-G-WQ หรือ Multiple Q Step-Down Test (John A. Rafter, Martha L. Abell and James P. Braselton: 274)

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $$Q_p = \frac{\max \bar{y} - \min \bar{y}}{\sqrt{\frac{MSW}{n}}}$$

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน

สูตร $$Q_p = \max\left\{ \frac{\left|\bar{y}_i - \bar{y}_j\right|}{\sqrt{\frac{MSW}{2}\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}} \right\}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $Q_p \geq q_{\alpha_p, v, p}$

ค่า $q_{\alpha_p, v, p}$ เปิดจากตาราง Percentage Points of the Studentized Range (Kirk: 808-809)

เมื่อ $\alpha_p = 1-(1-\alpha)^{p/k}, 2 \leq p \leq k-2, \alpha_{k-1} = \alpha_k = \alpha$

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสัมฤทธิ์ของนักเรียน ที่มีวิธีสอนต่างกัน 5 กลุ่ม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของกลุ่มเรียงลำดับจากน้อยไปมาก ดังนี้ $\bar{x}_1 = 36.7$, $\bar{x}_2 = 40.3$, $\bar{x}_3 = 43.4$, $\bar{x}_4 = 47.2$ และ $\bar{x}_5 = 48.7$ ซึ่งมีค่า MSW=29.0322, p= 5, n= 9 และ $v = p(n-1) = 5(9-1) = 40$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกันจะได้ผลดังตาราง

	$\bar{x}_1 = 36.7$	$\bar{x}_2 = 40.3$	$\bar{x}_3 = 43.4$	$\bar{x}_4 = 47.2$	$\bar{x}_5 = 48.7$
$\bar{x}_1 = 36.7$	-	3.6	6.7	10.5*	12.0*
$\bar{x}_2 = 40.3$		-	3.1	6.9	8.4*
$\bar{x}_3 = 43.4$			-	3.8	5.3
$\bar{x}_4 = 47.2$				-	1.5
$\bar{x}_5 = 48.7$					-

วิธีทำ

1.คำนวณหาค่า $Q_p = \frac{\max \bar{y} - \min \bar{y}}{\sqrt{\frac{MSW}{n}}}$ ของแต่ละกลุ่ม

2.หาค่า $q_{\alpha_p, v, p}$ จากตาราง Percentage Points of the Studentized Range

3.เปรียบเทียบค่า $Q_p = \dfrac{\max \bar{y} - \min \bar{y}}{\sqrt{\dfrac{MSW}{n}}}$ ของแต่ละกลุ่มที่คำนวณได้กับค่า $q_{\alpha_p,v,p}$ ของแต่ละค่า p พิจารณานัยสำคัญโดยถ้า $Q_p \geq q_{\alpha_p,v,p}$ แสดงว่ากลุ่มที่เปรียบเทียบกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลการคำนวณได้ดังตาราง

r	**Hypothesis**	Q_p	$q_{\alpha_p,v,p}$	**Sig**
5	$\mu_1 - \mu_5 = 0$	6.68	3.79	✓
4	$\mu_1 - \mu_4 = 0$	5.85	3.79	✓
	$\mu_2 - \mu_5 = 0$	4.68		✓
3	$\mu_1 - \mu_3 = 0$	3.73	3.73	✓
	$\mu_2 - \mu_4 = 0$	3.84		✓
	$\mu_3 - \mu_5 = 0$	2.95		✗
2	$\mu_1 - \mu_2 = 0$	2.00	3.40	✗
	$\mu_2 - \mu_3 = 0$	1.73		✗
	$\mu_3 - \mu_4 = 0$	2.12		✗
	$\mu_4 - \mu_5 = 0$	0.84		✗

Waller-Duncan (The GLM Procedure, SAS Instute Inc., Cary, NC, USA: 13)

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $WD = t_B \sqrt{\dfrac{2MSW}{n}}$

กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน

สูตร $WD = t_B \sqrt{\dfrac{2MSW}{n_h}}$; $n_h = \dfrac{k}{\sum\limits_{1 \leq i \leq k} n_i^{-1}}$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $\bar{x}_i - \bar{x}_j \geq WD$

ค่า t_B เปิดจากตาราง Percentage points of Student's t Distribution (kirk: 799)

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสอน 4 วิธีกับนักเรียน 4 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน (n=6) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 5, 9, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	3	21.0	7.00	4.00
ภายในกลุ่ม	20	35.0	1.75	
รวม	23	56.0	2.43	

วิธีทำ

1.เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อยได้เป็น

ลำดับที่ 1 กลุ่ม $2 = 9$ ลำดับที่ 2 กลุ่ม $4 = 6$

ลำดับที่ 3 กลุ่ม $1 = 5$ ลำดับที่ 4 กลุ่ม $3 = 4$

2.ทำการเปรียบเทียบจากคู่ที่มีค่าเฉลี่ยมากสุดกับน้อยสุดตามลำดับ และเปิดตาราง Percentage points of Student's t Distribution เพื่อหาค่า t_B ที่ $df = 20$ และ $\alpha = .05$ ได้ $t_B = 2.09$

3.แทนค่า $t_B = 2.09$, MSW=1.75, n=6 ลงในสูตร

$$WD = t_B\sqrt{\frac{2MSW}{n}}$$

$$WD = 2.09\sqrt{\frac{2(1.75)}{6}}$$

$$WD = 1.59$$

4.นำค่าผลลบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่ไปเปรียบเทียบกับค่า WD ที่ได้จากการคำนวณ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่าหรือเท่ากับค่า WD แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .05$ จะแยกได้ดังตาราง

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลลบค่าเฉลี่ย	ค่า WD	Sig
2 กับ 3	5	1.59	Sig
2 กับ 1	4		Sig
4 กับ 3	2		Sig
2 กับ 4	3		Sig
4 กับ 1	1		-
1 กับ 3	1		-

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะมีเพียง4 คู่ ได้แก่ กลุ่ม 2 กับ กลุ่ม 3, กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 1, กลุ่ม 4 กับกลุ่ม 3 และ กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 4

Tukey's HSD

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $HSD = q\sqrt{\frac{MSW}{n}}$

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $HSD = q\sqrt{\frac{MSW}{2}(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j})}$

เมื่อ q เปิดจากตาราง CRITICLE VALUES FOR STUDENTIZED RANGE (Kirk: 808-809) ที่ α และ df = r= k กับ $n_t - k$

r คือ จำนวนช่วงห่างของค่าเฉลี่ยที่เปรียบเทียบ

k คือ จำนวนกลุ่มที่วิเคราะห์ความแปรปรวน

n_t คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างรวม

n คือกลุ่มตัวอย่างที่เท่ากัน

วิธีการทดสอบ

1.คำนวณหาค่า HSD

2.นำค่า HSD ที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับผลลบของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่

3.พิจารณาค่าการเปรียบเทียบ ถ้า $\bar{x}_i - \bar{x}_j \geq HSD$ แสดงว่าคู่นั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการสอน 4 วิธีกับนักเรียน 4 กลุ่มที่มีขนาดเท่ากัน (n=6) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 5, 9, 4 และ 6 ตามลำดับ และมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	3	21.0	7.00	4.00
ภายในกลุ่ม	20	35.0	1.75	
รวม	23	56.0	2.43	

วิธีทำ

1.เปิดตาราง CRITICLE VALUES FOR STUDENTIZED RANGE ที่ $\alpha = .05$ และ $n_t - k = 20$ ได้ค่า $q = 3.96$

2.แทนค่า q= 3.96, n =6 และ MSW= 1.75 ลงในสูตร

$$HSD = 3.96\sqrt{\frac{1.75}{6}}; \quad HSD = 2.14$$

3.นำค่าผลลบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่ไปเปรียบเทียบกับค่า HSD ที่ได้จากการคำนวณ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่า HSD แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .05$ จะแยกได้ดังตาราง

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลลบค่าเฉลี่ย	ค่า HSD	Sig
2 กับ 3	5	2.14	Sig
2 กับ 1	4		Sig
4 กับ 3	2		-
2 กับ 4	3		-
4 กับ 1	1		-
1 กับ 3	1		-

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะมีเพียง 2 คู่ ได้แก่ กลุ่ม 2 กับ กลุ่ม 3 และ กลุ่ม 2 กับกลุ่ม 1

Hochberg's GT2 (The GLM Procedure, SAS Instute Inc., Cary, NC, USA: 7)

สูตร $$GT2 = \frac{(\bar{x}_i - \bar{x}_j)}{\sqrt{MSW(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j})}}$$

จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ เมื่อ $|GT2| \geq m_{(\alpha;c,v)}$

ค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ เปิดจากตาราง Percentage Points of the Studentized Maximum Modulus Distribution (Kirk: 833)

วิธีการทดสอบ

1.คำนวณค่า GT2 ของแต่ละคู่

2.หาค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ จากตาราง Percentage Points of the Studentized Maximum Modulus Distribution

3.พิจารณาผลการเปรียบเทียบถ้าคู่ใดมี $|GT2| \geq m_{(\alpha;c,v)}$ แสดงว่าคู่การเปรียบเทียบดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการเรียนของนักเรียนที่ใช้วิธีสอนต่างกัน 3 วิธี กับนักเรียน 3 กลุ่ม ซึ่งมีขนาดเท่ากัน (n=4) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 6, 5 และ 11 ตามลำดับ และได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	2	82.67	41.33	9.30
ภายในกลุ่ม	9	40.00	4.44	

วิธีทำ

1.คำนวณค่า GT2 เมื่อ MSW=4.44

ค่า GT2 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

$$GT2 = \frac{(6-5)}{\sqrt{4.44(\frac{1}{4}+\frac{1}{4})}} = 0.67$$

ค่า GT2 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3

$$GT2 = \frac{(6-11)}{\sqrt{4.44(\frac{1}{4}+\frac{1}{4})}} = -3.36$$

ค่า GT2 ของกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

$$GT2 = \frac{(5-11)}{\sqrt{4.44(\frac{1}{4}+\frac{1}{4})}} = -4.03$$

2.หาค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ จากตาราง Percentage Points of the Studentized Maximum Modulus Distribution ที่ $\alpha = .01,\ C = 3,\ v = 9$ ได้ $m_{(\alpha;c,v)} = 3.92$

3.เปรียบเทียบผลลบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่กับค่า $m_{(\alpha;c,v)} = 3.92$ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบค่าเฉลี่ยที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่าค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .01$ จะแยกได้ดังตารางได้ผลดังตาราง

กลุ่มเปรียบเทียบ	$\lvert GT2 \rvert$	$m_{(\alpha;c,v)}$	Sig
1 กับ 2	0.67	3.92	-
1 กับ 3	3.36		-
2 กับ 3	4.03		Sig

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า มีเพียง 1 คู่ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม 2 กับกลุ่ม 3

Gabriel test (The GLM Procedure, SAS Instute Inc., Cary, NC, USA: 7)

สูตร $$G = \frac{\left|\bar{x}_i - \bar{x}_j\right|}{\sqrt{\frac{MSW}{2}(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j})}}$$

จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ เมื่อ $|G| \geq m_{(\alpha;c,v)}$

ค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ เปิดจากตาราง Percentage Points of the Studentized Maximum Modulus Distribution (Kirk: 833)

วิธีการทดสอบ

1.คำนวณค่า G ของแต่ละคู่

2.หาค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ จากตาราง Percentage Points of the Studentized Maximum Modulus Distribution

3.พิจารณาผลการเปรียบเทียบถ้าคู่ใดมีค่า $|G| \geq m_{(\alpha;c,v)}$ แสดงว่า คู่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการเรียนของนักเรียนที่ใช้วิธีสอนต่างกัน 3 วิธี กับนักเรียน 3 กลุ่ม ซึ่งมีขนาดเท่ากัน (n=4) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 6, 5 และ 11 ตามลำดับ และได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	2	82.67	41.33	9.30
ภายในกลุ่ม	9	40.00	4.44	

วิธีทำ

1.คำนวณค่า G เมื่อ MSW=4.44 ของแต่ละคู่

ค่า G ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

$$G = \frac{|6-5|}{\sqrt{\frac{1.75}{2}(\frac{1}{4} + \frac{1}{4})}} = 1.52$$

ค่า G ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3

$$G = \frac{|6-11|}{\sqrt{\frac{1.75}{2}(\frac{1}{4} + \frac{1}{4})}} = 7.56$$

ค่า G ของกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

$$G = \frac{|5-11|}{\sqrt{\frac{1.75}{2}(\frac{1}{4}+\frac{1}{4})}} = 9.09$$

2.หาค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ จากตาราง Percentage Points of the Studentized Maximum Modulus Distribution ที่ $\alpha = .01,\ C = 3,\ v = 9$ ได้ $m_{(\alpha;c,v)} = 3.92$

3.เปรียบเทียบผลลบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่กับค่า $m_{(\alpha;c,v)} = 3.92$ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบค่าเฉลี่ยที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่าค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนด จากตัวอย่าง $\alpha = .01$ จะแยกได้ดังตารางได้ผลดังตาราง

กลุ่มเปรียบเทียบ	G	$m_{(\alpha;c,v)}$	Sig
1 กับ 2	1.52	3.92	-
1 กับ 3	7.56		Sig
2 กับ 3	9.09		Sig

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า มี 2 คู่ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม 1 กับกลุ่ม 3 และค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม 2 กับกลุ่ม 3

Scheffe's test ใช้ได้ทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน

สูตร $CV_d = \sqrt{(k-1)(F^*)(MSW)(2/n)}$

เมื่อ df = k-1 และ $n_t - k$

ค่า F* เปิดจากตาราง Upper Percentage of the F Distribution (Kirk: 800-805) เมื่อ α และ df =1, $n_t - k$

วิธีการทดสอบ

1.คำนวณค่า CV_d

2.นำค่า CV_d ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับผลลบของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่

3.พิจารณาผลการเปรียบเทียบถ้า $|\bar{x}_i - \bar{x}_j| \geq CV_d$ แสดงว่าคู่การเปรียบเทียบดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตัวอย่าง ต้องการเปรียบเทียบผลการเรียนของนักเรียนที่ใช้วิธีสอนต่างกัน 3 วิธี กับนักเรียน 3 กลุ่ม ซึ่งมีขนาดเท่ากัน (n=4) ได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็น 6, 5 และ 11 ตามลำดับ และได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตาราง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	2	82.67	41.33	9.30
ภายในกลุ่ม	9	40.00	4.44	

วิธีทำ

1.คำนวณค่า F ของ เมื่อ k=3, MSW=4.44

$$CV_d = \sqrt{(k-1)(F^*)(MSW)(2/n)}$$

$$CV_d = \sqrt{(3-1)(5.12)(4.44)(2/4)}$$

$$CV_d = 4.768$$

2.เปรียบเทียบผลลบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่กับค่า F ของแต่ละคู่เปรียบเทียบ แล้วพิจารณาหานัยสำคัญของการทดสอบ โดยดูจากผลลบที่ได้ ถ้าผลลบที่ได้มากกว่าค่า F แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่กำหนดจากตัวอย่าง $\alpha = .01$ จะแยกได้ดังตารางได้ผลดังตาราง

กลุ่มเปรียบเทียบ	ผลลบค่าเฉลี่ย	ค่า F	Sig
1 กับ 2	1	4.768	-
1 กับ 3	6		-
2 กับ 3	5		-

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า ไม่มีคู่เปรียบเทียบใดที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเลย

ตอนที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากเอกสาร GLM Post Hoc Multiple Comparisons for Observed Mean (SPSS 11.0 Production Facility) ระบุว่าถ้าเป็นการทดสอบแบบ Multiple Comparison Test วิธีการของ Sidak's test จะมีความเหมาะสมในการใช้มากกว่าวิธี Bonferroni test และถ้าการทดสอบมีจำนวนกลุ่มมาก วิธี Tukey's HSD test จะมี power สูงกว่าวิธี Bonferroni test ในทางกลับกันจะได้ว่าถ้าจำนวนกลุ่มในการทดสอบน้อยวิธี Bonferroni test จะมี power สูงกว่าวิธี Tukey's HSD test ส่วนวิธี Hochberg's GT2 จะเหมือนกับวิธี Tukey's HSD test ต่างกันตรงที่วิธี Hochberg's GT2 จะใช้ค่า "Studentized maximum modulus" จึงทำให้มี power ต่ำกว่าวิธี Tukey's HSD test และเช่นเดียวกับวิธีของGabriel's pairwise comparisons test ที่จะต้องใช้ค่า "Studentized maximum modulus" เช่นเดียวกับวิธี Hochberg's GT2 แต่โดยทั่วไปแล้วพบว่าถ้าขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน (cell sizes are unequal) วิธีของ Gabriel's pairwise comparisons test จะมี power สูงกว่าวิธี Hochberg's GT2 ดังนั้นวิธีของ Gabriel's pairwise comparisons test น่าจะเป็นวิธีที่เหมาะกับการทดสอบที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน วิธี Scheffe's test จะต้องให้ค่าเฉลี่ยระหว่างคู่เปรียบเทียบต่างกันมากผลการทดสอบจึงจะค้นพบค่า Significant ส่วนวิธี LSD จะมีข้อเสียที่ไม่มีความพยายามที่จะพบความแตกต่างในการทดสอบแบบ multiple comparisons ถ้าเป็นการทดสอบแบบ Range test กรณีที่ใช้วิธี Multiple Step down วิธีการทดสอบ R-E-G-WF และ R-E-G-WQ จะมี power สูงกว่าวิธี Duncan's multiple range test และ Student-Newman-Keuls (S-N-K) แต่ไม่แนะนำให้ใช้ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน ส่วนวิธี Waller-Duncan test ใช้คล้ายคลึงกับวิธี Bayesian approach ซึ่งเป็น Range test เช่นกันจะใช้เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่า Mean ไม่คงที่ นอกจากนั้นวิธี Duncan's multiple range test , Student-Newman-Keuls (S-N-K) และ Tukey's b ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบแบบ Range test ที่ใช้การเรียงลำดับค่าเฉลี่ยของกลุ่มแล้วคำนวณหาค่าลำดับ และจะไม่ใช้ค่าความถี่เข้ามาคำนวณในการทดสอบ

จากเอกสาร Multiple Comparisons (SAS Instute Inc. 1999) ระบุว่าในกรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากันวิธีการทดสอบของ Hochberg's GT2 test จะมี power น้อยกว่าวิธี Tukey's HSD test ส่วนวิธี Gabriel's test กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันจะได้ผลเหมือนกับวิธี Hochberg's GT2 แต่ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน วิธีของ Gabriel's test จะมี power สูงกว่าวิธี Hochberg's GT2

บุญชม ศรีสะอาด (2538: 358) กล่าวว่า การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรรวนแต่ละวิธีอาจให้ผลเหมือนกันหรือให้ผลแตกต่างกัน โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบ Type I error เรียงจากน้อยไปหามาก คือ วิธีของ Scheffe's วิธีของ Tukey's วิธีของ Newman-Keuls และวิธีของ Duncan ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน วิธีของ Scheffe's มี

โอกาสที่จะพบนัยสำคัญของความแตกต่างน้อยกว่าวิธีอื่น และวิธีของ Duncan มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญมากกว่าวิธีอื่น บางครั้งเมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ความแปรปรวนพบค่า F มีนัยสำคัญ จึงทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ใช้วิธีของ Scheffe's หรือวิธีของ Newman-Keuls อาจไม่พบความแตกต่างในคู่ใด ๆ แต่เมื่อใช้วิธีของ Duncan อาจพบความแตกต่างในบางคู่ก็ได้ ผู้เขียนไม่ได้กล่าวถึงวิธีของ Duncan เพราะเห็นว่าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบ Type I error จะมากกว่า α ที่กำหนด

พหล ศักดิ์คะทัศน์ (2534) ทำการศึกษาเรื่อง "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ความแปรปรวน" โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 3 วิธี คือวิธี Unrestricted LSD (U-LSD) วิธี Bonferroni(Dunn) T-test(Bon) และวิธี Murphys Gap LSD(MG-LSD) โดยข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชั่น โดยมีจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ถึง 10 ทั้งแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ และจำนวนซ้ำมี 4 ระดับคือ 5, 10, 15 และ 20 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และจำนวนบล็อกมี 3 ระดับ คือ 5, 7 และ 10 ในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ผลการวิจัยพบว่าวิธี Murphys Gap LSD เหมาะสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ถึง 5 และเหมาะสำหรับแบบแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ถึง 8 ส่วนวิธี Unrestricted LSD จะเหมาะสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 6 ถึง 10 แต่เมื่อแผนการทดลองเป็นแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ กรณีที่สิ่งทดลองเท่ากับ 9 ถึง 10 ปรากฏว่าทั้ง 3 วิธีไม่มีวิธีใดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบ

วิชชุดา ศรีโสภา (2539) ทำการศึกษาเรื่อง "การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการเปรียบเทียบพหุ" โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 4 วิธีคือวิธี Unrestricted LSD, Murphys Gap LSD, Tukey's (H) และ Murphys Gap Unrestricted LSD โดยข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร 5%, 10%, 15%, 20% และ 30% มีจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, 4, 5, 6 และ10 จำนวนซ้ำในแต่ละสิ่งทดลองมีจำนวนเท่ากัน 4 ระดับคือ 5, 10, 15 และ 20 และมีจำนวนซ้ำในแต่ละสิ่งทดลองมีจำนวนไม่เท่ากัน 3 ระดับคือ เพิ่มทีละ 3 เพิ่มทีละ 5 และเพิ่มทีละ 10 โดยมีจำนวนซ้ำเริ่มต้นเป็น 5 ทำการทดลองด้วยเทคนิค มอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น โดยจำลองการทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 1,000 รอบสำหรับแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด ในการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และจะทำการหาอำนาจการทดสอบเมื่อวิธีการนั้นผ่านเกณฑ์ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภท

ที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า วิธีการ Unrestricted LSD จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุดและให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดในทุก ๆ สถานการณ์ที่ทำการทดลอง

วิไลลักษณ์ องค์จิระวุฒิ (2522) ทำการศึกษาเรื่อง "การเปรียบเทียบวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร โดยพิจารณาจากความผิด 3 ชนิด" โดยทำการเปรียบเทียบผลสรุปความถูกต้องจากวิธี 7 ได้แก่วิธี LSD, DMRT, Tukey's HSD, S-N-K, Scheffe's, Murphys Gap LSD และ Murphys Gap S-N-K แล้วพิจารณาเปรียบเทียบจากความคลาดเคลื่อน 3 ชนิดคือ Type I error, Type II error และ Type III error จากการทดลองในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .01 ผลการวิจัยพบว่า วิธีของ Murphys Gap LSD ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 ชนิดต่ำที่สุดที่ระดับนัยสำคัญทั้ง .05 และ .01

สิรินุช เอี่ยมเขียว (2543) ทำการศึกษาเรื่อง "ผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ภายใต้ความแปรปรวนที่แตกต่างกันจากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน" โดยทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบพหุคูณรายคู่ 3 วิธีได้แก่ วิธีของ Dunnetts' T3, Games-Howell และวิธีของ Brown-Forsythe ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน 4 ขนาด คือ 20, 40, 80 และ120 และเพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบพหุคูณรายคู่ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 4 ขนาดคือ 20, 40, 80และ 120 ในแต่ละวิธีทั้ง 3 วิธี โดยใช้ข้อมูลจากประชากรของนักเรียนจำนวน 122,828 คนที่ได้ทำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ แล้วทำการสุ่มประชากรแบบใส่คืนจำนวน 583 คน เพื่อนำมาเป็นประชากรเทียม (Pseudo population) ผลการวิจัยพบว่า วิธีการทดสอบพหุคูณรายคู่ 3 วิธีดังกล่าวในกลุ่มตัวอย่างขนาด 120 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนขนาด 20 คน 40 คน และ 80 คน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด ที่ทดสอบพหุคูณรายคู่จาก 3 วิธีนั้น มีจำนวนผลการยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้น ผู้ทำการวิจัยจึงได้เสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ว่า ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากคะแนนความถนัด ด้านเหตุผลแบบสรุปความ ของกลุ่มตัวอย่าง สามารถเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณวิธี Dunnett's T3 วิธี Game-Howell และวิธี Brown-Forsythe วิธีใดก็ได้ แต่ถ้าต้องการผลการทดสอบว่ามีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยอย่างมั่นใจ ควรเลือกใช้วิธี Brown-Forsythe ส่วนการเลือกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คะแนนความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความควรเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ตั้งแต่ 80 คนขึ้นไป

สุชาดา บวรกิติวงศ์ (2541) ได้กล่าวไว้ในวารสารวิธีวิทยาการวิจัย ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 เกี่ยวกับการใช้ระดับนัยสำคัญในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่า ระดับนัยสำคัญ 5 % ได้ถูกใช้โดยคนทั่วโลกจนกลายเป็นระดับมาตรฐาน ซึ่งบุคคลที่ถูกเชื่อว่าเป็นคนแรกที่ใช้คำว่า ที่ระดับ

นัยสำคัญ 5 % ก็คือ R.A. Fisher ทั้งนี้การที่จะเลือกใช้ระดับนัยสำคัญในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติผู้วิจัยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับงานวิจัยที่จะทำ ไม่ควรใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพราะว่าเป็นที่นิยมใช้ในงานวิจัยส่วนใหญ่

สุชาดา บวรกิติวงศ์ (2542) ทำการศึกษาเรื่อง “อำนาจการทดสอบในการทดสอบรายคู่เชิงซ้อน” ซึ่งทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ ในการทดสอบเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสถิติทดสอบ 7 วิธี ได้แก่ Original Bonferroni (SS), Holm (SD), Holland and Copenhaver (SD), Hochberg (SU), Hommel (SU), Rom (SU) และ Holland and Copenhaver (SU) โดยใช้ข้อมูลจำลองมาทำการตรวจสอบอำนาจการทดสอบ 3 แบบ ได้แก่ อำนาจการทดสอบเมื่อมีความสัมพันธ์จริงอย่างน้อย 1 คู่ อำนาจการทดสอบเมื่อมีความสัมพันธ์จริงทุกคู่ และอำนาจการทดสอบโดยเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่า เมื่อมีความสัมพันธ์จริงอย่างน้อย 1 คู่วิธีการทั้ง 7 วิธี ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ในกรณีที่เหลืออำนาจการทดสอบของ 6 วิธีที่ปรับปรุงมาจาก Bonferroni ให้ผลดีกว่าวิธีดั้งเดิม ผลที่ได้จาก 6 วิธีดังกล่าวไม่ต่างกันมาก โดยที่วิธีการของ Holm จะให้อำนาจการทดสอบต่ำสุด ในขณะที่วิธีการของ Holland and Copenhaver (SU) ให้อำนาจการทดสอบสูงสุด

สุชาดา บวรกิติวงศ์ (2548) กล่าวว่า วิธีของ LSD จะถูกนำไปใช้ในการทดสอบมากที่สุด เนื่องจากจะสามารถค้นพบความแตกต่างได้ง่ายกว่าวิธีอื่น ๆ แต่วิธีนี้จะมีจุดอ่อนคือไม่ได้ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนทั้งหมด จึงส่งผลให้เกิดค่า α สูงขึ้นเมื่อจำนวนทดสอบมีหลายคู่ วิธีของ Bonferroni จะยากต่อการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ นอกจากคู่ที่ทดสอบจะมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมากจริง ๆ จึงเป็นวิธีที่นักวิจัยไม่นิยมนำมาใช้ และวิธีนี้จะมีจุดแข็งคือสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ทั้งหมด แต่วิธีนี้มีจุดอ่อนตรงที่ถ้าการทดสอบมีจำนวนคู่ในการทดสอบมากก็จะยิ่งเพิ่มโอกาสปฏิเสธสมมติฐานศูนย์มากขึ้น วิธีของ Scheffe’s จะมีการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด (overall Type I error rates) จะมีคนนิยมใช้อยู่ในระดับปานกลาง วิธีของ Tukey’s จะมีการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด จะใช้ได้ดีเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน วิธีของ Hochberg’s GT2 น่าจะให้ผลดีกว่าวิธีของ LSD, Bonferroni, Scheffe’s และTukey’s เนื่องจากการพัฒนาแต่ละครั้งจะพยายามแก้ไขจุดอ่อนของแต่ละวิธีที่มีอยู่

สุญาณี จิตตะยะโสธร (2524) ทำการศึกษาเรื่อง “การศึกษาโดยวิธีมอนติคาร์โล: การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากข้อมูลที่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการเปรียบเทียบพหุคูณ” โดยหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธีคือ Tukey’s, Duncan, Scheffe’s, Dunnett และ S-N-K เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองและทำการทดลอง 1,000 ครั้ง จำลองการทดลองเพื่อนับอัตราการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ด้วยการทดลอง ทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของแต่ละวิธีจากกลุ่มตัวอย่าง 3 และ 4 กลุ่ม ที่มีขนาดกลุ่มตัวอย่าง 5, 10 และ 15 ในลักษณะการแจกแจงประชากรแบบปกติ แบบยูนิฟอร์ม

และแบบเลปโตเคอร์ติดส์ กำหนดอัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากันคือ 1:1:1 และ 1:1:1:1 สำหรับความเท่ากันของความแปรปรวนประชากรของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่มและ 4 กลุ่มตามลำดับ และอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น 0.9 : 1 : 1.1 และ 0.8 : 1 : 1.2 สำหรับความไม่เท่ากันของความแปรปรวนประชากรของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า วิธีของทูกี้สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 142 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 86 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ วิธีของดันน์สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 186 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 42 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .05 และน้อยกว่าเมื่อระดับ .01 วิธีของเชฟเฟย์ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 144 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 84 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ วิธีของดันเนตต์สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 31 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 197 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ วิธีของนิวแมนคูลส์ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 62 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 166 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

Bernhardson (1975) ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี คือวิธี LSD, HSD, Scheffe's, S-N-K และ Duncan ด้วยขนาดของกลุ่มตัวอย่างหนึ่งขนาดคือ 15 โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลหลังจากทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F test ที่กำหนด $\mu = 50, \sigma = 15$ ภายใต้การแจกแจงของประชากรแบบปกติโดยใช้สัปรูทีนโปรแกรม Gauss ผลการวิจัยพบว่า ถ้าทำการเปรียบเทียบพหุคูณหลังจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F test จะทำให้ผลของอัตราความคลาดเคลื่อนของ Type I error ลดลง เนื่องจากการทำ F test สามารถป้องกันอัตราความคลาดเคลื่อนต่อการเปรียบเทียบ

Boardman and Moffitt (1971) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์พหุคูณ 5 วิธี คือวิธี LSD, HSD, Scheffe's, Duncan และ S-N-K ด้วยกลุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงแบบปกติขนาด 5, 10 และ 15 ในระดับการทดลองตั้งแต่ 2 ถึง 11 และทำการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อน 2 แบบ คือ อัตราความคลาดเคลื่อนต่อการเปรียบเทียบ และอัตราความคลาดเคลื่อนต่อ

การทดลอง ผลการวิจัยพบว่า อัตราความคลาดเคลื่อนของวิธี LSD และวิธีของ Duncan จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย ส่วนวิธีของ Scheffe's เป็นวิธีเปรียบเทียบพหุคูณที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนที่คงที่มากที่สุด

Carmer and Swanson (1973; อ้างถึงใน สุญาณี จิตตะยโสธร, 2524: 19) ทำการศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณแบบต่าง ๆ ด้วยแผนการทดลองแบบ B-k โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 10 คู่ ซึ่งมี $\mu = 100, \sigma^2 = 100$ ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5, 10 และ 20 ตามลำดับ ทำการจำลองซ้ำ 4,000 ครั้ง และตั้งระดับนัยสำคัญเฉพาะที่ $\alpha = .05$ ผลการวิจัยพบว่า อัตราความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณของ Scheffe's มีค่าน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ วิธีของ Tukey's และวิธีของ S-N-K ให้อัตราความคลาดเคลื่อนสูงกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ และวิธีของ Tukey's จะให้อัตราความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีของ S-N-K และจะยังใช้ได้ผลดีแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

Gerard E. Dallal (2001) กล่าวว่า วิธี Tukey's HSD test จะเป็นที่ยอมรับมากกว่าวิธี Bonferroni test เนื่องจากวิธี Tukey's HSD test เป็นวิธีที่ถูกสร้างเพื่อปรับแก้ข้อด้อยของ Bonferroni test และวิธี Tukey's HSD test จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์เมื่อมีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมีมากจริง ๆ นอกจากนี้ในเอกสารได้ระบุว่าวิธีการทดสอบของ Tukey's HSD test ถูกนิยมนำไปใช้มากกว่า LSD เพราะมีความชัดเจนในการเปรียบเทียบมากกว่า LSD

Hamdy M.I. and EI-Bassiouni M.Y. (1993; อ้างใน วิชชุดา ศรีโสภา, 2539: 2) ทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยทีละคู่ของสิ่งทดลอง ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้วิธีของ Tukey' s HSD พบว่า เมื่อจำนวนสิ่งทดลองมีมากคือตั้งแต่ 6 ขึ้นไป ค่า $q(t,\gamma)$ (เมื่อ t คือ จำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด และ γ คือ error degree of freedom) จะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งส่งผลให้ค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักมีค่าสูงมาก ผลที่ได้คือวิธีการนี้จะให้อำนาจการทดสอบต่ำ Hamdy M.I. และ EI-Bassiouni M.Y. จึงได้ทำการปรับปรุงค่า $q(t,\gamma)$ ให้น้อยลง ซึ่งวิธีการนี้จะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีการเดิมโดยวิธีการใหม่นี้จะเขียนแทนด้วย Tukey's (H)

SAVILLE D.J. (1990) ทำการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของวิธี LSD Unrestricted, LSD, DMRT, Tukey's HSD และ Waller and Duncan ผลการวิจัยพบว่า วิธี LSD Unrestricted สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด และให้อำนาจการทดสอบสูงสุด

จากเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ได้กล่าวไปข้างต้น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อสรุปจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิธี	ข้อสรุปจากเอกสารและงานวิจัย
Tukey's HSD	1.ถ้าการทดสอบมีจำนวนกลุ่มมาก Tukey's HSD test จะมี power สูงกว่า Bonferroni test ในทางกลับกันจะได้ว่าถ้าจำนวนกลุ่มในการทดสอบน้อย Bonferroni test จะมี power สูงกว่า Tukey's HSD test (SPSS 11.0 Production Facility) 2.เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันจะมีอำนาจการทดสอบมากกว่า Hochberg's GT2 (SAS Instute Inc) 3.ต้องมีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมากจริง ๆ จึงจะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (Gerard E. Dallal) 4.นิยมนำไปใช้มากกว่า LSD (Gerard E. Dallal) 5. สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด และใช้ได้ดีเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน (สุชาดา บวรกิติวงศ์) 6.สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 142 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 86 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ (สุญาณี จิตตะยโศธร) 7.จะให้อัตราความคลาดเคลื่อนสูงกว่าที่ระดับ $\alpha = .05$ และน้อยกว่าวิธี S-N-K และจะยังใช้ได้ผลดีแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (Carmer and Swanson) 8. เมื่อจำนวนสิ่งทดลองมีมากขึ้น (ตั้งแต่ 6 ขึ้นไป) จะยากต่อการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์จึงทำให้มีอำนาจการทดสอบต่ำ (Hamdy M.I. and El-Bassiouni) 9. โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบ Type I error เรียงจากน้อยไปหามากคือ วิธีของ Scheffe's วิธีของ Tukey's วิธีของ Newman-Keuls และวิธีของ Duncan ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน วิธีของ Scheffe's มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญของความแตกต่างน้อยกว่าวิธีอื่น และวิธีของ Duncan มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญมากกว่าวิธีอื่น (บุญชม ศรีสะอาด)
Waller -Duncan	ใช้คล้ายคลึงกับ Bayesian approach เป็น Range test จะใช้เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างมีค่า Mean ไม่คงที่ (SPSS 11.0 Production Facility)
Tukey's b	เป็นวิธีการทดสอบแบบ Range test ที่ใช้การเรียงลำดับค่าเฉลี่ยของกลุ่มแล้วคำนวณหาค่าลำดับ และจะไม่ใช้ค่าความถี่เข้ามาคำนวณในการทดสอบ (SPSS 11.0 Production Facility)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

วิธี	ข้อสรุปจากเอกสารและงานวิจัย
Hochberg's GT2	1.เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันจะมีอำนาจการทดสอบต่ำกว่าวิธี Tukey's HSD (SAS Instute Inc) 2. เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันจะได้ผลเหมือนกับวิธี Gabriel's test (SAS Instute Inc) 3.เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันจะมีอำนาจการทดสอบน้อยกว่าวิธี Gabriel's test (SAS Instute Inc) 4. น่าจะได้ผลดีกว่าวิธี LSD, Bonferroni, Scheffe's และ Tukey's (SAS Instute Inc) 5.ส่วน Hochberg's GT2 จะเหมือนกับ Tukey's HSD test ต่างกันตรงที่ Hochberg's GT2 จะใช้ค่า "Studentized maximum modulus" จึงทำให้มี power ต่ำกว่า Tukey's HSD test และเช่นเดียวกับ Gabriel's pairwise comparisons test ที่จะต้องใช้ค่า "Studentized maximum modulus" เช่นเดียวกับ Hochberg's GT2 แต่โดยทั่วไปแล้วพบว่าถ้าขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากันวิธีของ Gabriel's pairwise comparisons test จะมี power สูงกว่า Hochberg's GT2 (SPSS 11.0 Production Facility)
Gabriel's test	1.เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากันจะได้ผลเหมือนกับวิธี Hochberg's GT2 (SAS Instute Inc) 2.เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันจะมีอำนาจการทดสอบมากกว่าวิธี Hochberg's GT2 (SAS Instute Inc) 3.จะต้องใช้ค่า "Studentized maximum modulus" เช่นเดียวกับวิธี Hochberg's GT2 แต่โดยทั่วไปแล้วพบว่าถ้าขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากันวิธีของ Gabriel's pairwise comparisons test จะมี power สูงกว่าวิธี Hochberg's GT2 (SPSS 11.0 Production Facility)
Dunnett	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 31 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 197 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ (สุญาณี จิตตะยะโศธร)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

วิธี	ข้อสรุปจากเอกสารและงานวิจัย
LSD	1.ถูกนำไปใช้น้อยกว่าวิธี Tukey's HSD (Gerard E. Dallal) 2.ถูกนำไปใช้ในการทดสอบมากที่สุด เพราะสามารถค้นพบความแตกต่างได้ง่ายกว่าวิธีอื่นๆ (สุชาดา บวรกิติวงศ์) 3.ไม่ได้ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนทั้งหมดจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงเมื่อจำนวนทดสอบมีหลายคู่ (สุชาดา บวรกิติวงศ์) 4.อัตราความคลาดเคลื่อนจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย (Boardman and Moffitt) 5.จะมีข้อเสียที่ไม่มีความพยายามที่จะพบความแตกต่างในการทดสอบ multiple comparisons(SPSS 11.0 Production Facility)
Bonferroni	1.เป็นวิธีที่เป็นที่ยอมรับน้อยกว่าวิธี Tukey's HSD เนื่องจากวิธี Tukey's HSD เป็นวิธีที่ถูกสร้างเพื่อปรับแก้ข้อด้อยของวิธี Bonferroni (Gerard E. Dallal) 2.ไม่เป็นที่นิยมใช้ เนื่องจากจะยากต่อการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ นอกจากคู่ทดสอบมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมากจริง ๆ และน่าจะให้ผลดีน้อยกว่าวิธี Hochberg's GT2 (สุชาดา บวรกิติวงศ์) 3.ถ้าการทดสอบมีจำนวนกลุ่มมาก Tukey's HSD test จะมี power สูงกว่าวิธี Bonferroni test ในทางกลับกันจะได้ว่าถ้าจำนวนกลุ่มในการทดสอบน้อย Bonferroni test จะมี power สูงกว่าวิธี Tukey's HSD test (SPSS 11.0 Production Facility)
Duncan	1.สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 186 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 42 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .05 และน้อยกว่าเมื่อระดับ .01 (สุญาณี จิตตะยโศธร) 2.โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบ Type I error เรียงจากน้อยไปหามากคือ วิธีของ Scheffe's วิธีของ Tukey's วิธีของ Newman-Keuls และวิธีของ Duncan ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน วิธีของ Scheffe's มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญของความแตกต่างน้อยกว่าวิธีอื่น และวิธีของ Duncan มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญมากกว่าวิธีอื่น (บุญชม ศรีสะอาด) 3. อัตราความคลาดเคลื่อนจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย (Boardman and Moffitt)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

วิธี	ข้อสรุปจากเอกสารและงานวิจัย
	4.วิธีทดสอบ R-E-G-WF และ R-E-G-WQ จะมีpower สูงกว่าวิธี Duncan's multiple range test และStudent-Newman-Keuls (SPSS 11.0 Production Facility)
Scheffe's	1.จะมีการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด มีคนนิยมใช้ในระดับปานกลาง และน่าจะให้ผลดีน้อยกว่าวิธี Hochberg's GT2 (สุชาดา บวรกิติวงศ์) 2.โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบ Type I error เรียงจากน้อยไปหามากคือ วิธีของ Scheffe's วิธีของ Tukey's วิธีของ Newman-Keuls และวิธีของ Duncan ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน วิธีของ Scheffe's มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญของความแตกต่างน้อยกว่าวิธีอื่น และวิธีของ Duncan มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญมากกว่าวิธีอื่น (บุญชม ศรีสะอาด) 3. สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 144 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 84 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ (สุญาณี จิตตะยโศธร) 4.อัตราความคลาดเคลื่อนจะมีค่าน้อยกว่าวิธี Tukey's และ S-N-K ที่ $\alpha = .05$ (Carmer and Swanson) 5.เป็นวิธีที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนคงที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับวิธี LSD, HSD, Duncan และ S-N-K (Boardman and Moffitt) 6.จะต้องให้ค่าเฉลี่ยระหว่างคู่เปรียบเทียบต่างกันมากผลการทดสอบจึงจะค้นพบค่า Significant (SPSS 11.0 Production Facility)
S-N-K	1.สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 62 กรณีในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 166 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความคลาดเคลื่อนมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ (สุญาณี จิตตะยโศธร) 2.โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบ Type I error เรียงจากน้อยไปหามากคือ วิธีของ Scheffe's วิธีของ Tukey's วิธีของ Newman-Keuls และวิธีของ Duncan ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน วิธีของ Scheffe's มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญของความแตกต่างน้อยกว่าวิธีอื่น และวิธีของ Duncan มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญมากกว่าวิธีอื่น (บุญชม ศรีสะอาด)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

วิธี	ข้อสรุปจากเอกสารและงานวิจัย
	3.จะให้อัตราความคลาดเคลื่อนสูงกว่าที่ระดับ $\alpha = .05$ และมากกว่าวิธี Tukey's และจะยังใช้ได้ผลดีแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (Carmer and Swanson) 4.วิธีทดสอบ R-E-G-WF และR-E-G-WQ จะมี power สูงกว่า Duncan's multiple range test และStudent-Newman-Keuls (SPSS 11.0 Production Facility)
Sidak	ถ้าเป็นการทดสอบแบบ Multiple Comparison Test วิธีการของ Sidak's test จะมีความเหมาะสมในการใช้มากกว่า Bonferroni test (SPSS 11.0 Production Facility)
R-E-G-WF	จะมี power สูงกว่า Duncan's multiple range test และ Student-Newman-Keuls แต่ไม่แนะนำให้ใช้ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน (SPSS 11.0 Production Facility)
R-E-G-WQ	จะมี power สูงกว่า Duncan's multiple range test และ Student-Newman-Keuls แต่ไม่แนะนำให้ใช้ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดต่างกัน (SPSS 11.0 Production Facility)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากเอกสารและงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น จะพบว่าในการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่มีข้อจำกัดและวิธีในการทำหลายวิธีขึ้นอยู่กับความต้องการใช้ของผู้วิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่พบนัยสำคัญ และมีระดับทรีทเมนต์มากกว่าสองระดับขึ้นไปนั้น จะต้องทำการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่เพื่อหาข้อสรุปจากการทำการทดลองดังกล่าว และในโปรแกรม SPSS for Windows ที่นักวิจัยนิยมใช้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในปัจจุบันจะมีวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนเท่ากันจำนวน 14 วิธี ได้แก่วิธี 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 แต่จากการศึกษาผลงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า นักวิจัยจะเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ไปใช้ทำการทดสอบเป็นบางวิธีเท่านั้น ไม่ได้นำทุกวิธีที่มีอยู่มาทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเหล่านั้น นอกจากนี้แล้วในการวิจัยที่ผ่านมาจะกำหนดสถานการณ์ในการทดสอบไม่ครอบคลุมความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นจริงในสภาพการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงต้องการทำการทดสอบเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนเท่ากันจำนวน 14 วิธีที่มีอยู่ในโปรแกรม SPSS for Windows Version 11.0 โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 และแต่ละกรณีจะทำซ้ำ 10,000 รอบ ด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0 เพื่อผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยทางสังคมศาสตร์นำไปใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการเลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) จำลองข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation Technique) เพื่อทำการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates) และอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่จำนวน 14 วิธี ได้แก่วิธี 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 ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน (equal variances assumed) และมีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) โดยแต่ละกรณีจะทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0 กับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบใน 2 กรณีดังนี้

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

กรณีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน จะกำหนดให้จำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้นครั้งละ 2 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เพิ่มขึ้นครั้งละ 4 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

แผนการดำเนินงาน

การวิจัยในครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ สำหรับการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยสร้างประชากรที่มีการแจกแจงปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนเท่ากับหนึ่งในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่กำหนดให้มีระดับทรีทเมนต์ 6 ระดับ คือ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่มตามลำดับ สำหรับขนาดของกลุ่มตัวอย่างจะแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้การทดลองมีสองกรณี คือ กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน และกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ซึ่งตามปกติในงานวิจัยที่ใช้การ Simulation จะแบ่งข้อมูลเป็นขนาดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดให้มีกลุ่มตัวอย่าง 3 ขนาด โดยกำหนดให้ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันจะมีตัวอย่างขนาดเล็กเท่ากับ 10 ตัวอย่างขนาดกลางเท่ากับ 30 และตัวอย่างขนาดใหญ่เท่ากับ 60 และในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 10 ครั้งละ 2 ใน

กลุ่มตัวอย่างขนาดกลางจะมีขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 30 ครั้งละ 4 และในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จะมีขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 60 ครั้งละ 10 โดยใช้ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจำนวนกลุ่มและขนาดตัวอย่างในการทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้สามารถอธิบายตามประเภทของการทดลองได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แบบการทดลองกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 แบบการทดลองกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสรุปอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในแบบการทดลองต่าง ๆ ทำโดยการทำการทดสอบซ้ำ 10,000 ครั้งด้วยชุดตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้น แล้วนับจำนวนครั้งที่ผลการทดสอบปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ ซึ่งพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ของ Bradley ผลการทดสอบที่แสดงว่าสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้จะต้องอยู่ในช่วง 0.025 ถึง 0.075 ดังนี้

$$0.025 < \frac{H}{n} < 0.075 \quad ; \quad \alpha = .05$$

เมื่อ H คือ จำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานศูนย์

n คือ จำนวนครั้งที่ทดสอบ

เมื่อพบว่าแบบการทดลองใดสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดก็จะทำการคำนวณหาอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบดังกล่าวโดยการเพิ่มขนาดอิทธิพลเข้าไปในระดับทรีทเมนต์ของแผนการทดลอง เพื่อทำให้อิทธิพลในระดับทรีทเมนต์แตกต่างกัน และเพื่อดูความไว (Sensitiveness) ของตัวสถิติที่นำมาทดสอบในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้เพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ใน 2 แบบ คือ แบบ A และแบบ B ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ขนาดการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์

แบบ	จำนวนกลุ่ม	กลุ่ม : ขนาดอิทธิพลที่บวกเพิ่ม							
		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
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

การสรุปผลจะดูค่าอำนาจการทดสอบด้วยเมื่อทดสอบซ้ำ 10,000 ครั้งด้วยชุดตัวเลขสุ่ม แล้วนับจำนวนครั้งที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์ เพื่อนำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบดังนี้

$$Power\ of\ the\ test = 1 - \frac{x}{n} \quad ; \quad \alpha = .05$$

เมื่อ x คือ จำนวนครั้งที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์

n คือ จำนวนครั้งที่ทดสอบ

สมมติฐานในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทุกระดับทรีทเมนต์เป็นดังนี้

$H_0 : \mu_i = \mu_j$

H_1 : มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่ไม่เท่ากัน

โดยที่ $i \neq j$

ในการทำการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้ทำการสร้างโปรแกรมย่อยสำหรับคำนวณอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ทั้ง 14 วิธีจำนวน 108 โปรแกรมย่อย ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 โปรแกรมย่อยในการทดลอง

ชื่อโปรแกรมย่อย	การใช้งาน
test3kas	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test3kam	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test3kal	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test4kas	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test4kam	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test4kal	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test5kas	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test5kam	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test5kal	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test6kas	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test6kam	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test6kal	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test7kas	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

test7kam	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test7kal	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test8kas	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test8kam	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test8kal	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test3kbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test3kbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test3kbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test4kbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test4kbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test4kbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test5kbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test5kbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test5kbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

test6kbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test6kbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test6kbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test7kbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test7kbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test7kbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test8kbs	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test8kbm	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test8kbl	ใช้วิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม และกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test3kasA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test3kamA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test3kalA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test4kasA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test4kamA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

test5kasA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test5kamA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test5kalA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test6kasA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test6kamA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test6kalA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test7kasA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test7kamA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test7kalA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test8kasA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test8kamA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test8kalA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test3kbsA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test3kbmA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

test3kblA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test4kbsA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test4kbmA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test4kblA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test5kbsA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test5kbmA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test5kblA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test6kbsA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test6kbmA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test7kbsA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test7kbmA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test7kblA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test8kbsA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test8kbmA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

test8kblA	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test3kasB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test3kamB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test3kalB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test4kasB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test4kamB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test4kalB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test5kasB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test5kamB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test6kasB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test6kamB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test6kalB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test7kasB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test7kamB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

test7kalB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test8kasB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test8kamB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test8kalB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test3kbsB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test3kbmB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test3kblB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test4kbsB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test4kbmB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test4kblB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test5kbsB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่มและเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test5kbmB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test5kblB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test6kbsB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

test6kbmB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test6kblB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test7kbsB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test7kbmB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test7kblB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่
test8kbsB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดเล็ก
test8kbmB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดกลาง
test8kblB	ใช้วิเคราะห์อำนาจการทดสอบ เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม และเป็นกลุ่มขนาดใหญ่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนในการวิจัย

1.สร้างข้อมูลให้เป็นไปตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ตามแบบการทดลองในระดับทรีทเมนต์ที่กำหนด ดังสมการ

$$X_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

โดยสร้างข้อมูลจากตัวเลขสุ่ม (Random number) ที่มีการแจกแจงปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนเท่ากับหนึ่ง

2. คำนวณเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ 14 วิธี

3. ทำการทดสอบความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในแต่ละกรณีของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง

4. พิจารณาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley ที่ว่าถ้าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 0.025 ถึง 0.075 แสดงว่าวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ดังกล่าวสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

5. หาอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ตามแบบที่กำหนด แล้วทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง เพื่อหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 แล้วนำผลที่ได้ไปคำนวณหาอำนาจการทดสอบของแบบการทดลองนั้น ๆ

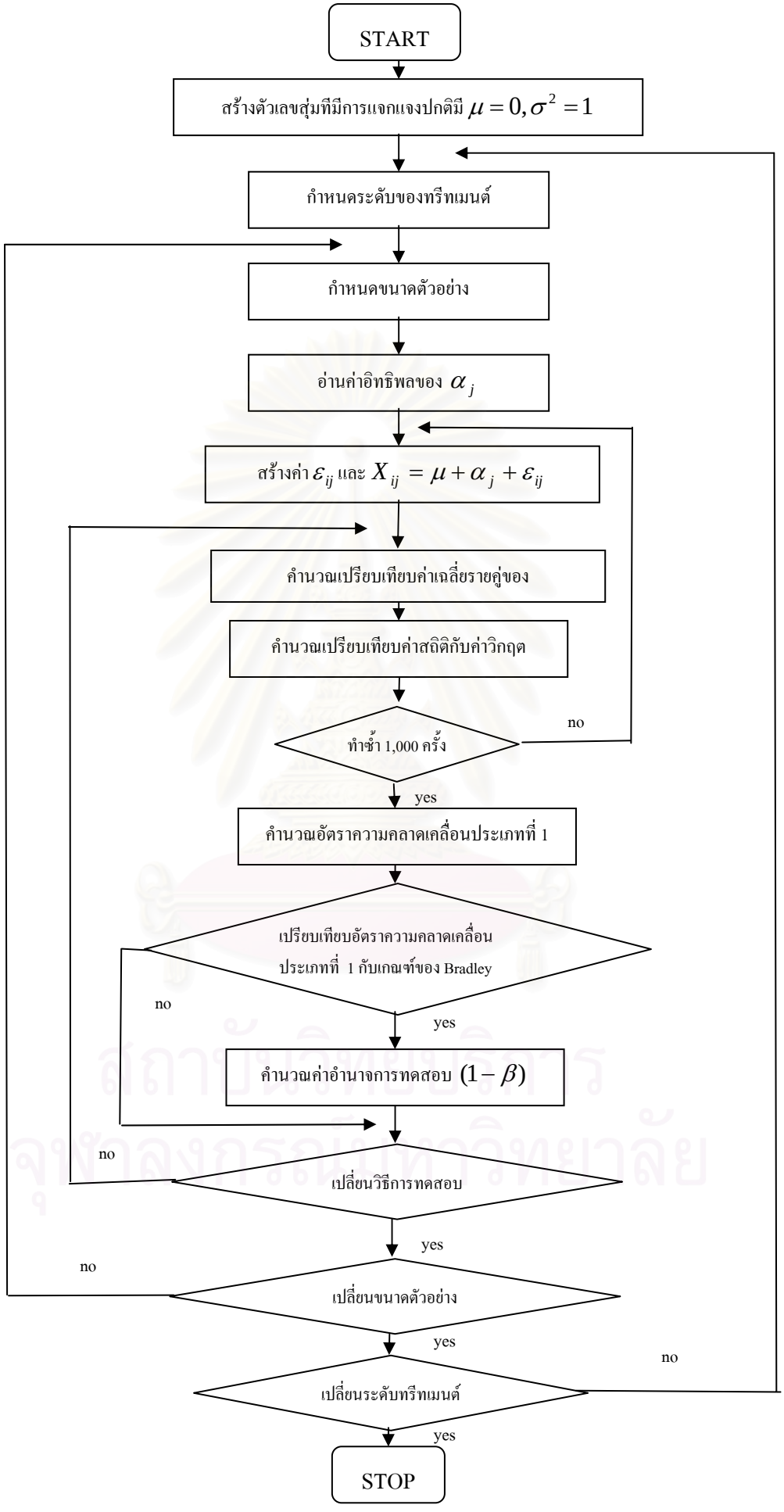
6. เปลี่ยนขนาดตัวอย่างในระดับทรีทเมนต์นั้น ๆ จนครบทุกขนาดตามที่กำหนด

7. เปลี่ยนระดับทรีทเมนต์จนครบทุกระดับตามที่กำหนด

8. สรุปผลการทดลอง

จากขั้นตอนที่ได้กล่าวไปข้างต้น สามารถเขียนเป็นผังงานได้ดังรูปที่ 3.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แผนผังโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่1 และอำนาจการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ 14 วิธี คือวิธี 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 ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกันและมีการแจกแจงปกติ ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบใน 2 กรณี ดังนี้

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

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation Technique) ด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0 กับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการทดลองมีดังนี้

τ	แทนอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
α	แทนระดับนัยสำคัญ
k	แทนจำนวนระดับทรีทเมนต์ (หรือจำนวนกลุ่มตัวอย่าง)
n	แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
Bonferroni	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Bonferroni test หรือ Dunn's multiple comparison procedure
Sidak	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Sidak test หรือ Dunn-Sidak Multiple comparison test

Dunnett	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Dunnett's Multiple Comparison test
LSD	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Least significant difference pairwise Multiple Comparison test
Tukey's	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Tukey's HSD
Waller-Duncan	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Waller-Duncan
S-N-K	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Student Newman Keuls
Tukey's b	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Tukey's b หรือ Tukey's WSD
Duncan	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Duncan's New Multiple Range test
Hochberg's	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Hochberg's GT2
Gabriel	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Gabriel test
Scheffe's	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Scheffe's test
R-E-G-WF	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Ryan, Einot, Gabriel and Welsch F test หรือ Multiple F Step-Down test
R-E-G-WQ	แทนวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ Ryan, Einot, Gabriel and Welsch Q test หรือ Multiple Q Step-Down test

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่

การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ของ Bradley (1968: อ้างถึงใน Rheinheimer, D.C. และ Penpield, D.A. 2001: 373-379) ที่ว่า ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดจากการทดลองอยู่ในช่วง 0.025 ถึง 0.075 จะถือว่าการทดสอบนั้นสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่ากับค่าความคลาดเคลื่อนที่ระบุ ($\tau = \alpha$)

ถ้าผลจากการทดลองพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบอยู่นอกขอบเขตที่ระบุจะถือว่าการทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ซึ่งแยกเป็น 2 แบบคือ

ก. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่ามากกว่าขอบเขตบนของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจะถือว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ระบุ ($\tau > \alpha$)

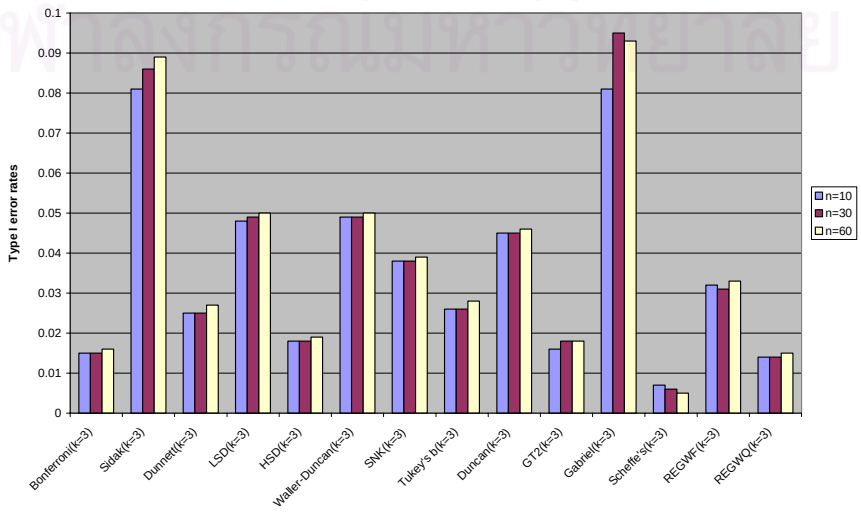
ข. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าน้อยกว่าขอบเขตล่างของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจะถือว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ระบุ($\tau < \alpha$)

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็น 2 กรณี คือ กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน และกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ดังต่อไปนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

1.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่มได้ผลดังรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม



ตารางที่ 4.1 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=3; n =10)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=3; n=30)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=3; n=60)
Bonferroni	0.015[a]	0.015[a]	0.016[a]
Sidak	0.081[b]	0.086[b]	0.089[b]
Dunnett	0.025	0.025	0.027
LSD	0.048	0.049	0.050
Tukey's	0.018[a]	0.018[a]	0.019[a]
Waller-Duncan	0.049	0.049	0.050
S-N-K	0.038	0.038	0.039
Tukey's b	0.026	0.026	0.028
Duncan	0.045	0.045	0.046
Hochberg's	0.016[a]	0.018[a]	0.018[a]
Gabriel	0.080[b]	0.095[b]	0.093[b]
Scheffe's	0.007[a]	0.006[a]	0.005[a]
R-E-G-WF	0.032	0.031	0.033
R-E-G-WQ	0.014[a]	0.014[a]	0.015[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากรูปที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก (n=10) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 7 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett, LSD, Waller-Duncan, S-N-K, Tukey's b, Duncan และ R-E-G-WF วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Tukey's, Hochberg's, Scheffe's และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 2 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak และ Gabriel

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง (n=30) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 7 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett, LSD, Waller-Duncan, S-N-K, Tukey's b, Duncan และ R-E-G-WF วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Tukey's, Hochberg's, Scheffe's และ R-E-G-WQ

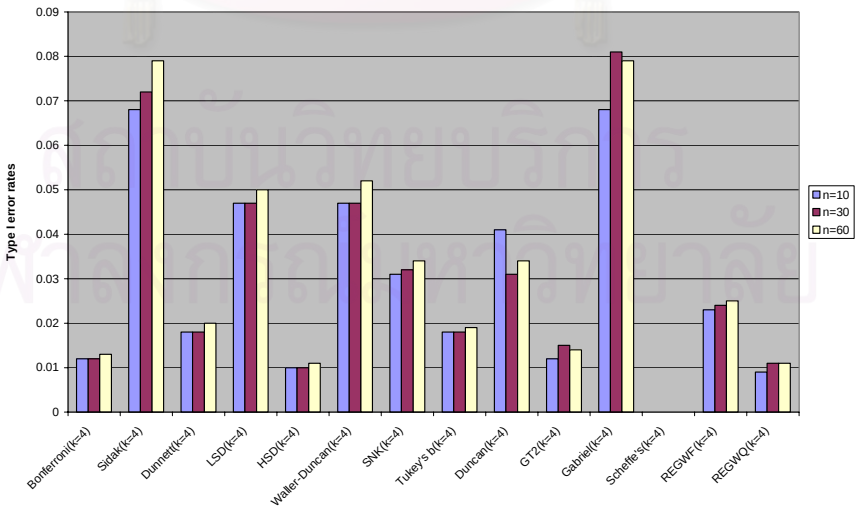
วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 2 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak และ Gabriel

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ (n=60) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 7 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett, LSD, Waller-Duncan, S-N-K, Tukey's b, Duncan และ R-E-G-WF วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Tukey's, Hochberg's, Scheffe's และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 2 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak และ Gabriel

สรุปว่า เมื่อมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม (k=3) ไม่ว่ากลุ่มตัวอย่างจะเป็นกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 7 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett, LSD, Waller-Duncan, S-N-K, Tukey's b, Duncan และ R-E-G-WF วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Tukey's, Hochberg's, Scheffe's และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 2 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak และ Gabriel

1.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่มได้ผลดังรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม



จากรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.2 พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก (n=10) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด มี 6 วิธี ได้แก่วิธี Sidak,

LSD, Waller-Duncan, S-N-K, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 8 วิธี คือ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ และไม่วิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 4.2 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=4; n =10)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=4; n=30)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=4; n=60)
Bonferroni	0.012[a]	0.012[a]	0.013[a]
Sidak	0.068	0.072	0.080[b]
Dunnett	0.018[a]	0.018[a]	0.020[a]
LSD	0.047	0.047	0.050
Tukey's	0.010[a]	0.010[a]	0.011[a]
Waller-Duncan	0.047	0.047	0.052
S-N-K	0.031	0.032	0.034
Tukey's b	0.018[a]	0.018[a]	0.020[a]
Duncan	0.041	0.031	0.034
Hochberg's	0.012[a]	0.015[a]	0.014[a]
Gabriel	0.068	0.081[b]	0.079[b]
Scheffe's	0.001[a]	0.001[a]	0.001[a]
R-E-G-WF	0.023[a]	0.024[a]	0.025
R-E-G-WQ	0.009[a]	0.011[a]	0.011[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง (n=30) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Waller-Duncan, S-N-K และ Duncan วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 8 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett , Tukey's, Tukey's b , Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ

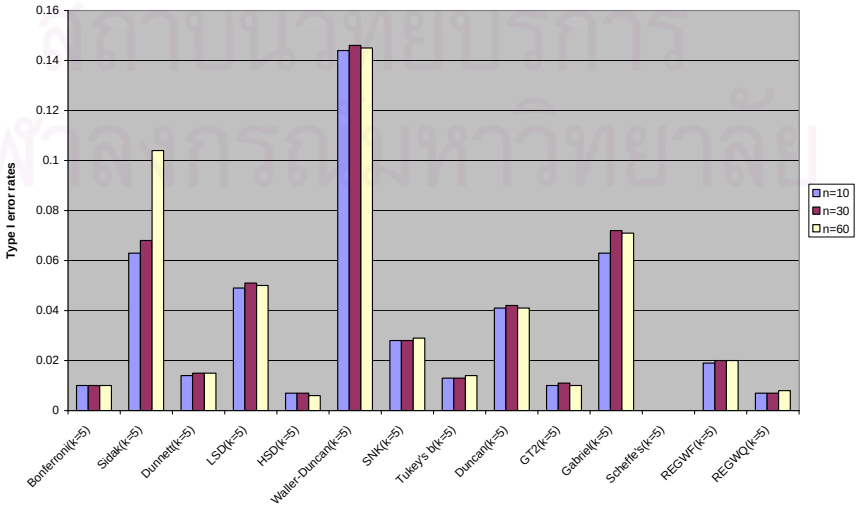
วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Gabriel

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ (n=60) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan, S-N-K, Duncan และ R-E-G-WF วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 7 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่ให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 2 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak และ Gabriel

สรุปว่า เมื่อมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม (k=4) วิธีการทดสอบที่ควบคุมอัตราคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งในกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่จะมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan, S-N-K และ Duncan ในขณะที่วิธีการทดสอบของ Bonferroni, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's และ R-E-G-WQ จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในกลุ่มตัวอย่างทุกขนาด ส่วนวิธีการทดสอบของ Gabriel จะให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในกลุ่มขนาดกลาง และขนาดใหญ่ แต่เมื่อเป็นกลุ่มขนาดเล็กวิธี Gabriel จะควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

1.1.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่มได้ผลดังรูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม



ตารางที่ 4.3 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=5; n =10)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=5; n=30)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=5; n=60)
Bonferroni	0.010[a]	0.010[a]	0.010[a]
Sidak	0.063	0.063	0.104[b]
Dunnett	0.014[a]	0.014[a]	0.017[a]
LSD	0.049	0.049	0.050
Tukey's	0.007[a]	0.007[a]	0.006[a]
Waller-Duncan	0.144[b]	0.144[b]	0.145[b]
S-N-K	0.028	0.028	0.029
Tukey's b	0.013[a]	0.013[a]	0.014[a]
Duncan	0.041	0.041	0.041
Hochberg's	0.010[a]	0.010[a]	0.010[a]
Gabriel	0.063	0.063	0.071
Scheffe's	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	0.019[a]	0.019[a]	0.020[a]
R-E-G-WQ	0.007[a]	0.007[a]	0.008[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากรูปที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.3 พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก (n=10) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, S-N-K, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 8 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett , Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง (n=30) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, S-N-K, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 8 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett , Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ

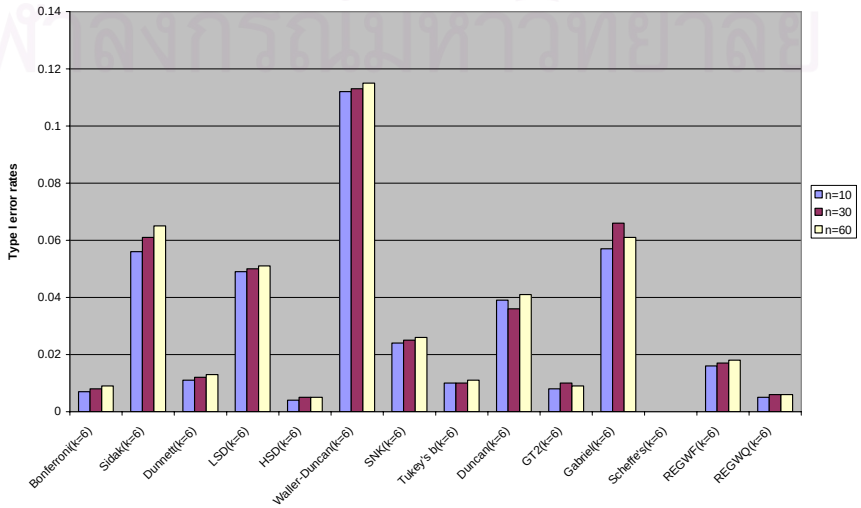
วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ (n=60) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, S-N-K, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 8 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 2 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak และ Waller-Duncan

สรุปว่า เมื่อมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม (k=5) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งในกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่จะมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, S-N-K, Duncan และ Gabriel ส่วนวิธี Sidak จะควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะในกลุ่มขนาดเล็ก และขนาดกลาง แต่ในกลุ่มขนาดใหญ่จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อพิจารณาวิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด พบว่ามี 8 วิธี เหมือนกันทั้งกลุ่มขนาดเล็ก กลุ่มขนาดกลาง และกลุ่มขนาดใหญ่ ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ นอกจากนี้ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเหมือนกันทั้งในกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ได้แก่ วิธี Waller-Duncan แต่ในกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จะมีวิธี Sidak เพิ่มมาอีก 1 วิธีด้วย

1.1.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่มได้ผลดังรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.4

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม



ตารางที่ 4.4 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=6; n =10)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=6; n=30)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=6; n=60)
Bonferroni	0.007[a]	0.008[a]	0.009[a]
Sidak	0.056	0.061	0.065
Dunnett	0.011[a]	0.012[a]	0.013[a]
LSD	0.049	0.050	0.051
Tukey's	0.004[a]	0.005[a]	0.005[a]
Waller-Duncan	0.112[b]	0.113[b]	0.115[b]
S-N-K	0.024[a]	0.025	0.026
Tukey's b	0.010[a]	0.010[a]	0.011[a]
Duncan	0.039	0.036	0.041
Hochberg's	0.008[a]	0.010[a]	0.009[a]
Gabriel	0.057	0.066	0.061
Scheffe's	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	0.016[a]	0.017[a]	0.018[a]
R-E-G-WQ	0.005[a]	0.006[a]	0.006[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.4 พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก (n=10) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง (n=30) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, S-N-K, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 8 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ

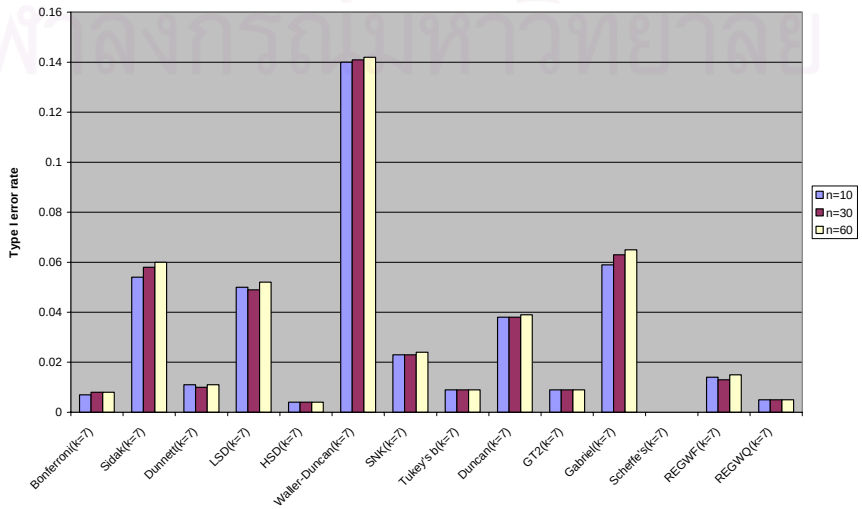
วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ (n=60) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, S-N-K, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 8 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

สรุปว่า เมื่อมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม (k=6) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งในกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่จะมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel ส่วนวิธี S-N-K จะควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะในกลุ่มขนาดกลาง และขนาดใหญ่ แต่ในกลุ่มขนาดเล็กจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อพิจารณาวิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด พบว่า มี 8 วิธี เหมือนกันทั้งกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ แต่ในกลุ่มขนาดเล็กจะมีวิธี S-N-K เพิ่มมาอีก 1 วิธีด้วย นอกจากนี้ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงว่าเกณฑ์ที่กำหนดเหมือนกันทั้งกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่จะมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

1.1.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม ได้ผลดังรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.5

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม



ตารางที่ 4.5 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=7; n =10)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=7; n=30)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=7; n=60)
Bonferroni	0.007[a]	0.008[a]	0.008[a]
Sidak	0.054	0.058	0.060
Dunnett	0.011[a]	0.010[a]	0.011[a]
LSD	0.050	0.049	0.052
Tukey's	0.004[a]	0.004[a]	0.004[a]
Waller-Duncan	0.140[b]	0.141[b]	0.142[b]
S-N-K	0.023[a]	0.023[a]	0.024[a]
Tukey's b	0.009[a]	0.009[a]	0.009[a]
Duncan	0.038	0.038	0.039
Hochberg's	0.009[a]	0.009[a]	0.009[a]
Gabriel	0.059	0.063	0.065
Scheffe's	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	0.014[a]	0.013[a]	0.015[a]
R-E-G-WQ	0.005[a]	0.005[a]	0.005[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากรูปที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.5 พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก (n=10) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง (n=30) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni,

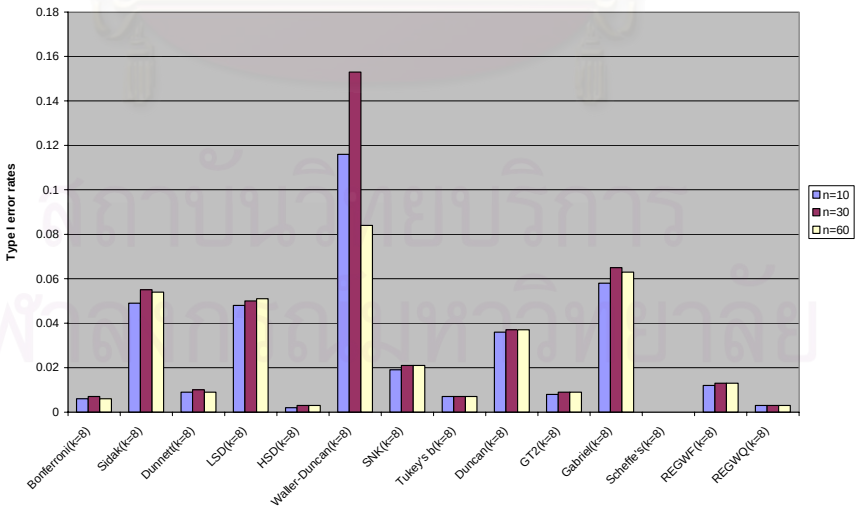
Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ (n=60) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

สรุปว่า เมื่อมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม (k=7) ไม่ว่ากลุ่มตัวอย่างจะเป็นกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

1.1.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่มได้ผลดังรูปที่ 4.6 และตารางที่ 4.6

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม



จากรูปที่ 4.6 และ ตารางที่ 4.6 พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก (n=10) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่

กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

ตารางที่ 4.6 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=8; n =10)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=8; n=30)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=8; n=60)
Bonferroni	0.006[a]	0.007[a]	0.006[a]
Sidak	0.049	0.055	0.054
Dunnett	0.009[a]	0.010[a]	0.009[a]
LSD	0.048	0.050	0.051
Tukey's	0.002[a]	0.003[a]	0.003[a]
Waller-Duncan	0.116[b]	0.153[b]	0.084[b]
S-N-K	0.019[a]	0.021[a]	0.021[a]
Tukey's b	0.007[a]	0.007[a]	0.007[a]
Duncan	0.036	0.037	0.037
Hochberg's	0.008[a]	0.009[a]	0.009[a]
Gabriel	0.058	0.065	0.063
Scheffe's	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	0.012[a]	0.013[a]	0.013[a]
R-E-G-WQ	0.003[a]	0.003[a]	0.003[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลาง (n=30) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ (n=60) วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

สรุปว่า เมื่อมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม (k=8) ไม่ว่ากลุ่มตัวอย่างจะเป็นกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, LSD, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

จากการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันสามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ดังตารางที่ 4.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

วิธีการทดสอบ	ขนาดกลุ่ม	จำนวนกลุ่ม					
		k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8
Bonferroni	เล็ก	0.015[a]	0.012[a]	0.010[a]	0.007[a]	0.007[a]	0.006[a]
	กลาง	0.015[a]	0.012[a]	0.010[a]	0.008[a]	0.008[a]	0.007[a]
	ใหญ่	0.016[a]	0.013[a]	0.010[a]	0.009[a]	0.008[a]	0.006[a]
Sidak	เล็ก	0.081[b]	0.068	0.063	0.056	0.054	0.049
	กลาง	0.086[b]	0.072	0.063	0.061	0.058	0.055
	ใหญ่	0.089[b]	0.080[b]	0.104[b]	0.065	0.060	0.054
Dunnett	เล็ก	0.025	0.018[a]	0.014[a]	0.011[a]	0.011[a]	0.009[a]
	กลาง	0.025	0.018[a]	0.014[a]	0.012[a]	0.010[a]	0.010[a]
	ใหญ่	0.027	0.020[a]	0.017[a]	0.013[a]	0.011[a]	0.009[a]
LSD	เล็ก	0.048	0.047	0.049	0.049	0.050	0.048
	กลาง	0.049	0.047	0.049	0.050	0.049	0.050
	ใหญ่	0.050	0.050	0.050	0.051	0.052	0.050
Tukey's	เล็ก	0.018[a]	0.010[a]	0.007[a]	0.004[a]	0.004[a]	0.002[a]
	กลาง	0.018[a]	0.010[a]	0.007[a]	0.005[a]	0.004[a]	0.003[a]
	ใหญ่	0.018[a]	0.011[a]	0.006[a]	0.005[a]	0.004[a]	0.003[a]
Waller-Duncan	เล็ก	0.049	0.047	0.144[b]	0.112[b]	0.140[b]	0.116[b]
	กลาง	0.049	0.047	0.144[b]	0.113[b]	0.140[b]	0.153[b]
	ใหญ่	0.050	0.052	0.145[b]	0.115[b]	0.142[b]	0.084[b]
S-N-K	เล็ก	0.038	0.031	0.028	0.024[a]	0.023[a]	0.019[a]
	กลาง	0.038	0.032	0.028	0.025	0.023[a]	0.021[a]
	ใหญ่	0.039	0.034	0.029	0.026	0.024[a]	0.021[a]
Tukey's b	เล็ก	0.026	0.018[a]	0.013[a]	0.010[a]	0.009[a]	0.007[a]
	กลาง	0.026	0.018[a]	0.013[a]	0.010[a]	0.009[a]	0.007[a]
	ใหญ่	0.028	0.020[a]	0.014[a]	0.011[a]	0.009[a]	0.007[a]
Duncan	เล็ก	0.045	0.041	0.041	0.039	0.038	0.036
	กลาง	0.045	0.031	0.041	0.036	0.038	0.037
	ใหญ่	0.046	0.034	0.041	0.041	0.039	0.037
Hochberg's	เล็ก	0.016[a]	0.012[a]	0.010[a]	0.008[a]	0.009[a]	0.008[a]
	กลาง	0.018[a]	0.015[a]	0.010[a]	0.010[a]	0.009[a]	0.009[a]
	ใหญ่	0.018[a]	0.014[a]	0.016[a]	0.009[a]	0.009[a]	0.009[a]
Gabriel	เล็ก	0.080[b]	0.068	0.063	0.057	0.059	0.058
	กลาง	0.095[b]	0.081[b]	0.063	0.066	0.063	0.065
	ใหญ่	0.093[b]	0.079[b]	0.071	0.061	0.065	0.063
Scheffe's	เล็ก	0.007[a]	0.001[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
	กลาง	0.006[a]	0.001[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
	ใหญ่	0.005[a]	0.001[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	เล็ก	0.032	0.023[a]	0.019[a]	0.016[a]	0.0014[a]	0.012[a]
	กลาง	0.031	0.024[a]	0.019[a]	0.017[a]	0.0013[a]	0.013[a]
	ใหญ่	0.033	0.025	0.026	0.018[a]	0.015[a]	0.013[a]
R-E-G-WQ	เล็ก	0.014[a]	0.009[a]	0.007[a]	0.005[a]	0.004[a]	0.003[a]
	กลาง	0.010[a]	0.011[a]	0.007[a]	0.006[a]	0.005[a]	0.003[a]
	ใหญ่	0.015[a]	0.011[a]	0.008[a]	0.006[a]	0.005[a]	0.003[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด, b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากตารางที่ 4 .7 พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 12 วิธีจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้น ได้แก่วิธี 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 ทั้งนี้จะพบว่า วิธี Hochberg's GT2 ที่ k=6-8 จะมีค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับวิธี Gabriel ที่ k=5-8 ก็จะมีค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกันเช่นกัน และถ้าพิจารณาที่วิธีของ Scheffe's จะพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก และมีค่าเป็นศูนย์ตั้งแต่ k=5-8 ส่วนอีก 2 วิธีอันได้แก่วิธี LSD และ Waller-Duncan ซึ่งพบว่า วิธี LSD จะมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง กล่าวคือ วิธีนี้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกันในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง และวิธี Waller-Duncan จะมีค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกันเมื่อ k=3-4 และเมื่อ k=5-8 จะพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมาก

เมื่อพิจารณาวิธีการทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในภาพรวมทั้งหมดของการทดลองจะสามารถสรุปได้ว่า

1. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 มีด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธี LSD และ วิธี Duncan

2.วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 มีด้วยกัน 5 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni , วิธี Tukey's HSD, วิธีHochberg's, วิธี Scheffe's และ วิธี R-E-G-WQ

3. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อย แต่เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมีด้วยกัน4 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett, วิธี S-N-K , วิธี Tukey's bและวิธี R-E-G-WQ

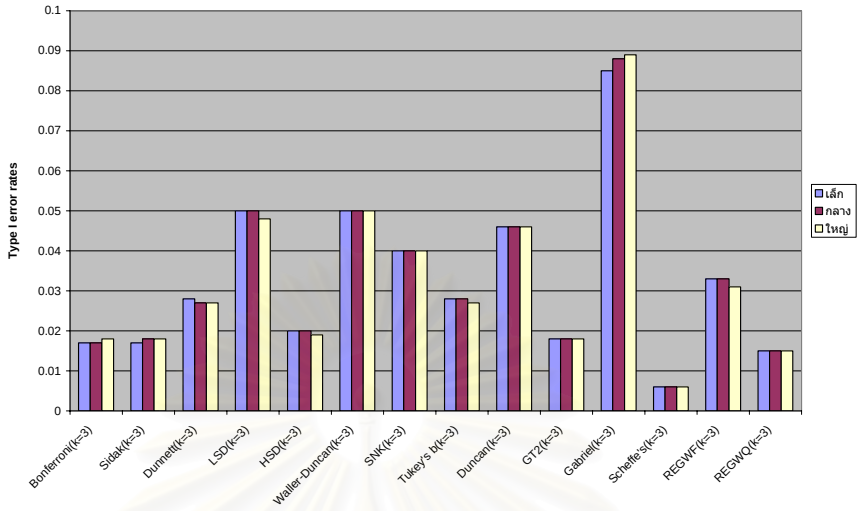
4. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างมาก แต่ถ้าจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมีด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak และวิธี Gabriel

5. วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากขึ้นมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

1.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่มได้ผลดังรูปที่ 4.7 และ ตารางที่ 4.8

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม



ตารางที่ 4.8 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=3; n =10, 12, 14)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=3; n=30, 34, 38)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=3; n=60, 70, 80)
Bonferroni	0.017[a]	0.017[a]	0.018[a]
Sidak	0.017[a]	0.018[a]	0.018[a]
Dunnett	0.028	0.027	0.027
LSD	0.049	0.050	0.048
Tukey's	0.020[a]	0.020[a]	0.019[a]
Waller-Duncan	0.049	0.050	0.050
S-N-K	0.040	0.040	0.040
Tukey's b	0.028	0.028	0.027
Duncan	0.046	0.046	0.046
Hochberg's	0.018[a]	0.018[a]	0.018[a]
Gabriel	0.085[b]	0.088[b]	0.089[b]
Scheffe's	0.006[a]	0.006[a]	0.006[a]
R-E-G-WF	0.033	0.033	0.031
R-E-G-WQ	0.015[a]	0.015[a]	0.015[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากรูปที่ 4.7 และ ตารางที่ 4.8 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีผลการทดลองเหมือนกัน โดยวิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดจะมี 7 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett, LSD, Waller-Duncan, S-N-K, Tukey's b, Duncan และ R-E-G-WF วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะมี 6 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Sidak, Tukey's, Hochberg's, Scheffe's และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Gabriel

1.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.9 และ รูปที่ 4.8

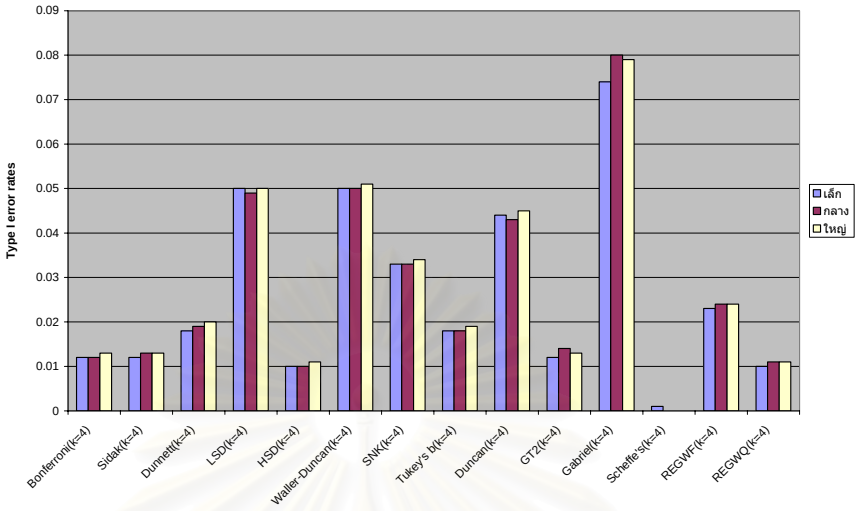
ตารางที่ 4.9 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=4; n =10, 12, 14, 16)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=4; n=30, 34, 38, 42)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=4; n=60, 70, 80, 90)
Bonferroni	0.012[a]	0.012[a]	0.014[a]
Sidak	0.012[a]	0.013[a]	0.014[a]
Dunnett	0.018[a]	0.019[a]	0.020[a]
LSD	0.050	0.049	0.050
Tukey's	0.010[a]	0.010[a]	0.011[a]
Waller-Duncan	0.050	0.050	0.051
S-N-K	0.033	0.033	0.034
Tukey's b	0.018[a]	0.018[a]	0.019[a]
Duncan	0.044	0.043	0.044
Hochberg's	0.012[a]	0.014[a]	0.014[a]
Gabriel	0.074	0.080[b]	0.079[b]
Scheffe's	0.001[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	0.023[a]	0.024[a]	0.024[a]
R-E-G-WQ	0.010[a]	0.011[a]	0.011[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

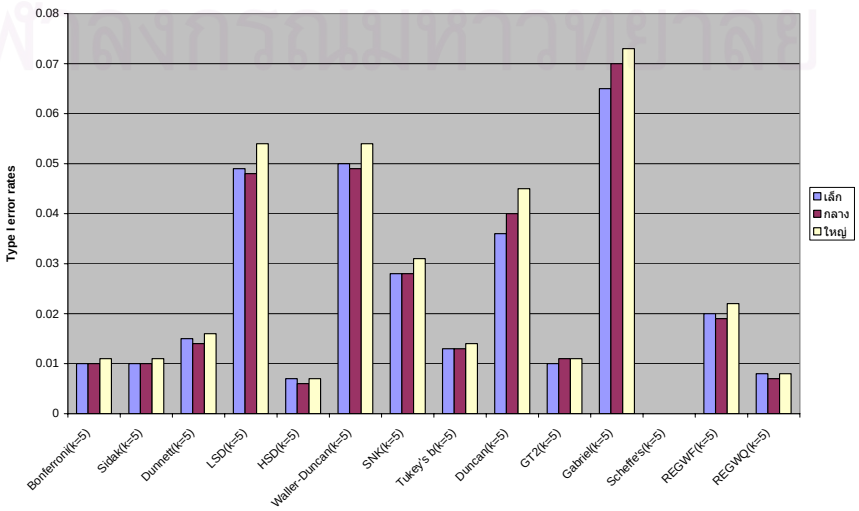
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.8 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและใหญ่จะมีผลการทดลองเหมือนกัน โดยวิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan, S-N-K และDuncan วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Sidak, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Gabriel แต่ในกลุ่มขนาดเล็กจะแตกต่างกับกลุ่มขนาดกลางและใหญ่ตรงที่วิธี Gabriel จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้อีก 1 วิธี

1.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่มได้ผลดังรูปที่ 4.9 และตารางที่ 4.10

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม



ตารางที่ 4.10 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม

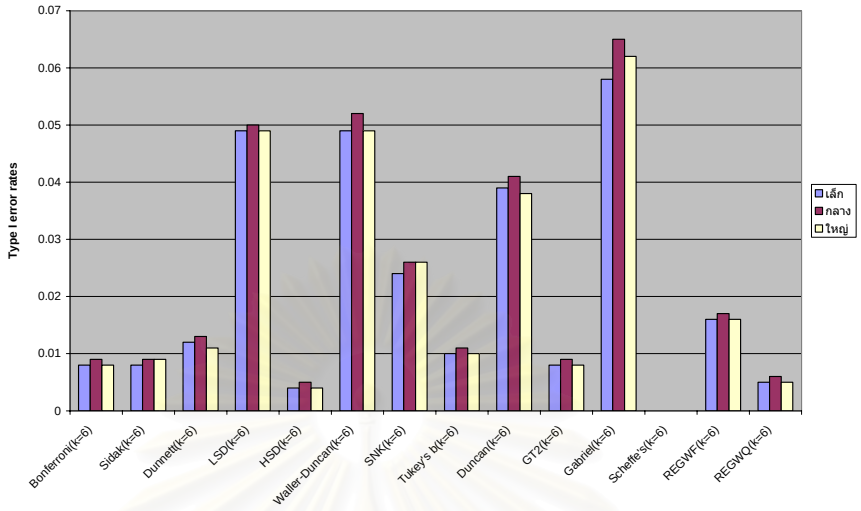
วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=5; n =10,12,14,16,18)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=5; n=30,34,38,42,46)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=5; n=60,70,80,90,100)
Bonferroni	0.010[a]	0.010[a]	0.011[a]
Sidak	0.010[a]	0.010[a]	0.011[a]
Dunnett	0.015[a]	0.014[a]	0.016[a]
LSD	0.049	0.048	0.054
Tukey's	0.007[a]	0.006[a]	0.007[a]
Waller-Duncan	0.050	0.049	0.054
S-N-K	0.028	0.028	0.031
Tukey's b	0.013[a]	0.013[a]	0.014[a]
Duncan	0.036	0.040	0.045
Hochberg's	0.010[a]	0.011[a]	0.011[a]
Gabriel	0.065	0.070	0.073
Scheffe's	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	0.020[a]	0.019[a]	0.022[a]
R-E-G-WQ	0.008[a]	0.007[a]	0.008[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากรูปที่ 4.9 และตารางที่ 4.10 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีผลการทดลองเหมือนกัน โดยวิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดจะมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan, S-N-K, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Sidak, Dunnett, Tukey's, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ และไม่วิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์

1.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่มได้ผลดังรูปที่ 4.10 และตารางที่ 4.11

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม



ตารางที่ 4.11 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=6) (n =10,12,14,16,18,20)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=6) (n=30,34,38,42,46,50)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=6) (n=60,70,80,90,100,110)
Bonferroni	0.008[a]	0.009[a]	0.008[a]
Sidak	0.008[a]	0.009[a]	0.008[a]
Dunnett	0.012[a]	0.013[a]	0.011[a]
LSD	0.049	0.050	0.049
Tukey's	0.004[a]	0.005[a]	0.004[a]
Waller-Duncan	0.049	0.052	0.049
S-N-K	0.024[a]	0.026	0.026
Tukey's b	0.010[a]	0.011[a]	0.010[a]
Duncan	0.039	0.041	0.038
Hochberg's	0.008[a]	0.009[a]	0.008[a]
Gabriel	0.058	0.065	0.062
Scheffe's	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	0.016[a]	0.017[a]	0.016[a]
R-E-G-WQ	0.005[a]	0.006[a]	0.005[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากรูปที่ 4.10 และตารางที่ 4.11 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางกับขนาดใหญ่จะมีผลเหมือนกัน โดยวิธีการทดสอบที่ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 5 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan, Duncan, S-N-K และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 9 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak, Dunnett, Tukey's, Waller-Duncan, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และR-E-G-WQ แต่ในกลุ่มขนาดเล็กจะแตกต่างออกไปตรงที่วิธี S-N-K จะเป็นวิธีที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

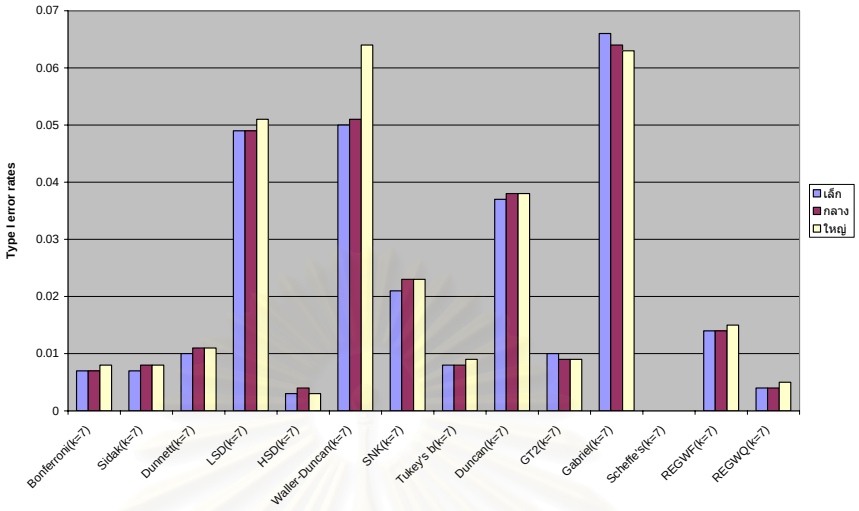
1.2.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่มได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.12 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=7; n =10,12,14,16,18,20,22)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=7; n=30,34,38,42,46, 50,54)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=7; n=60,70,80,90,100, 110,120)
Bonferroni	0.007[a]	0.007[a]	0.008[a]
Sidak	0.007[a]	0.008[a]	0.008[a]
Dunnett	0.010[a]	0.011[a]	0.011[a]
LSD	0.049	0.049	0.051
Tukey's	0.003[a]	0.004[a]	0.003[a]
Waller-Duncan	0.050	0.051	0.064
S-N-K	0.021[a]	0.023[a]	0.023[a]
Tukey's b	0.008[a]	0.008[a]	0.009[a]
Duncan	0.037	0.038	0.038
Hochberg's	0.010[a]	0.009[a]	0.009[a]
Gabriel	0.066	0.064	0.063
Scheffe's	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	0.014[a]	0.014[a]	0.015[a]
R-E-G-WQ	0.004[a]	0.004[a]	0.005[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

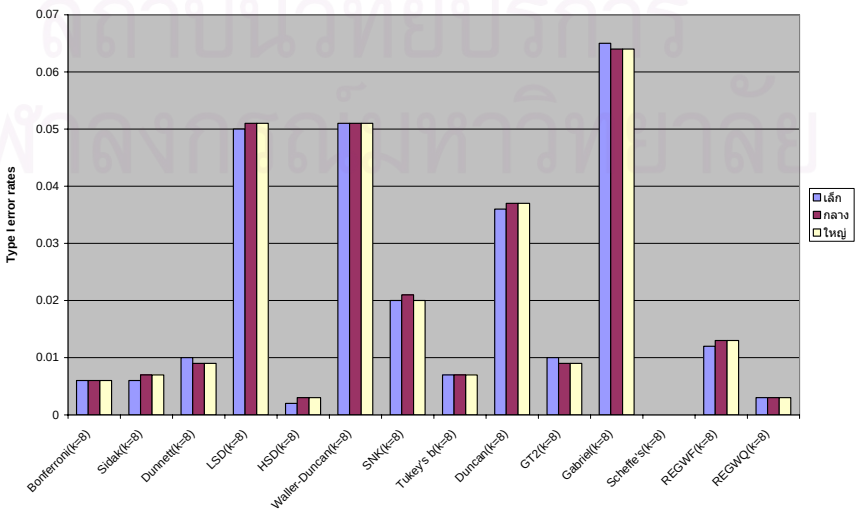
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม



จากตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.11 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีผลการทดลองเหมือนกัน โดยวิธีการทดสอบที่ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด มี 4 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มี 10 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Sidak, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's , Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ

1.2.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่มได้ผลดังรูปที่ 4.12 และตารางที่ 4.13

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม



ตารางที่ 4.13 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rates)		
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=8; n=10,12,14,16,18,20,22,24)	กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=8; n=30,34,38,42,46,50,54,58)	กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=8; n=60,70,80,90,100,110,120,130)
Bonferroni	0.006[a]	0.006[a]	0.006[a]
Sidak	0.006[a]	0.007[a]	0.007[a]
Dunnett	0.009[a]	0.009[a]	0.009[a]
LSD	0.050	0.051	0.051
Tukey's	0.002[a]	0.003[a]	0.003[a]
Waller-Duncan	0.051	0.051	0.051
S-N-K	0.020[a]	0.021[a]	0.020[a]
Tukey's b	0.007[a]	0.007[a]	0.007[a]
Duncan	0.036	0.037	0.037
Hochberg's	0.010[a]	0.009[a]	0.009[a]
Gabriel	0.065	0.064	0.064
Scheffe's	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	0.012[a]	0.013[a]	0.013[a]
R-E-G-WQ	0.003[a]	0.003[a]	0.003[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากรูปที่ 4.12 และตารางที่ 4.13 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีผลการทดลองเหมือนกัน โดยวิธีการทดสอบที่ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดมี 4 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan, Duncan และ Gabriel วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมี 10 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni, Sidak, Dunnett, Tukey's, S-N-K, Tukey's b, Hochberg's, Scheffe's, R-E-G-WF และ R-E-G-WQ

จากการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน สามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

วิธีการทดสอบ	ขนาดกลุ่ม	จำนวนกลุ่ม					
		k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8
Bonferroni	เล็ก	0.017[a]	0.012[a]	0.010[a]	0.008[a]	0.007[a]	0.006[a]
	กลาง	0.017[a]	0.012[a]	0.010[a]	0.009[a]	0.007[a]	0.006[a]
	ใหญ่	0.018[a]	0.013[a]	0.011[a]	0.008[a]	0.008[a]	0.006[a]
Sidak	เล็ก	0.017[a]	0.012[a]	0.010[a]	0.008[a]	0.007[a]	0.006[a]
	กลาง	0.018[a]	0.013[a]	0.010[a]	0.009[a]	0.008[a]	0.007[a]
	ใหญ่	0.018[a]	0.018[a]	0.011[a]	0.008[a]	0.008[a]	0.007[a]
Dunnett	เล็ก	0.028	0.019[a]	0.015[a]	0.012[a]	0.010[a]	0.009[a]
	กลาง	0.027	0.020[a]	0.014[a]	0.013[a]	0.011[a]	0.009[a]
	ใหญ่	0.027	0.020[a]	0.016[a]	0.011[a]	0.011[a]	0.009[a]
LSD	เล็ก	0.049	0.050	0.049	0.049	0.049	0.050
	กลาง	0.050	0.049	0.048	0.050	0.049	0.051
	ใหญ่	0.048	0.050	0.054	0.049	0.051	0.051
Tukey's	เล็ก	0.020[a]	0.010[a]	0.007[a]	0.004[a]	0.003[a]	0.002[a]
	กลาง	0.020[a]	0.010[a]	0.006[a]	0.005[a]	0.004[a]	0.003[a]
	ใหญ่	0.019[a]	0.011[a]	0.007[a]	0.004[a]	0.003[a]	0.003[a]
Waller-Duncan	เล็ก	0.049	0.050	0.050	0.049	0.050	0.051
	กลาง	0.050	0.050	0.049	0.052	0.051	0.051
	ใหญ่	0.050	0.051	0.054	0.049	0.064	0.051
S-N-K	เล็ก	0.040	0.033	0.028	0.024	0.021[a]	0.020[a]
	กลาง	0.040	0.033	0.028	0.026	0.022[a]	0.021[a]
	ใหญ่	0.040	0.034	0.031	0.026	0.023[a]	0.020[a]
Tukey's b	เล็ก	0.028	0.018[a]	0.013[a]	0.010[a]	0.008[a]	0.007[a]
	กลาง	0.028	0.018[a]	0.013[a]	0.011[a]	0.008[a]	0.007[a]
	ใหญ่	0.027	0.019[a]	0.014[a]	0.010[a]	0.009[a]	0.007[a]
Duncan	เล็ก	0.046	0.044	0.036	0.039	0.037	0.036
	กลาง	0.046	0.043	0.040	0.041	0.038	0.037
	ใหญ่	0.046	0.045	0.045	0.038	0.038	0.037
Hochberg's	เล็ก	0.018[a]	0.012[a]	0.010[a]	0.008[a]	0.010[a]	0.010[a]
	กลาง	0.018[a]	0.014[a]	0.011[a]	0.009[a]	0.009[a]	0.009[a]
	ใหญ่	0.018[a]	0.013[a]	0.011[a]	0.008[a]	0.009[a]	0.009[a]
Gabriel	เล็ก	0.085[b]	0.074	0.065	0.058	0.066	0.065
	กลาง	0.088[b]	0.080[b]	0.070	0.065	0.064	0.064
	ใหญ่	0.089[b]	0.079[b]	0.073	0.062	0.063	0.064
Scheffe's	เล็ก	0.006[a]	0.001[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
	กลาง	0.006[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
	ใหญ่	0.006[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]	0.000[a]
R-E-G-WF	เล็ก	0.033	0.023[a]	0.020[a]	0.016[a]	0.014[a]	0.012[a]
	กลาง	0.033	0.024[a]	0.019[a]	0.017[a]	0.014[a]	0.013[a]
	ใหญ่	0.031	0.024[a]	0.022[a]	0.016[a]	0.015[a]	0.013[a]
R-E-G-WQ	เล็ก	0.015[a]	0.010[a]	0.008[a]	0.005[a]	0.004[a]	0.003[a]
	กลาง	0.015[a]	0.011[a]	0.007[a]	0.006[a]	0.004[a]	0.003[a]
	ใหญ่	0.015[a]	0.011[a]	0.008[a]	0.006[a]	0.005[a]	0.003[a]

a. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด, b. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากตารางที่ 4.14 พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 12 วิธีจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้น ได้แก่วิธี Tukey's HSD, Bonferroni, Tukey's b, Sidak, Duncan, Scheffe's, Hochberg's, R-E-G-WF, Gabriel, R-E-G-WQ, Waller-Duncan, S-N-K และ Dunnett ทั้งนี้จะพบว่า วิธี Hochberg's GT2 และวิธี Gabriel ที่ k=6-8 จะมีค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกัน และถ้าพิจารณาที่วิธีของ Scheffe's จะพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก และมีค่าเป็นศูนย์ตั้งแต่ k=5-8 ส่วนอีก 2 วิธีอันได้แก่วิธี LSD และ Waller-Duncan พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง กล่าวคือ 2 วิธีนี้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกันในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาวิธีการทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในภาพรวมทั้งหมดของการทดลองจะสามารถสรุปได้ว่า

1. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 มีด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, วิธี Waller-Duncan และวิธี Duncan

2.วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 มีด้วยกัน 6 วิธีได้แก่ วิธี Bonferroni, วิธี Sidak, วิธี Tukey's HSD, วิธีHochberg's, วิธี Scheffe's และวิธี R-E-G-WQ

3. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม แต่เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 3 กลุ่มจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มีด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett , วิธี Tukey's b และวิธี R-E-G-WQ

4. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Gabriel แต่ถ้าจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

วิธีทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบเป็นวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยผู้วิจัยได้เพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ในแผนการทดลอง เพื่อทำให้อิทธิพลในระดับทรีทเมนต์แตกต่างกัน 2 แบบ คือแบบ A (เพิ่ม 0.1) และแบบ B (เพิ่ม 0.5)

2.1 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

2.1.1 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.15

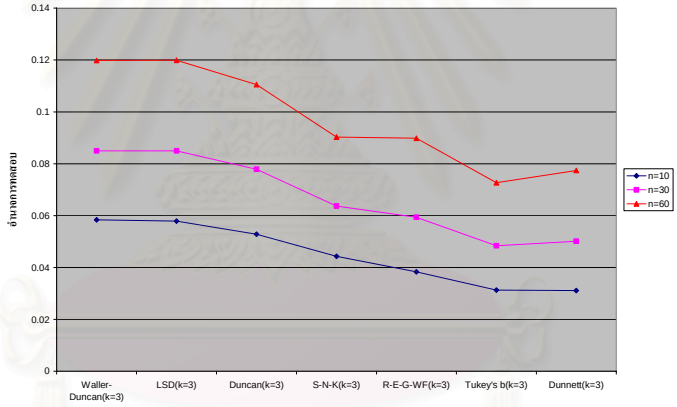
ตารางที่ 4.15 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=3; n =10)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=3; n=30)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=3; n=60)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
Dunnett	0.0311	0.2370	0.0501	0.5609	0.0774	0.7963
LSD	0.0579	0.3174	0.0850	0.6399	0.1199	0.8537
Waller-Duncan	0.0584	0.3189	0.0850	0.6399	0.1198	0.8537
S-N-K	0.0443	0.2600	0.0637	0.6247	0.0903	0.8536
Tukey's b	0.0313	0.2282	0.0484	0.5721	0.0727	0.8118
Duncan	0.0528	0.3006	0.0779	0.6371	0.1105	0.8537
R-E-G-WF	0.0383	0.2614	0.0594	0.5864	0.0898	0.8175

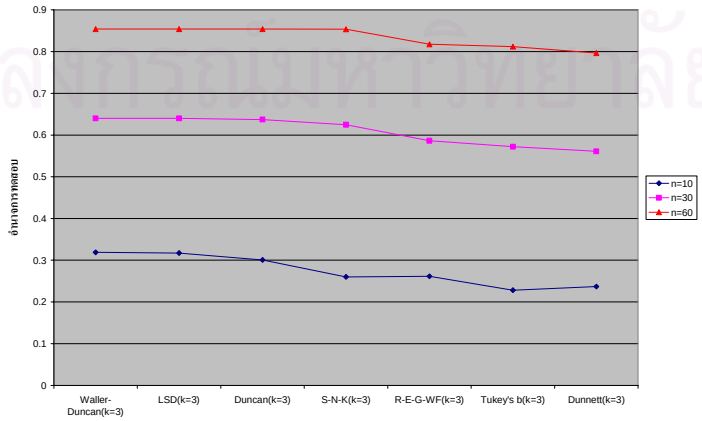
จากตารางที่ 4.15 พบว่า เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธี LSD และ Waller-Duncan จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุดใกล้เคียงกันในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดและเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะพบว่าในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมี 2 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ได้แก่ วิธี Waller-Duncan และLSD เช่นเดียวกับการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A เมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมีวิธีการทดสอบ 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี Waller-Duncan, LSD, Duncan และ S-N-K ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากรูป 4.13a และ 4.13b จะพบว่า การ

เพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กับแบบ B จะให้ค่าอำนาจการทดสอบต่างกันมาก โดยที่การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กมีค่าอยู่ในช่วง 0.0311-0.0584 มีค่าอยู่ในช่วง 0.0484-0.0850 ในกลุ่มขนาดกลางและมีค่าอยู่ในช่วง 0.0727-0.1199 ในกลุ่มขนาดใหญ่ แต่ถ้าเป็นการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบในกลุ่มขนาดเล็กอยู่ในช่วง 0.2282-0.3189ในกลุ่มขนาดกลางจะอยู่ในช่วง 0.5609-0.6399 และถ้าเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะอยู่ในช่วง 0.7963-0.8537 ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่ได้จากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมากกว่าแบบ A ประมาณ 8-10 เท่าตัว นอกจากนี้ ถ้าพิจารณาเฉพาะรูปที่ 4.13b จะพบว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ทำให้ค่าอำนาจการทดสอบทั้ง 7 วิธีในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่มีค่าสูงและใกล้เคียงกันทุกวิธี

รูปที่ 4.13a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม



รูปที่ 4.13b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม



2.1.2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.16

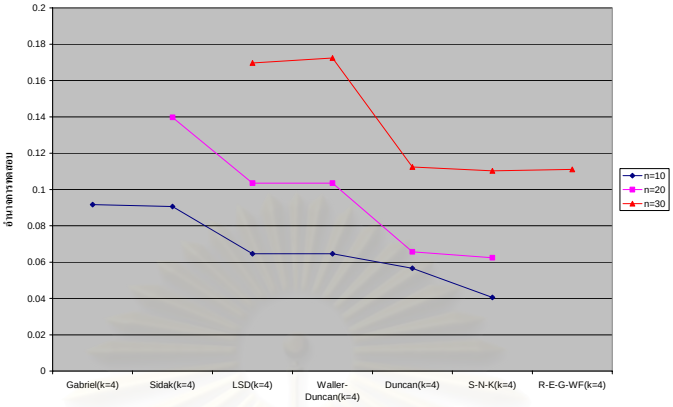
ตารางที่ 4.16 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=4; n =10)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=4; n=30)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=4; n=60)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
Sidak	0.0906	0.4871	0.1397	0.7682	C	C
LSD	0.0646	0.4393	0.1035	0.7279	0.1697	0.8895
Waller-Duncan	0.0646	0.4393	0.1035	0.7279	0.1724	0.8910
S-N-K	0.0406	0.3558	0.0624	0.7137	0.1103	0.8909
Duncan	0.0566	0.4195	0.0657	0.6889	0.1124	0.8897
Gabriel	0.0917	0.4891	C	C	C	C
R-E-G-WF	C	C	C	C	0.1111	0.8430

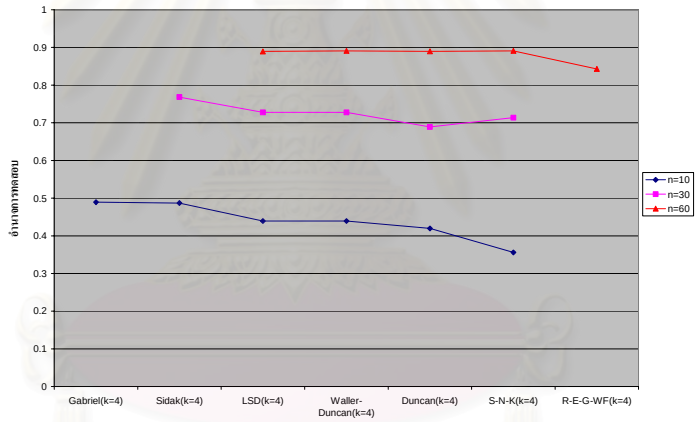
C. แบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

จากตารางที่ 4.16 พบว่า เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน แต่ในกลุ่มขนาดกลางจะมีวิธี Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดวิธีเดียว และเมื่อเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะมีวิธี LSD และ Waller-Duncan ที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะพบว่าในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน และในกลุ่มขนาดกลางจะมีวิธี Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเช่นเดียวกับการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A แต่เมื่อเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี Waller-Duncan, S-N-K, Duncan และ LSD ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากรูป 4.14a และ 4.14b จะสังเกตพบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้วิธีการทดสอบต่าง ๆ มีค่าอำนาจการทดสอบไม่แตกต่างกันมาก โดยเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ แต่การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบของแต่ละวิธีแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ยังพบว่าค่าอำนาจการทดสอบของการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบของทุกวิธีน้อยกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B มาก

รูปที่ 4.14a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม



รูปที่ 4.14b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 4 กลุ่ม



2.1.3 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม ได้ผลดังตารางที่ 4.17

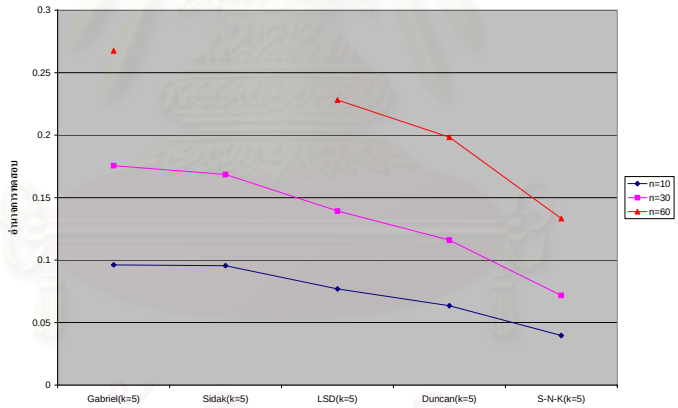
จากตารางที่ 4.17 พบว่า เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเป็นกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดนอกจากวิธีนี้แล้วยังพบว่าวิธีที่เหลือจะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันทุกวิธี ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากรูป 4.15a และ 4.15b จะสังเกตพบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ทั้ง 2 แบบจะทำให้วิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในทุกกรณี นอกจากนั้นแล้วการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A มากกว่า 5 เท่า

ตารางที่ 4.17 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม

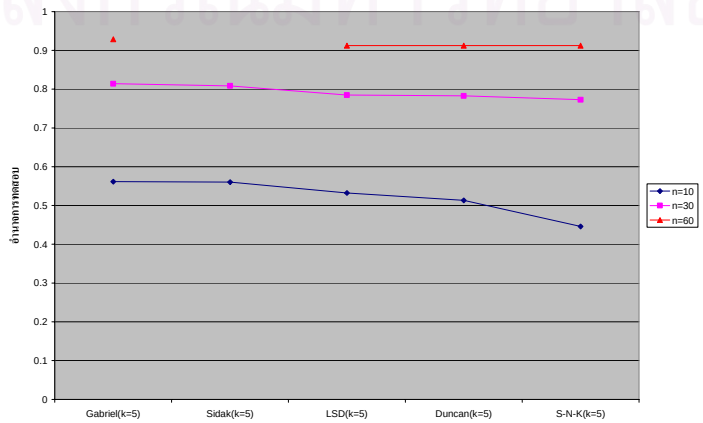
วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=5; n =10)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=5; n=30)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=5; n=60)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
Sidak	0.0955	0.5603	0.1684	0.8085	C	C
LSD	0.0769	0.5324	0.1392	0.7851	0.2280	0.9123
S-N-K	0.0397	0.4458	0.0717	0.7728	0.1333	0.9123
Duncan	0.0635	0.5131	0.1159	0.7828	0.1983	0.9122
Gabriel	0.0962	0.5613	0.1755	0.8140	0.2674	0.9286

C. แบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

รูปที่ 4.15a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม



รูปที่ 4.15b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 5 กลุ่ม



2.1.4 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.18

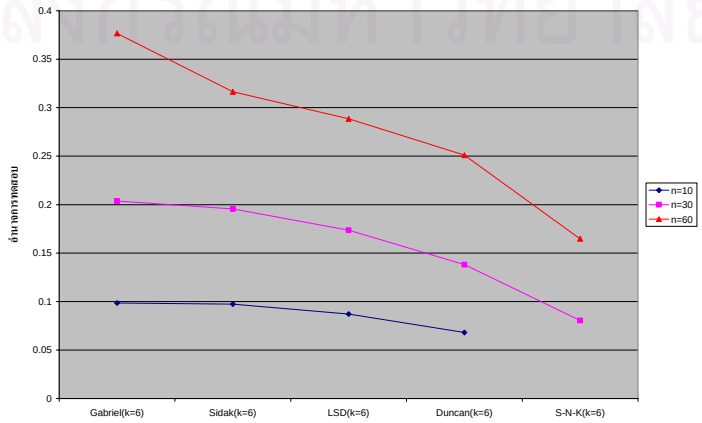
ตารางที่ 4.18 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=6; n =10)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=6; n=30)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=6; n=60)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
Sidak	0.0974	0.6158	0.1956	0.8349	0.3164	0.9366
LSD	0.0871	0.6013	0.1736	0.8214	0.2885	0.9270
S-N-K	C	C	0.0804	0.8112	0.1647	0.9269
Duncan	0.0681	0.5831	0.1381	0.7884	0.2510	0.9270
Gabriel	0.0985	0.6171	0.2037	0.8394	0.3766	0.9492

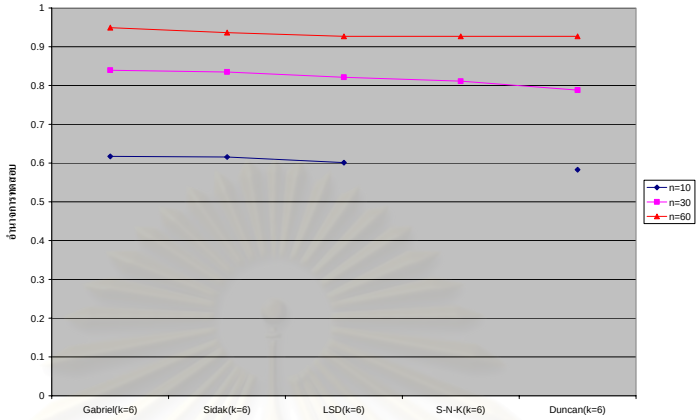
C. แบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ 4.18 พบว่า เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะพบว่า ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเช่นเดียวกับการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A แต่การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ทุกวิธีที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A มาก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากรูป 4.16a และ 4.16b จะพบว่า ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางกับขนาดใหญ่จะทำให้ทุกวิธีมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน

รูปที่ 4.16a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม



รูปที่ 4.16b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 6 กลุ่ม



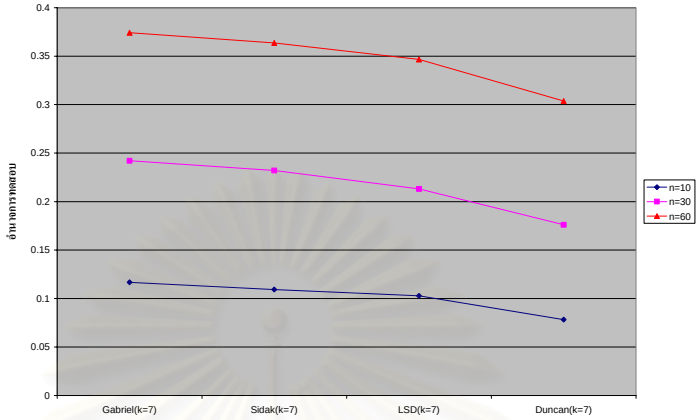
2.1.5 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม

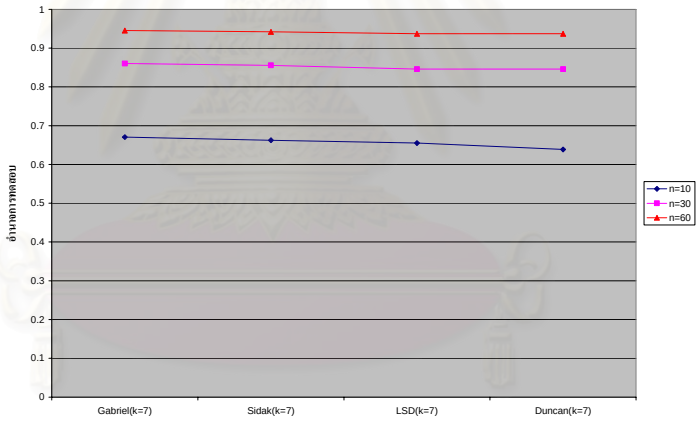
วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=7; n =10)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=7; n=30)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=7; n=60)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
Sidak	0.1093	0.6625	0.2321	0.8556	0.3636	0.9422
LSD	0.1028	0.6551	0.2130	0.8458	0.3466	0.9373
Duncan	0.0783	0.6389	0.1760	0.8458	0.3037	0.9372
Gabriel	0.1167	0.6707	0.2421	0.8604	0.3741	0.9455

จากตารางที่ 4.19 พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะทำให้วิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง แต่การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ทุกวิธีที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A มาก และจะยังพบว่าในกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันวิธีการทดสอบจะมีค่าอำนาจการทดสอบไม่แตกต่างกันมาก ทั้งนี้สามารถพิจารณาได้จากรูป 4.17a และ 4.17b

รูปที่ 4.17a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม



รูปที่ 4.17b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 7 กลุ่ม



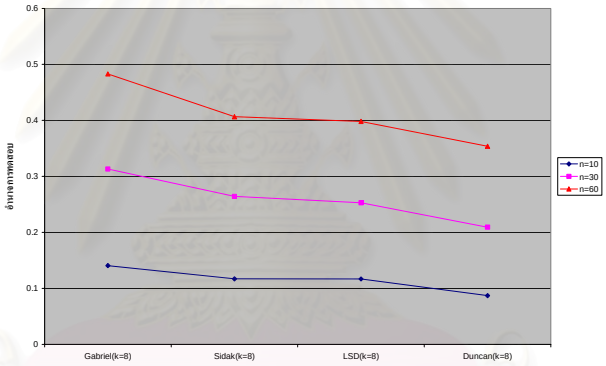
2.1.6 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.20

จากตารางที่ 4.20 พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะทำให้วิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดเช่นเดียวกับกรณีที่มีกลุ่มตัวอย่าง 7 กลุ่ม และมีข้อสังเกตว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B นอกจากจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดแล้วยังพบว่าในกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันวิธีการทดสอบอีก 3 วิธีที่เหลือจะมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้สามารถพิจารณาเปรียบเทียบได้จากรูป 4.18a และ 4.18b

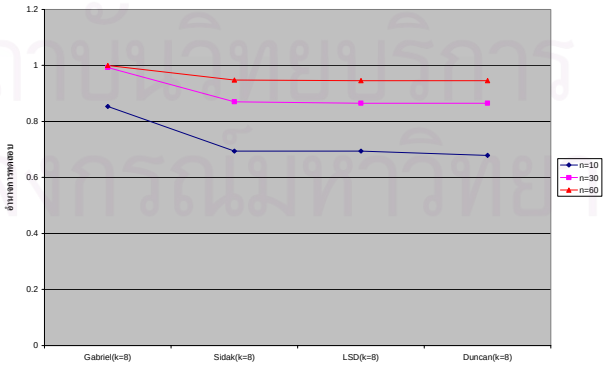
ตารางที่ 4.20 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=8; n =10)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=8; n=30)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=8; n=60)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
Sidak	0.1171	0.6942	0.2643	0.8703	0.4065	0.9479
LSD	0.1168	0.6940	0.2527	0.8653	0.3981	0.9456
Duncan	0.0870	0.6787	0.2093	0.8650	0.3537	0.9455
Gabriel	0.1406	0.8536	0.3132	0.9926	0.4829	1.0000

รูปที่ 4.18a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม



รูปที่ 4.18b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 8 กลุ่ม



จากผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันโดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B สามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ดังตารางที่ 4.21 และ 4.22

ตารางที่ 4.21 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A

วิธีการทดสอบ	ขนาดกลุ่ม	จำนวนกลุ่ม					
		k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8
Bonferroni	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Sidak	เล็ก		0.0906	0.0955	0.0974	0.1093	0.1171
	กลาง		0.1397	0.1684	0.1956	0.2321	0.2643
	ใหญ่				0.3164	0.3636	0.4065
Dunnett	เล็ก	0.0311					
	กลาง	0.0501					
	ใหญ่	0.0774					
LSD	เล็ก	0.0579	0.0646	0.0769	0.0871	0.1028	0.1168
	กลาง	0.0850	0.1035	0.1392	0.1736	0.2130	0.2527
	ใหญ่	0.1199	0.1697	0.2280	0.2885	0.3466	0.3981
Tukey's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Waller-Duncan	เล็ก	0.0584	0.0646				
	กลาง	0.0850	0.1035				
	ใหญ่	0.1198	0.1724				
S-N-K	เล็ก	0.0443	0.0406	0.0397			
	กลาง	0.0637	0.0624	0.0717	0.0804		
	ใหญ่	0.0903	0.1103	0.1333	0.1647		
Tukey's b	เล็ก	0.0313					
	กลาง	0.0484					
	ใหญ่	0.0727					
Duncan	เล็ก	0.0528	0.0566	0.0635	0.0681	0.0783	0.0870
	กลาง	0.0779	0.0657	0.1159	0.1381	0.1760	0.2093
	ใหญ่	0.1105	0.1124	0.1983	0.2510	0.3037	0.3537
Hochberg's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Gabriel	เล็ก		0.0917	0.0962	0.0985	0.1167	0.1406
	กลาง			0.1753	0.2037	0.2421	0.3132
	ใหญ่			0.2674	0.3766	0.3741	0.4829
Scheffe's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
R-E-G-WF	เล็ก	0.0383					
	กลาง	0.0594					
	ใหญ่	0.0898	0.1111				
R-E-G-WQ	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						

ตารางที่ 4.22 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและเพิ่มอิทธิพลทรีทแมนต์แบบ B

วิธีการทดสอบ	ขนาดกลุ่ม	จำนวนกลุ่ม					
		k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8
Bonferroni	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Sidak	เล็ก		0.4871	0.5603	0.6158	0.6625	0.6942
	กลาง		0.7682	0.8085	0.8349	0.8556	0.8703
	ใหญ่				0.9366	0.9422	0.9479
Dunnett	เล็ก	0.2370					
	กลาง	0.5609					
	ใหญ่	0.7963					
LSD	เล็ก	0.3174	0.4393	0.5324	0.6013	0.6551	0.6940
	กลาง	0.6399	0.7279	0.7851	0.8214	0.8458	0.8653
	ใหญ่	0.8537	0.8895	0.9123	0.9270	0.9373	0.9456
Tukey's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Waller-Duncan	เล็ก	0.3189	0.4393				
	กลาง	0.6399	0.7279				
	ใหญ่	0.8537	0.8910				
S-N-K	เล็ก	0.2600	0.3558	0.4458			
	กลาง	0.6247	0.7137	0.7728	0.8112		
	ใหญ่	0.8536	0.8909	0.9123	0.9269		
Tukey's b	เล็ก	0.2282					
	กลาง	0.5721					
	ใหญ่	0.8118					
Duncan	เล็ก	0.3006	0.4195	0.5131	0.5831	0.6389	0.6787
	กลาง	0.6371	0.6889	0.7828	0.7884	0.8458	0.8650
	ใหญ่	0.8537	0.8897	0.9122	0.9270	0.9372	0.9455
Hochberg's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Gabriel	เล็ก		0.4891	0.5613	0.6171	0.6707	0.8536
	กลาง			0.8140	0.8394	0.8604	0.9926
	ใหญ่			0.9286	0.9492	0.9455	1.0000
Scheffe's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
R-E-G-WF	เล็ก	0.2614					
	กลาง	0.5864					
	ใหญ่	0.8175	0.8430				
R-E-G-WQ	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						

จากตารางที่4.21 และ 4.22 เมื่อพิจารณาที่ความไว (Sensitiveness) ของวิธีการทดสอบ พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะให้ค่าอำนาจการทดสอบต่างกัน โดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ได้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A เกิน 5 เท่าในทุกการทดสอบ และเมื่อพิจารณาที่จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบจะพบว่าเมื่อจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบก็จะมากขึ้น เช่นเดียวกันกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งพบว่าในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จะมีอำนาจการทดสอบมากกกว่ากลุ่มขนาดกลางและในกลุ่มขนาดกลางก็จะมีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่ากลุ่มขนาดเล็ก

เมื่อพิจารณาวิธีการทดสอบที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดในการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ Bจะสามารถสรุปได้ดังนี้

1.เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A จะพบว่า วิธี LSD และ Waller-Duncan จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุดใกล้เคียงกันทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง แต่เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะพบว่า ในกลุ่มขนาดเล็กจะมี 2 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี Waller-Duncan และLSD เมื่อเป็นกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี Waller-Duncan, LSD, Duncan และ S-N-K

2.เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มขนาดเล็กวิธี Gabriel และ Sidak จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน แต่ในกลุ่มขนาดกลางวิธี Sidak จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด และเมื่อเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะมีวิธี LSD และ Waller-Duncan ที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะพบว่า ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันและในกลุ่มขนาดกลางจะมีวิธี Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด แต่เมื่อเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี Waller-Duncan, S-N-K, Duncan และ LSD

3.เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 5 กลุ่ม และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่างจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเป็นกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดนอกจากวิธีนี้แล้วยังพบว่าวิธีที่เหลือจะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันทุกวิธี

4.เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 6-8 การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะทำให้ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด

2.2 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

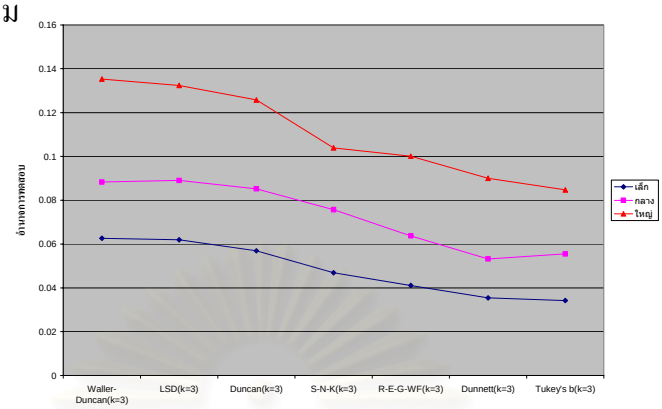
2.2.1 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม

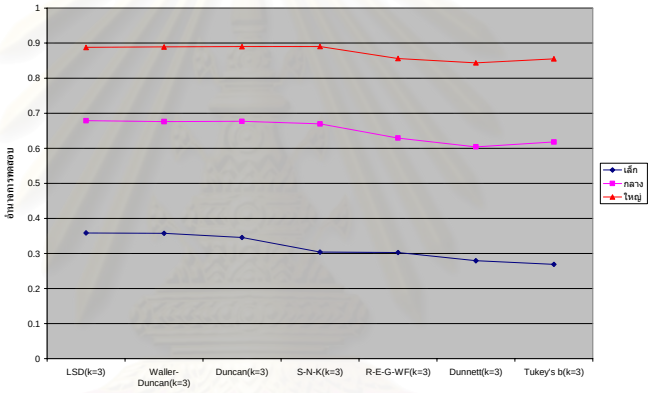
วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=3; n =10, 12, 14)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=3; n=30, 34, 38)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=3; n=60, 70, 80)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
Dunnett	0.0354	0.2794	0.0532	0.6042	0.0900	0.8437
LSD	0.0619	0.3585	0.0890	0.6788	0.1324	0.8880
Waller-Duncan	0.0626	0.3576	0.0883	0.6763	0.1353	0.8891
S-N-K	0.0469	0.3039	0.0757	0.6698	0.1039	0.8903
Tukey's b	0.0342	0.2689	0.0555	0.6180	0.0847	0.8554
Duncan	0.0569	0.3455	0.0852	0.6770	0.1258	0.8902
R-E-G-WF	0.0411	0.3027	0.0637	0.6293	0.1001	0.8562

จากตารางที่ 4.23 พบว่า เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A จะมีวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน 2 วิธีเหมือนทั้งกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ได้แก่วิธี LSD และ Waller-Duncan แต่เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมี 2 วิธี ได้แก่วิธี LSD และ Waller-Duncan ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีเหมือนกัน ได้แก่ วิธี S-N-K, Duncan, Waller-Duncan และ LSD ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบจากรูปที่ 4.19a และ 4.19b จะพบว่า ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีอำนาจการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มขนาดกลาง ในขณะที่กลุ่มขนาดกลางก็จะมีอำนาจการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จะทำให้ทุกวิธีที่นำมาทดสอบมีค่าอำนาจการทดสอบสูงทุกวิธี

รูปที่ 4.19a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3 กลุ่ม



รูปที่ 4.19b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 3



2.2.2 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม ได้ผลดังตารางที่ 4.24

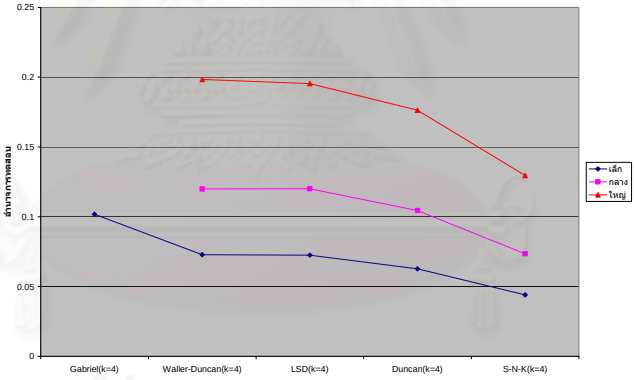
ตารางที่ 4.24 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=4; n =10, 12, 14, 16)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=4; n=30,34,38,42)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=4; n=60,70,80,90)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
LSD	0.0725	0.5068	0.1200	0.7742	0.1953	0.9280
Waller-Duncan	0.0728	0.5031	0.1199	0.7724	0.1984	0.9288
S-N-K	0.0440	0.4376	0.0735	0.7669	0.1295	0.9294
Duncan	0.0627	0.4916	0.1044	0.7727	0.1763	0.9294
Gabriel	0.1018	0.5572	C	C	C	C

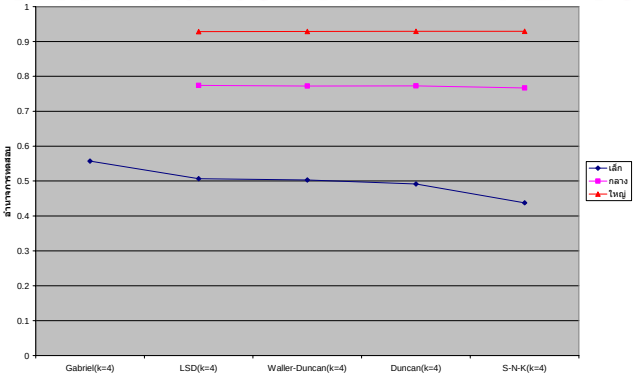
C. แบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

จากตารางที่ 4.24 พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มขนาดเล็กวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดคือวิธี Gabriel และมีอีก 2 วิธีที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงรองลงได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan แต่ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมีวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มขนาดเล็กคือวิธี Gabriel เช่นเดียวกับการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มขนาดกลางจะมี 3 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, Waller-Duncan และ Duncan และในกลุ่มขนาดใหญ่ทั้ง 4 วิธีที่นำมาทดสอบจะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบจากรูปที่ 4.20a และ 4.20b จะพบว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ทั้งในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่จะทำให้ทุกวิธีที่นำมาทดสอบมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ในขณะที่ในกลุ่มขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel วิธีเดียวที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีอื่น ๆ และมีอีก 2 วิธีที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงรองลงได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan

รูปที่ 4.20a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม



รูปที่ 4.20b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 4 กลุ่ม



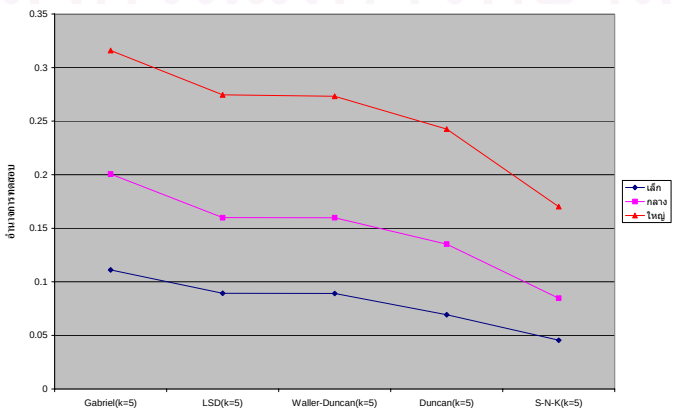
2.2.3 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม

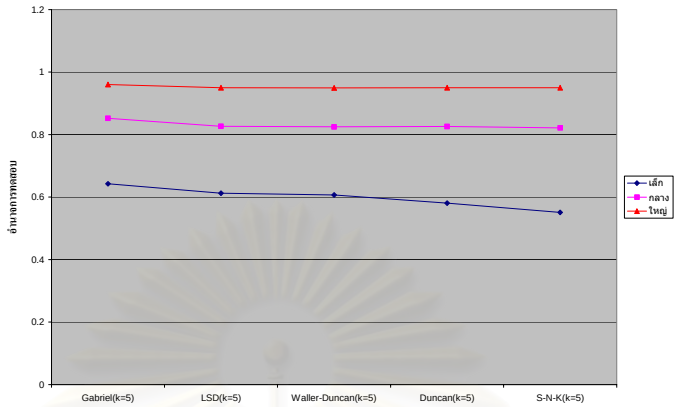
วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=5; n =10,12,14,16,18)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=5; n=30,34,38,42,46)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=5; n=60,70,80,90,100)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
LSD	0.0893	0.6126	0.1599	0.8267	0.2745	0.9500
Waller-Duncan	0.0891	0.6069	0.1598	0.8247	0.2733	0.9496
S-N-K	0.0454	0.5511	0.0846	0.8215	0.1702	0.9500
Duncan	0.0692	0.5806	0.1351	0.8257	0.2426	0.9499
Gabriel	0.1110	0.6425	0.2005	0.8522	0.3159	0.9601

จากตารางที่ 4.25 พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดและมีอีก 2 วิธีที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงรองลงได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดเช่นเดียวกับการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟ 4.21a และ 4.21b จะพบว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมีวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันทั้ง 5 วิธี แต่ในกลุ่มขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel เพียงวิธีเดียวที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดและมี 2 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันรองลงมา ได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan

รูปที่ 4.21a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม



รูปที่ 4.21b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 5 กลุ่ม



2.2.4 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม

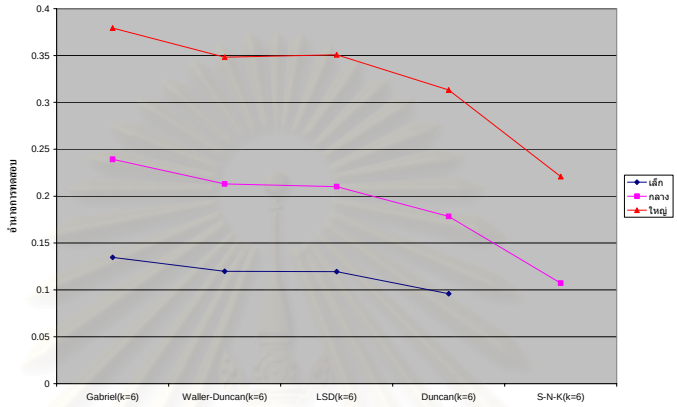
วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=6; n =10,12,14,16,18,20)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=6; n=30,34,38,42,46,50)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=6; n=60,70,80,90,100,110)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
LSD	0.1194	0.6856	0.2101	0.8647	0.3507	0.9646
Waller-Duncan	0.1197	0.6793	0.2130	0.8641	0.3482	0.9649
S-N-K	C	C	0.1071	0.8633	0.2209	0.9646
Duncan	0.0958	0.6740	0.1783	0.8657	0.3133	0.9646
Gabriel	0.1347	0.7009	0.2393	0.8798	0.3792	0.9703

C. แบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

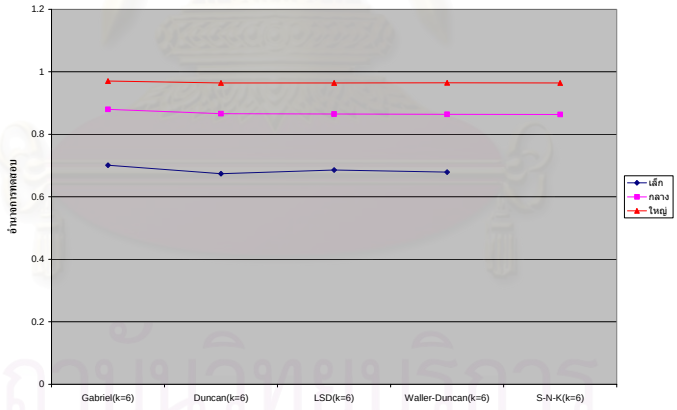
จากตารางที่ 4.26 พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดและมีอีก 2 วิธีที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงรองลงได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดคือวิธี Gabriel เช่นเดียวกับการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากกราฟ 4.22a และ 4.22b จะพบว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ทำให้ทุกวิธีที่นำมาทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันทุกวิธีทั้งในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

กลาง และใหญ่ แต่ในกลุ่มขนาดเล็กจะมีข้อแตกต่างตรงที่จะไม่มีวิธี S-N-K ผ่านเกณฑ์เข้ามาทำการทดสอบเหมือนกับในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่

รูปที่ 4.22a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม



รูปที่ 4.22b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 6 กลุ่ม



2.2.5 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.27

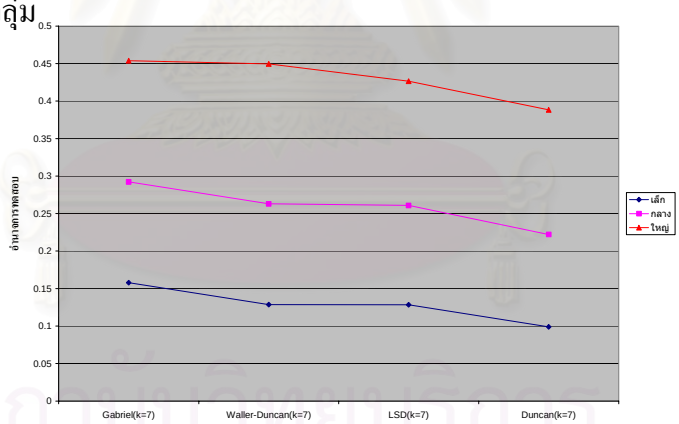
จากตารางที่ 4.27 พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด และในกลุ่มขนาดเล็กกับขนาดกลางจะยังมีอีก 2 วิธีที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงรองลงได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธี Gabriel จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและขนาดกลางเช่นเดียวกับการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A แต่ในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จะพบว่าทั้ง 4 วิธีที่นำมาทดสอบจะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากกราฟ 4.23a และ

4.23b จะพบว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ทำให้ทุกวิธีที่นำมาทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

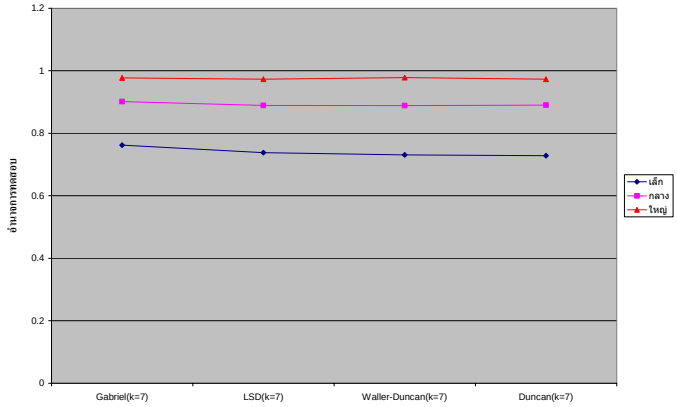
ตารางที่ 4.27 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม

วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=7; n =10,12,14,16,18,20,22)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=7; n=30,34,38,42,46,50,54)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=7; n=60,70,80,90,100,110,120)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
LSD	0.1285	0.7377	0.2609	0.8891	0.4266	0.9729
Waller-Duncan	0.1286	0.7309	0.2629	0.8886	0.4496	0.9785
Duncan	0.0990	0.7283	0.2222	0.8899	0.3884	0.9729
Gabriel	0.1578	0.7617	0.2923	0.9017	0.4539	0.9771

รูปที่ 4.23a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม



รูปที่ 4.23b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 7 กลุ่ม



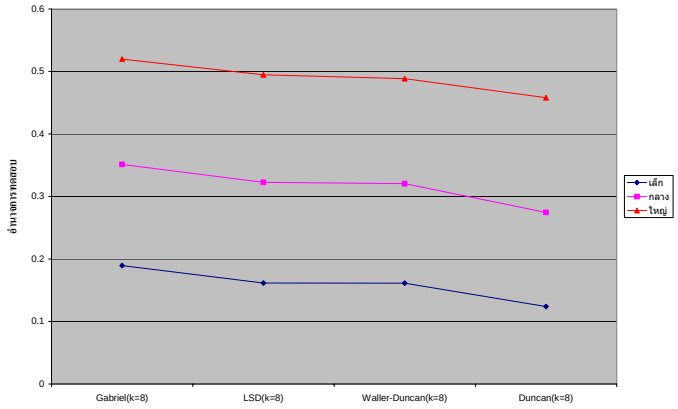
2.2.6 ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่มได้ผลดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม

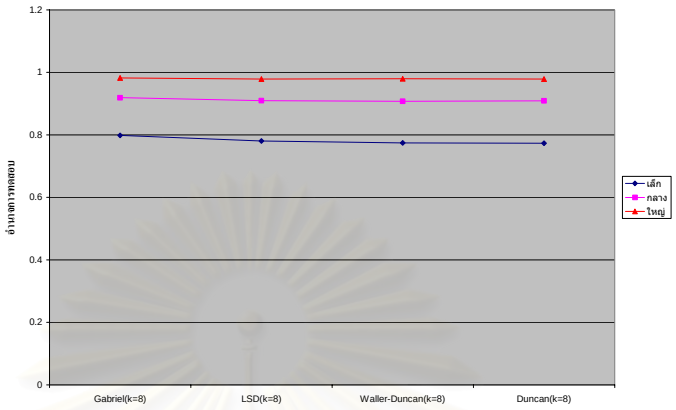
วิธีการทดสอบ	อำนาจการทดสอบ					
	กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (k=8; n=10,12,14,16,18,20,22,24)		กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง (k=8; n=30,34,38,42,46,50,54,58)		กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (k=8; n=60,70,80,90,100,110,120,130)	
	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B	แบบ A	แบบ B
LSD	0.1614	0.7804	0.3226	0.9097	0.4948	0.9787
Waller-Duncan	0.1613	0.7741	0.3204	0.9073	0.4886	0.9794
Duncan	0.1237	0.7729	0.2745	0.9092	0.4580	0.9787
Gabriel	0.1895	0.7983	0.3512	0.9191	0.5199	0.9822

จากตารางที่ 4.28 พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ทำให้ได้ผลการทดสอบเหมือนกันทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง กล่าวคือ วิธีการทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดจะเป็นวิธี Gabriel และในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กกับขนาดกลางจะมีอีก 2 วิธีที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันรองลงได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธี Gabriel จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดเช่นเดียวกับการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A แต่อีก 3 วิธีที่เหลือจะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันทั้งกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากกราฟ 4.24a และ 4.24b จะพบว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ทำให้ทั้ง 5 วิธีที่นำมาทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

รูปที่ 4.24a กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม



รูปที่ 4.24b กราฟแสดงอำนาจการทดสอบเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน 8 กลุ่ม



จากผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันโดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B สามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ดังตารางที่ 4.29 และ 4.30

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.29 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันและเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A

วิธีการทดสอบ	ขนาดกลุ่ม	จำนวนกลุ่ม					
		k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8
Bonferroni	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Sidak	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Dunnett	เล็ก	0.0354					
	กลาง	0.0532					
	ใหญ่	0.0900					
LSD	เล็ก	0.0619	0.0725	0.0893	0.1194	0.1285	0.1614
	กลาง	0.0890	0.1200	0.1599	0.2101	0.2609	0.3226
	ใหญ่	0.1324	0.1953	0.2745	0.3507	0.4266	0.4948
Tukey's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Waller-Duncan	เล็ก	0.0626	0.0728	0.0891	0.1197	0.1286	0.1613
	กลาง	0.0883	0.1199	0.1598	0.2130	0.2629	0.3204
	ใหญ่	0.1353	0.1984	0.2733	0.3482	0.4496	0.4886
S-N-K	เล็ก	0.0469	0.0440	0.0454			
	กลาง	0.0757	0.0735	0.0846	0.1071		
	ใหญ่	0.1039	0.1295	0.1702	0.2209		
Tukey's b	เล็ก	0.0342					
	กลาง	0.0555					
	ใหญ่	0.0847					
Duncan	เล็ก	0.0569	0.0627	0.0692	0.0958	0.0990	0.1237
	กลาง	0.0852	0.1044	0.1351	0.1783	0.2222	0.2745
	ใหญ่	0.1258	0.1763	0.2426	0.3133	0.3884	0.4580
Hochberg's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Gabriel	เล็ก		0.1018	0.1110	0.1347	0.1578	0.1895
	กลาง			0.2005	0.2393	0.2923	0.3512
	ใหญ่			0.3159	0.3792	0.4539	0.5199
Scheffe's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
R-E-G-WF	เล็ก	0.0411					
	กลาง	0.0637					
	ใหญ่	0.1001					
R-E-G-WQ	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						

ตารางที่ 4.30 อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันและเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B

วิธีการทดสอบ	ขนาดกลุ่ม	จำนวนกลุ่ม					
		k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8
Bonferroni	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Sidak	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Dunnett	เล็ก	0.2794					
	กลาง	0.6042					
	ใหญ่	0.8437					
LSD	เล็ก	0.3585	0.5068	0.6126	0.6856	0.7377	0.7804
	กลาง	0.6788	0.7742	0.8267	0.8647	0.8891	0.9097
	ใหญ่	0.8880	0.9280	0.9500	0.9646	0.9729	0.9787
Tukey's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Waller-Duncan	เล็ก	0.3576	0.5031	0.6069	0.6793	0.7309	0.7741
	กลาง	0.6763	0.7724	0.8247	0.8641	0.8886	0.9073
	ใหญ่	0.8891	0.9288	0.9496	0.9649	0.9785	0.9794
S-N-K	เล็ก	0.3039	0.4376	0.5511			
	กลาง	0.6698	0.7669	0.8215	0.8633		
	ใหญ่	0.8903	0.9294	0.9500	0.9646		
Tukey's b	เล็ก	0.2689					
	กลาง	0.6180					
	ใหญ่	0.8554					
Duncan	เล็ก	0.3455	0.4916	0.5806	0.6740	0.7283	0.7729
	กลาง	0.6770	0.7727	0.8257	0.8657	0.8899	0.9092
	ใหญ่	0.8902	0.9294	0.9499	0.9646	0.9729	0.9787
Hochberg's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
Gabriel	เล็ก		0.5572	0.6425	0.7009	0.7617	0.7983
	กลาง			0.8522	0.8798	0.9017	0.9191
	ใหญ่			0.9601	0.9703	0.9771	0.9822
Scheffe's	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						
R-E-G-WF	เล็ก	0.3027					
	กลาง	0.6293					
	ใหญ่	0.8562					
R-E-G-WQ	เล็ก						
	กลาง						
	ใหญ่						

จากตารางที่4.29 และ 4.30 เมื่อพิจารณาที่ความไว (Sensitiveness) ของวิธีการทดสอบ พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะมีผลแตกต่างกันเช่นเดียวกับกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน นั่นก็คือ การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบสูงกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A มากกว่า 5 เท่าในทุกวิธี

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันจะสามารถสรุปวิธีการทดสอบที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดในการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ Bได้ดังนี้

1.เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธี LSD และ Waller-Duncan เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี LSD และ Waller-Duncan เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด แต่ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ได้แก่ วิธี S-N-K, Duncan, Waller-Duncan และ LSD

2.เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มขนาดเล็ก แต่ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่วิธี LSD และ Waller-Duncan จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มขนาดเล็ก แต่ในกลุ่มขนาดกลางวิธี LSD, Waller-Duncan และ Duncan จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน และในกลุ่มขนาดใหญ่ทั้ง 4 วิธีที่นำมาทดสอบได้แก่ วิธี LSD, S-N-K, Duncan และ Waller-Duncanจะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน

3.เมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 5-8 กลุ่ม การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A จะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเหมือนกันทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง และมีอีก 2 วิธีที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงรองลงได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดเช่นเดียวกับการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังนี้

1.การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

1.1 วิธี LSD และ Duncan จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด

1.2 วิธี Sidak จะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ k=6 ถึง k=8ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด รวมทั้งในกลุ่มขนาดเล็กและขนาดกลางที่ k=4 และ k=5

1.3 วิธี Dunnett และ Tukey's b จะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เฉพาะที่ k=3 ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด

1.4 วิธี Waller-Duncanจะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เฉพาะที่ k=3 และ k=4 ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด

1.5 วิธี S-N-K จะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เฉพาะที่ k=3 ถึง k=5 ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด รวมทั้งในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่ k=6

1.6 วิธี Gabriel จะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เฉพาะที่ k=5 ถึง k=8 ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดรวมทั้งที่ k=4 ในกลุ่มขนาดเล็ก

1.7 วิธี R-E-G-WF จะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ k=3 ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดรวมทั้งในกลุ่มขนาดใหญ่ ที่ k=4 และ k=5

1.8 วิธี Bonferroni, Tukey's HSD, Hochberg's GT2, Scheffe's และ R-E-G-WQ จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

2.1 วิธี LSD, Waller-Duncan และ Duncan สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.2 วิธี Dunnett, Tukey's b และ R-E-G-WF จะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้ง 3 ขนาด กลุ่มตัวอย่างเฉพาะที่ k=3

2.3 วิธี S-N-K จะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เฉพาะที่ k=3 ถึง k=5 ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด รวมทั้งในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและใหญ่ที่ k=6

2.4 วิธี Gabriel จะควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่างเฉพาะที่ k=5 ถึง k=8 รวมทั้งในกลุ่มขนาดเล็กที่ k=4

2.5 วิธี Bonferroni, Sidak, Tukey's HSD, Hochberg's GT2, Scheffe's และ R-E-G-WQ ทั้ง 3 ขนาด กลุ่มตัวอย่างจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

3. อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

3.1 เมื่อ k= 3 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A จะมีวิธี LSD และWaller-Duncan เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด แต่เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มขนาดเล็กจะมี 2 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ได้แก่ วิธี Waller-Duncan และLSD แต่ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี Waller-Duncan, LSD, Duncan และ S-N-K

3.2 เมื่อ k= 4 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน แต่ในกลุ่มขนาดกลางวิธี Sidak จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด และเมื่อเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะมีวิธี LSD และ Waller-Duncan ที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะพบว่า ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันและในกลุ่มขนาดกลางวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด คือ วิธี Sidak แต่เมื่อเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี Waller-Duncan, S-N-K, Duncan และ LSD

3.3 เมื่อ k= 5 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่างจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเป็นกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด

3.4 เมื่อ k=6 ถึง k=8 การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะทำให้ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด

4. อำนาจการทดสอบกรณีที่กลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน

4.1 เมื่อ k= 3 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A พบว่า วิธี LSD และ Waller-Duncan เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี LSD และ Waller-Duncan เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด แต่ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ได้แก่ วิธี S-N-K, Duncan, Waller-Duncan และ LSD

4.2 เมื่อ k= 4 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มขนาดเล็ก แต่ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่วิธี LSD และ Waller-Duncan จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มขนาดเล็ก แต่ในกลุ่มขนาดกลางวิธี LSD, Waller-Duncan และ Duncan จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน และในกลุ่มขนาดใหญ่ทั้ง 4 วิธีที่นำมาทดสอบได้แก่ วิธี LSD, S-N-K, Duncan และ Waller-Duncan จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน

4.3 เมื่อ k= 5 ถึง k=8 การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะมีผลการทดสอบเหมือนกัน โดยจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ 14 วิธี คือ 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 ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน และมีการแจกแจงปกติ กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน แล้วทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น

สรุปผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาดจะไม่แตกต่างกันในทุกขนาดการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาที่อำนาจการทดสอบ พบว่า วิธีการทดสอบจะมีอำนาจการทดสอบแปรผันตรงกับขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน

เมื่อพิจารณาที่จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบ 12 วิธีจะลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้นทั้งในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันได้แก่ วิธี 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 ส่วนอีก 2 วิธี ได้แก่ วิธี LSD และ Waller-Duncan จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนไม่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ทั้ง 14 วิธี โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาของ Bradley ได้ผลสรุปดังต่อไปนี้

ก. กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

1. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 มีด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธี LSD และ วิธี Duncan

2.วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 มีด้วยกัน 5 วิธี ได้แก่ วิธี Bonferroni , วิธี Tukey's HSD, วิธีHochberg's, วิธี Scheffe's และ วิธี R-E-G-WQ

3. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เฉพาะกรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อย แต่เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมีด้วยกัน4 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett, วิธี S-N-K , วิธี Tukey's bและวิธี R-E-G-WQ

4. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างมาก แต่ถ้าจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมีด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธี Sidak และวิธี Gabriel

5. วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากขึ้นมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Waller-Duncan

ข. กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีไม่ขนาดเท่ากัน

1. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 มีด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธี LSD, วิธี Waller-Duncan และวิธี Duncan

2.วิธีการทดสอบที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ k=3 ถึง k=8 มีด้วยกัน 6 วิธีได้แก่ วิธี Bonferroni, วิธี Sidak, วิธี Tukey's HSD, วิธีHochberg's, วิธี Scheffe's และวิธี R-E-G-WQ

3. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม แต่เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 3 กลุ่มจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มีด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธี Dunnett , วิธี Tukey's b และวิธี R-E-G-WQ

4. วิธีการทดสอบที่ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเฉพาะกรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากมี 1 วิธี ได้แก่ วิธี Gabriel แต่ถ้าจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาผลการทดลองเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์ 2 แบบ คือแบบ A และแบบ B สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ก. กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

1. เมื่อ k= 3 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A จะมีวิธี LSD และWaller-Duncan เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด แต่เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มขนาดเล็กจะมี 2 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ได้แก่ วิธี Waller-Duncan และLSD

แต่ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี Waller-Duncan, LSD, Duncan และ S-N-K

2. เมื่อ k= 4 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ในกลุ่มขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน แต่ในกลุ่มขนาดกลางวิธี Sidak จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด และเมื่อเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะมีวิธี LSD และ Waller-Duncan ที่มีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะพบว่า ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันและในกลุ่มขนาดกลางวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด คือ วิธี Sidak แต่เมื่อเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี Waller-Duncan, S-N-K, Duncan และ LSD

3. เมื่อ k= 5 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่างจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี Gabriel และ Sidak เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเป็นกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด

4. เมื่อ k=6 ถึง k=8 การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะทำให้ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด

ข. กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีไม่ขนาดเท่ากัน

1. เมื่อ k= 3 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A พบว่า วิธี LSD และ Waller-Duncan เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกันในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะมีวิธี LSD และ Waller-Duncan เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด แต่ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมี 4 วิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ได้แก่ วิธี S-N-K, Duncan, Waller-Duncan และ LSD

2. เมื่อ k= 4 และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A วิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มขนาดเล็ก แต่ในกลุ่มขนาดกลางและขนาดใหญ่วิธี LSD และ Waller-Duncan จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน และเมื่อเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B วิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มขนาดเล็ก แต่ในกลุ่มขนาดกลางวิธี LSD, Waller-Duncan และ Duncan จะเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน และในกลุ่มขนาดใหญ่ทั้ง 4 วิธีที่นำมาทดสอบได้แก่ วิธี LSD, S-N-K, Duncan และ Waller-Duncanจะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน

3. เมื่อ k= 5 ถึง k=8 การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะมีผลการทดสอบเหมือนกันโดยจะมีวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุดในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด

อภิปรายผลการวิจัย

ในการเลือกใช้สถิติการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ผู้วิจัยจำเป็นต้องพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ และประชากรทั้ง k กลุ่มมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตั้งแต่ $k = 3$ กลุ่มถึง $k = 8$ กลุ่ม พบว่า วิธี Scheffe's จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยมากทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยที่ k=3 ในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามขนาดจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 0.005–0.007 ที่ k=4 จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.001 ในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามขนาด และที่ k=5 ถึง k=8 จะพบว่าวิธี Scheffe's จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนเป็น 0.000 ในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามขนาดเช่นกัน แต่วิธีการทดสอบอื่น ๆ จะไม่มีอัตราความคลาดเคลื่อนต่ำขนาดนี้ ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Boardman and Moffitt ในส่วนที่ว่า "วิธีของ Scheffe's เป็นวิธีเปรียบเทียบพหุคูณที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนที่คงเดิมมากสุด" และตรงกับการศึกษาของ Carmer and Swanson (1973) ด้วยเช่นกัน ซึ่ง Carmer and Swanson กล่าวไว้ว่า "อัตราความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณของ Scheffe's มีค่าน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ" นอกจากนี้แล้วจากเอกสารของบุญชม ศรีสะอาด (2538) ก็กล่าวไว้ว่า "ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน วิธีของ Scheffe's มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญของความแตกต่างน้อยกว่าวิธีอื่น" ดังนั้นถ้าพิจารณาอัตราความคลาดเคลื่อนโดยรวมก็สามารถอนุมานได้ว่าวิธี Scheffe's จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ และมีค่าคงที่มากที่สุด นอกจากวิธีของ Scheffe's แล้วผลการศึกษาของ Carmer and Swanson ยังพบว่า วิธีของ Tukey's จะให้อัตราความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีของ S-N-K และจะยังใช้ได้ผลดีแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งตรงกับผลการวิจัยในครั้งนี้เช่นกัน เพราะว่าวิธี Tukey's จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และก็น้อยกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนของวิธี S-N-K ในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามขนาดและทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน

เมื่อพิจารณาที่วิธีการทดสอบ Bonferroni, Tukey's HSD, Hochberg's, R-E-G-WQ และ Scheffe's จะพบว่ามีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกขนาดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับเอกสารของ สุชาดา บวรกิติวงศ์ (2548) ที่ระบุว่า "Bonferroni จะยากต่อการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ นอกจากคู่ที่ทดสอบจะมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมากจริง ๆ จึงเป็นวิธีที่นักวิจัยไม่นิยมนำมาใช้ และวิธีนี้จะมีจุดแข็งคือสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ทั้งหมด แต่วิธีนี้มีจุดอ่อนตรงที่ถ้าการทดสอบมีจำนวนคู่ในการทดสอบมากก็จะยิ่งเพิ่มโอกาสปฏิเสธสมมติฐานศูนย์มากขึ้น วิธีของ Scheffe's จะมีการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ทั้งหมด (overall Type I error rates) จะมีคนนิยมใช้อยู่ในระดับปานกลาง วิธีของ Tukey's จะมีการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด จะใช้ได้ดีเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน" ดังนั้น เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของวิธี Bonferroni จะพบว่ายิ่งจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ก็จะยิ่งลดลงและต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในทุกขนาดการทดลองทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน แสดงว่า วิธีนี้ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เช่นเดียวกับวิธี Tukey's HSD, Hochberg's GT2, R-E-G-WQ และ Scheffe's และในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันวิธี Sidak ก็เป็นอีก 1 วิธีที่มีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเช่นเดียวกับ 5 วิธีที่กล่าวไป

เมื่อพิจารณาที่อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของ 4 วิธี ได้แก่วิธี Tukey's HSD, Scheffe's, Duncan และ S-N-K ทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันจะสามารถเรียงลำดับจากวิธีที่มีค่าน้อยไปมากได้เป็นวิธีของ Scheffe's, Tukey's HSD, S-N-K และDuncan ตามลำดับ ซึ่งพบว่าตรงกับเอกสารของบุญชม ศรีสะอาด (2538) ที่กล่าวว่า "การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรรวนแต่ละวิธีอาจให้ผลเหมือนกันหรือให้ผลแตกต่างกัน โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบ Type I error เรียงจากน้อยไปหามากคือ วิธีของ Scheffe's วิธีของ Tukey's วิธีของ Newman-Keuls และวิธีของ Duncan" แต่ในส่วนของเอกสารที่ว่า "วิธีของ Duncan มีโอกาสที่จะพบนัยสำคัญมากกว่าวิธีอื่น" นั้นจะพบว่าไม่ตรงกับผลในการทดลองในงานวิจัยฉบับนี้เพราะว่าจากการค้นพบในครั้งนี้นั้นวิธี Duncan จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าวิธี LSD, Sidak, Waller-Duncan และ Gabriel ทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันทุกแบบการทดลอง

เมื่อพิจารณาที่ความไว (Sensitiveness) ของตัวสถิติที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบ พบว่า การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A และแบบ B จะทำให้แต่ละวิธีการทดสอบได้ค่าอำนาจการทดสอบที่แตกต่างกันมากทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยที่การเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A มากกว่า 5 เท่าในทุกวิธีการทดสอบ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B มีโอกาสทำให้ค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มแตกต่างกันมากกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A นั่นเอง

จากผลการทดสอบพบว่ามีความสอดคล้องกับเอกสาร GLM Post Hoc Multiple Comparisons for Observed Mean ในส่วนที่ว่า ถ้าเป็นการทดสอบแบบ Multiple Comparison วิธีการของ Sidak จะมีความเหมาะสมในการใช้มากกว่า Bonferroni เนื่องจากผลการทดลองพบว่า วิธี Sidak จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันเมื่อ k= 6 ถึง k= 8 ทั้ง 3 ขนาดกลุ่มการทดลอง ในขณะที่วิธีของ Bonferroni ไม่สามารถ

ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณีทั้งที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน และข้อค้นพบดังกล่าวก็สอดคล้องเช่นเดียวกับในเอกสาร Multiple Comparisons

จากผลการทดลอง พบว่า ไม่สามารถสรุปความสอดคล้องกับเอกสารของ Gerard E. Dallal ได้ เนื่องจากขอบเขตการวิจัยในการทดลองครั้งนี้ที่ระบุว่า วิธีการทดสอบที่จะนำไปคำนวณหาอำนาจการทดสอบนั้นจะต้องเป็นวิธีที่มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด แต่ผลการทดลองพบว่ามีวิธีที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นบางวิธีและบางขนาดการทดลอง จึงไม่สามารถเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบทั้งหมดได้ นอกจากนี้แล้วจากแผนการทดลองที่ผู้วิจัยทำการทดลองไปทำให้ไม่สามารถสรุปความสอดคล้อง/ไม่สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ สุญาณี จิตตะยะโศธร (2524), วิชชุดา ศรีโสภา (2539), พหล ศักดิ์คะทัศน์ (2534), Bernhardson (1975) และ SAVILLE D.J. (1990) ได้ เนื่องจากเงื่อนไขในแผนการทดลองของทั้งห้าคนที่กล่าวไปนั้นแตกต่างกับการทดลองของผู้วิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้ในขั้นตอนการทำการทดลองผู้วิจัยได้ทำการลองทดสอบซ้ำ 1,000 ครั้ง เปรียบเทียบกับการทดสอบซ้ำ 10,000 พบว่า ในการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง จะให้ผลการทดลองที่ไม่นิ่ง ในขนาดการทดลองในหลายวิธี การทดสอบ เช่น วิธี Dunnett และวิธี Tukey's b ในขนาดการทดลอง $k = 3,\ n = 10,\ n_i = n_j$ จะได้ผลการทดสอบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่นิ่ง ค่าที่ได้จะแตกต่างกันจากการให้ทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง ในครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 หรือมากกว่านั้น แต่เมื่อผู้วิจัยทำการทดสอบให้ทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง พบว่า ผลการทดลองที่ได้จะนิ่ง คือมีค่าใกล้เคียงกันในการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง จากครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 หรือมากกว่านั้น

ข้อเสนอแนะ

ก. ข้อเสนอแนะเพื่อการเลือกใช้สถิติทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่

ผู้วิจัยจะขอแนะนำการเลือกใช้สถิติทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยการพิจารณาจากวิธีที่สามารถควบคุมควบคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี สามารถใช้ได้ทั้งในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถแจกแจงเป็นกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การเลือกใช้สถิติทดสอบเปรียบเทียบเฉลี่ยรายคู่ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนกลุ่ม	เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน	เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน
k=3	Waller-Duncan LSD Duncan	Waller-Duncan LSD Duncan
k=4	Waller-Duncan LSD S-N-K Duncan	Waller-Duncan LSD S-N-K Duncan
k=5	LSD S-N-K Gabriel Duncan	Waller-Duncan LSD S-N-K Gabriel Duncan
k=6	Sidak LSD Gabriel Duncan	Waller-Duncan LSD Gabriel Duncan
k=7	Sidak LSD Gabriel Duncan	Waller-Duncan LSD Gabriel Duncan
k=8	Sidak LSD Gabriel Duncan	Waller-Duncan LSD Gabriel Duncan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเฉพาะข้อมูลเฉพาะกรณีที่ประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน และมีการแจกแจงปกติ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนแตกต่างกันและมีการแจกแจงปกติ

2. เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเฉพาะข้อมูลเฉพาะกรณีที่ประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกันและมีการแจกแจงปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ในสภาพการวิจัยบางอย่างจำเป็นต้องใช้ระดับนัยสำคัญในการทดสอบต่ำกว่า 0.05 ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ระดับนัยสำคัญต่ำกว่า 0.05

3. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน และการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ

4. ควรศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ในแผนการทดลองแบบอื่น เช่น แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Completely Randomized Block Design) แบบบล็อกคงที่ (Fixed-effect) และแบบบล็อกสุ่ม (Random-effect) เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ และมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน รวมทั้งเมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ และมีความแปรปรวนแตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

บุญชม ศรีสะอาด. 2538. **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย**. ภาควิชาพื้นฐานของการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2543. **สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย**. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

พหล ศักดิ์คะทัศน์. 2534. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ความแปรปรวน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนัส สังวรศิลป์ และ วรรัตน์ ภัทรอมรกุล. 2543. **คู่มือการใช้งาน MATHLAB ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ: อินโฟเพรส.

มยุรี จิรธนสมบัติ. 2531. **การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบแบบพาราเมตริกกับนอนพาราเมริกซ์ในการวิเคราะห์โควาเรียนซ์ของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชชุดา ศรีโสภา. 2539. **การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการเปรียบเทียบพหุ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิไลลักษณ์ องค์จิระวุฒิ. 2522. **การเปรียบเทียบวิธีการต่างๆที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร โดยพิจารณาจากความผิด 3 ชนิด**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2534. **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิรินุช เอี่ยมเขียว. 2543. **ผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ภายใต้ความแปรปรวนที่แตกต่างกันจากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สุชาดา บวรกิติวงศ์. 2541. **ทำไม α ต้อง .05?**. วารสารวิธีวิทยาการวิจัย ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม: 13-20.

สุชาดา บวรกิติวงศ์. 2548. **สถิติประยุกต์ทางพฤติกรรมศาสตร์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาดา บวรกิติวงศ์. 2542. **อำนาจการทดสอบในการทดสอบรายคู่เชิงซ้อน**. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์(มกราคม-มีนาคม): 19 -34. (ม.ป.ท.).

สุญาณี จิตตะยะโศธร. 2524. **การศึกษาโดยวิธีมอนติคาร์โล: การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนประเภทที่1จากข้อมูลที่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการเปรียบเทียบพหุคูณ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพัตรา ชะมะบูรณ์. 2546. **การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Aspelmeier, J. 2002. **Multiple comparison handout**. Retrieved on August 10, 2004 from http://www.radford.edu/~jaspelme/611/Multiple%20Comparisons%20Handout. doc.

Bradley, J.V. 1968. **Distribution-free Statistical Test**. New Jersey: Prentice-Hall.

Clemens, S. Bernhardson. 1975. **Type I Error Rate When Multiple Comparison Procedures Follow a Significant F test of ANOVA**. Biometrics, 31. (n.d.).

Gerard, E. Dallal. 2001. PhD Scientist I, JM USDA HNRC. **Multiple Comparisons Procedures**. (n.p.).

John, A., Martha, L., and James, P. 2002. **Multiple Comparison Methods for Means**. Society for Industrial and Applied Mathematics, 44. (n.d.).

Kirk, R.E. 1995. **Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences**. 3 rd ed. USA: Brooks/ Cole Publishing Company.

SAVILLE, D.J. 1990. **Multiple Comparison procedure: The Practical Solution**. The American Statistician, 44. (n.d.).

SAS Institute Inc. 1999. **Multiple Comparisons**. Cary, NC, USA.

SPSS 11.0 Production Facility. **GLM Post Hoc Multiple Comparisons for Observed Mean**. (n.p.).

Thomas, J. Boardman., Donald, R. Moffitt. 1971. **Graphical Monte Carlo Type I error Rates for Multiple Comparison Procedures**. Biometrics, September. (n.d.).

www.rrz.uni-hamburg.de/RRZ/Software/SPSS/Algorith.115/app10_post_tests.pdf. **Appendix: Post Hoc Test**. (n.p.).

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างคำสั่ง: การวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

การวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม

```
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;
counth1=0;
counth2=0;
counth3=0;
counti1=0;
counti2=0;
counti3=0;
countj1=0;
countj2=0;
countj3=0;
countk1=0;
countk2=0;
countk3=0;
countl1=0;
countl2=0;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
countl3=0;
countm1=0;
countm2=0;
countm3=0;
countn1=0;
countn2=0;
countn3=0;
counto1=0;
counto2=0;
counto3=0;
countp1=0;
countp2=0;
countp3=0;
countq1=0;
countq2=0;
countq3=0;
for K=1:1:N
   d=normrnd(0,1,[1 n]);
   e=normrnd(0,1,[1 n]);
   f=normrnd(0,1,[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=abs(mean(a)-mean(c));
   y=abs(mean(a)-mean(b));
   z=abs(mean(b)-mean(c));
   A=2.58*sqrt((2*msw)/n);
```

```
B=2.558*sqrt(msw/n);
C=2.35*sqrt((2*msw)/n);
D=sqrt((2*msw*4.23)/n);
E=3.53*sqrt(msw/n);
F=2.052*sqrt((2*msw)/n);
G1=3.53*sqrt(msw/n);
G2=2.92*sqrt(msw/n);
G3=2.92*sqrt(msw/n);
H1=(G1+E)/2;
H2=(G2+E)/2;
H3=(G3+E)/2;
I1=3.066*sqrt(msw/n);
I2=2.919*sqrt(msw/n);
I3=2.919*sqrt(msw/n);
MJK=2.56;
J1=x/sqrt((2*msw)/n);
J2=y/sqrt((2*msw)/n);
J3=z/sqrt((2*msw)/n);
K1=x/sqrt(msw/n);
K2=y/sqrt(msw/n);
K3=z/sqrt(msw/n);
L=sqrt((k-1)*4.23*msw*(2/n));
R=n*(mean(a)^2+mean(c)^2);
S=n*(mean(a)^2+mean(b)^2);
T=n*(mean(b)^2+mean(c)^2);
U=(n*(mean(a)+mean(c)))^2/(n+n);
V=(n*(mean(a)+mean(b)))^2/(n+n);
W=(n*(mean(b)+mean(c)))^2/(n+n);
WF=5.092;
M1=(R-U)/msw;
M2=(S-V)/msw;
M3=(T-W)/msw;
N1=(mean(a)-mean(c))/sqrt(msw/n);
N2=(mean(a)-mean(b))/sqrt(msw/n);
N3=(mean(b)-mean(c))/sqrt(msw/n);
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
NQ1=3.53;
NQ2=3.177;
NQ3=3.177;
if x>A
  d1=1;
else
  d1=0;
end;
if y>A
  d2=1;
else
  d2=0;
end;
if z>A
  d3=1;
else
  d3=0;
end;
if x>B
  e1=1;
else
  e1=0;
end;
if y>B
  e2=1;
else
  e2=0;
end;
if z>B
  e3=1;
else
  e3=0;
end;
if x>C
  f1=1;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
else
  f1=0;
end;
if y>C
  f2=1;
else
  f2=0;
end;
if z>C
  f3=1;
else
  f3=0;
end;
if x>D
  g1=1;
else
  g1=0;
end;
if y>D
  g2=1;
else
  g2=0;
end;
if z>D
  g3=1;
else
  g3=0;
end;
if x>E
  h1=1;
else
  h1=0;
end;
if y>E
  h2=1;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
else
  h2=0;
end;
if z>E
  h3=1;
else
  h3=0;
end;
if x>F
  i1=1;
else
  i1=0;
end;
if y>F
  i2=1;
else
  i2=0;
end;
if z>F
  i3=1;
else
  i3=0;
end;
if x>G1
  j1=1;
else
  j1=0;
end;
if y>G2
  j2=1;
else
  j2=0;
end;
if z>G3
  j3=1;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
else
  j3=0;
end;
if x>H1
  k1=1;
else
  k1=0;
end;
if y>H2
  k2=1;
else
  k2=0;
end;
if z>H3
  k3=1;
else
  k3=0;
end;
if x>I1
  I1=1;
else
  I1=0;
end;
if y>I2
  I2=1;
else
  I2=0;
end;
if z>I3
  I3=1;
else
  I3=0;
end;
if J1>MJK
  m1=1;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
else
   m1=0;
end;
if J2>MJK
   m2=1;
else
   m2=0;
end;
if J3>MJK
   m3=1;
else
   m3=0;
end;
if K1>MJK
   n1=1;
else
   n1=0;
end;
if K2>MJK
   n2=1;
else
   n2=0;
end;
if K3>MJK
   n3=1;
else
   n3=0;
end;
if x>L
   o1=1;
else
   o1=0;
end;
if y>L
   o2=1;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
else
  o2=0;
end;
if z>L
  o3=1;
else
  o3=0;
end;
if M1>WF
  p1=1;
else
  p1=0;
end;
if M2>WF
  p2=1;
else
  p2=0;
end;
if M3>WF
  p3=1;
else
  p3=0;
end;
if N1>NQ1
  q1=1;
else
  q1=0;
end;
if N2>NQ2
  q2=1;
else
  q2=0;
end;
if N3>NQ3
  q3=1;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
else
  q3=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;
counth1=counth1+h1;
counth2=counth2+h2;
counth3=counth3+h3;
counti1=counti1+i1;
counti2=counti2+i2;
counti3=counti3+i3;
countj1=countj1+j1;
countj2=countj2+j2;
countj3=countj3+j3;
countk1=countk1+k1;
countk2=countk2+k2;
countk3=countk3+k3;
countl1=countl1+l1;
countl2=countl2+l2;
countl3=countl3+l3;
countm1=countm1+m1;
countm2=countm2+m2;
countm3=countm3+m3;
countn1=countn1+n1;
countn2=countn2+n2;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    countn3=countn3+n3;
    counto1=counto1+o1;
    counto2=counto2+o2;
    counto3=counto3+o3;
    countp1=countp1+p1;
    countp2=countp2+p2;
    countp3=countp3+p3;
    countq1=countq1+q1;
    countq2=countq2+q2;
    countq3=countq3+q3;
end
countd1;
countd2;
countd3;
counte1;
counte2;
counte3;
countf1;
countf2;
countf3;
countg1;
countg2;
countg3;
counth1;
counth2;
counth3;
counti1;
counti2;
counti3;
countj1;
countj2;
countj3;
countk1;
countk2;
countk3;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

countl1;

countl2;

countl3;

countm1;

countm2;

countm3;

countn1;

countn2;

countn3;

counto1;

counto2;

counto3;

countp1;

countp2;

countp3;

countq1;

countq2;

countq3;

Bonferroni=(countd1+countd2+countd3)/30000

Sidak=(counte1+counte2+counte3)/30000

Dunnett=(countf1+countf2+countf3)/30000

LSD=(countg1+countg2+countg3)/30000

HSD=(counth1+counth2+counth3)/30000

Waller=(counti1+counti2+counti3)/30000

SNK=(countj1+countj2+countj3)/30000

Tukeyb=(countk1+countk2+countk3)/30000

Duncan=(countl1+countl2+countl3)/30000

GT2=(countm1+countm2+countm3)/30000

Gabriel=(countn1+countn2+countn3)/30000

Scheffes=(counto1+counto2+counto3)/30000

REGWF=(countp1+countp2+countp3)/30000

REGWQ=(countq1+countq2+countq3)/30000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างคำสั่ง: การวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ

การวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน 3 กลุ่ม

```
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;
counth1=0;
counth2=0;
counth3=0;
counti1=0;
counti2=0;
counti3=0;
countj1=0;
countj2=0;
countj3=0;
countk1=0;
countk2=0;
countk3=0;
countl1=0;
countl2=0;
countl3=0;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
countm1=0;
countm2=0;
countm3=0;
countn1=0;
countn2=0;
countn3=0;
counto1=0;
counto2=0;
counto3=0;
countp1=0;
countp2=0;
countp3=0;
countq1=0;
countq2=0;
countq3=0;
for K=1:1:N
   d=normrnd(0,1,[1 n]);
   e=normrnd(0,1,[1 n]);
   f=normrnd(0,1,[1 n]);
   a=d+1.0;
   b=e+0.5;
   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=abs(mean(a)-mean(c));
   y=abs(mean(a)-mean(b));
   z=abs(mean(b)-mean(c));
   A=2.58*sqrt((2*msw)/n);
   B=2.558*sqrt(msw/n);
```

```
C=2.35*sqrt((2*msw)/n);
D=sqrt((2*msw*4.23)/n);
E=3.53*sqrt(msw/n);
F=2.052*sqrt((2*msw)/n);
G1=3.53*sqrt(msw/n);
G2=2.92*sqrt(msw/n);
G3=2.92*sqrt(msw/n);
H1=(G1+E)/2;
H2=(G2+E)/2;
H3=(G3+E)/2;
I1=3.066*sqrt(msw/n);
I2=2.919*sqrt(msw/n);
I3=2.919*sqrt(msw/n);
MJK=2.56;
J1=x/sqrt((2*msw)/n);
J2=y/sqrt((2*msw)/n);
J3=z/sqrt((2*msw)/n);
K1=x/sqrt(msw/n);
K2=y/sqrt(msw/n);
K3=z/sqrt(msw/n);
L=sqrt((k-1)*4.23*msw*(2/n));
R=n*(mean(a)^2+mean(c)^2);
S=n*(mean(a)^2+mean(b)^2);
T=n*(mean(b)^2+mean(c)^2);
U=(n*(mean(a)+mean(c)))^2/(n+n);
V=(n*(mean(a)+mean(b)))^2/(n+n);
W=(n*(mean(b)+mean(c)))^2/(n+n);
WF=5.092;
M1=(R-U)/msw;
M2=(S-V)/msw;
M3=(T-W)/msw;
N1=(mean(a)-mean(c))/sqrt(msw/n);
N2=(mean(a)-mean(b))/sqrt(msw/n);
N3=(mean(b)-mean(c))/sqrt(msw/n);
NQ1=3.53;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
NQ2=3.177;
NQ3=3.177;
if x>A
  d1=1;
else
  d1=0;
end;
if y>A
  d2=1;
else
  d2=0;
end;
if z>A
  d3=1;
else
  d3=0;
end;
if x>B
  e1=1;
else
  e1=0;
end;
if y>B
  e2=1;
else
  e2=0;
end;
if z>B
  e3=1;
else
  e3=0;
end;
if x>C
  f1=1;
else
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  f1=0;
end;
if y>C
  f2=1;
else
  f2=0;
end;
if z>C
  f3=1;
else
  f3=0;
end;
if x>D
  g1=1;
else
  g1=0;
end;
if y>D
  g2=1;
else
  g2=0;
end;
if z>D
  g3=1;
else
  g3=0;
end;
if x>E
  h1=1;
else
  h1=0;
end;
if y>E
  h2=1;
else
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  h2=0;
end;
if z>E
  h3=1;
else
  h3=0;
end;
if x>F
  i1=1;
else
  i1=0;
end;
if y>F
  i2=1;
else
  i2=0;
end;
if z>F
  i3=1;
else
  i3=0;
end;
if x>G1
  j1=1;
else
  j1=0;
end;
if y>G2
  j2=1;
else
  j2=0;
end;
if z>G3
  j3=1;
else
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  j3=0;
end;
if x>H1
  k1=1;
else
  k1=0;
end;
if y>H2
  k2=1;
else
  k2=0;
end;
if z>H3
  k3=1;
else
  k3=0;
end;
if x>I1
  I1=1;
else
  I1=0;
end;
if y>I2
  I2=1;
else
  I2=0;
end;
if z>I3
  I3=1;
else
  I3=0;
end;
if J1>MJK
  m1=1;
else
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  m1=0;
end;
if J2>MJK
  m2=1;
else
  m2=0;
end;
if J3>MJK
  m3=1;
else
  m3=0;
end;
if K1>MJK
  n1=1;
else
  n1=0;
end;
if K2>MJK
  n2=1;
else
  n2=0;
end;
if K3>MJK
  n3=1;
else
  n3=0;
end;
if x>L
  o1=1;
else
  o1=0;
end;
if y>L
  o2=1;
else
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  o2=0;
end;
if z>L
  o3=1;
else
  o3=0;
end;
if M1>WF
  p1=1;
else
  p1=0;
end;
if M2>WF
  p2=1;
else
  p2=0;
end;
if M3>WF
  p3=1;
else
  p3=0;
end;
if N1>NQ1
  q1=1;
else
  q1=0;
end;
if N2>NQ2
  q2=1;
else
  q2=0;
end;
if N3>NQ3
  q3=1;
else
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  q3=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;
counth1=counth1+h1;
counth2=counth2+h2;
counth3=counth3+h3;
counti1=counti1+i1;
counti2=counti2+i2;
counti3=counti3+i3;
countj1=countj1+j1;
countj2=countj2+j2;
countj3=countj3+j3;
countk1=countk1+k1;
countk2=countk2+k2;
countk3=countk3+k3;
countl1=countl1+l1;
countl2=countl2+l2;
countl3=countl3+l3;
countm1=countm1+m1;
countm2=countm2+m2;
countm3=countm3+m3;
countn1=countn1+n1;
countn2=countn2+n2;
countn3=countn3+n3;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    counto1=counto1+o1;
    counto2=counto2+o2;
    counto3=counto3+o3;
    countp1=countp1+p1;
    countp2=countp2+p2;
    countp3=countp3+p3;
    countq1=countq1+q1;
    countq2=countq2+q2;
    countq3=countq3+q3;
end
countd1;
countd2;
countd3;
counte1;
counte2;
counte3;
countf1;
countf2;
countf3;
countg1;
countg2;
countg3;
counth1;
counth2;
counth3;
counti1;
counti2;
counti3;
countj1;
countj2;
countj3;
countk1;
countk2;
countk3;
countl1;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
countl2;
countl3;
countm1;
countm2;
countm3;
countn1;
countn2;
countn3;
counto1;
counto2;
counto3;
countp1;
countp2;
countp3;
countq1;
countq2;
countq3;
power1=30000-(countd1+countd2+countd3);
power2=30000-(counte1+counte2+counte3);
power3=30000-(countf1+countf2+countf3);
power4=30000-(countg1+countg2+countg3);
power5=30000-(counth1+counth2+counth3);
power6=30000-(counti1+counti2+counti3);
power7=30000-(countj1+countj2+countj3);
power8=30000-(countk1+countk2+countk3);
power9=30000-(countl1+countl2+countl3);
power10=30000-(countm1+countm2+countm3);
power11=30000-(countn1+countn2+countn3);
power12=30000-(counto1+counto2+counto3);
power13=30000-(countp1+countp2+countp3);
power14=30000-(countq1+countq2+countq3);
powerBonferroni=1-power1/30000;
powerSidak=1-power2/30000;
powerDunnett=1-power3/30000
powerLSD=1-power4/30000
```

```
powerHSD=1-power5/30000;
powerWaller=1-power6/30000
powerSNK=1-power7/30000
powerTukeyb=1-power8/30000
powerDuncan=1-power9/30000
powerGT2=1-power10/30000;
powerGabriel=1-power11/30000;
powerpowerScheffes=1-power12/30000;
powerREGWF=1-power13/30000
powerREGWQ=1-power14/30000;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

1. ผลการวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

>>test3kas

Bonferroni = 0.0147

Sidak = 0.0805

Dunnett = 0.0253

LSD = 0.0481

HSD = 0.0180

Waller = 0.0485

SNK = 0.0379

Tukeyb = 0.0262

Duncan = 0.0448

GT2 = 0.0156

Gabriel = 0.0802

Scheffes = 0.0067

REGWF = 0.0316

REGWQ = 0.0141

>> test3kam

Bonferroni = 0.0148

Sidak = 0.0864

Dunnett = 0.0253

LSD = 0.0489

HSD = 0.0177

Waller = 0.0489

SNK = 0.0378

Tukeyb = 0.0255

Duncan = 0.0448

GT2 = 0.0183

Gabriel = 0.0952

Scheffes = 0.0057

REGWF = 0.0314

REGWQ = 0.0140

>> test3kal

Bonferroni = 0.0157

Sidak = 0.0893

Dunnett = 0.0271

LSD = 0.0501

HSD = 0.0188

Waller = 0.0501

SNK = 0.0391

Tukeyb = 0.0277

Duncan = 0.0456

GT2 = 0.0180

Gabriel = 0.0928

Scheffes = 0.0054

REGWF = 0.0331

REGWQ = 0.0151

>> test4kas

Bonferroni = 0.0115

Sidak = 0.0677

Dunnett = 0.0179

LSD = 0.0471

HSD = 0.0095

Waller = 0.0471

SNK = 0.0311

Tukeyb = 0.0175

Duncan = 0.0414

GT2 = 0.0121

Gabriel = 0.0684

Scheffes = 9.1667e-004

REGWF = 0.0228

REGWQ = 0.0094

>> test4kam

Bonferroni = 0.0118

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sidak = 0.0717

Dunnett = 0.0183

LSD = 0.0474

HSD = 0.0096

Waller = 0.0474

SNK = 0.0320

Tukeyb = 0.0178

Duncan = 0.0310

GT2 = 0.0150

Gabriel = 0.0805

Scheffes = 6.8333e-004

REGWF = 0.0236

REGWQ = 0.0108

>> test4kal

Bonferroni = 0.0131

Sidak = 0.0792

Dunnett = 0.0196

LSD = 0.0500

HSD = 0.0108

Waller = 0.0516

SNK = 0.0341

Tukeyb = 0.0189

Duncan = 0.0335

GT2 = 0.0136

Gabriel = 0.0793

Scheffes = 8.0000e-004

REGWF = 0.0250

REGWQ = 0.0111

>> test5kas

Bonferroni = 0.0095

Sidak = 0.0629

Dunnett = 0.0142

LSD = 0.0486

HSD = 0.0065

Waller = 0.1436

SNK = 0.0277

Tukeyb = 0.0127

Duncan = 0.0407

GT2 = 0.0100

Gabriel = 0.0634

Scheffes = 2.6000e-004

REGWF = 0.0186

REGWQ = 0.0070

>> test5kam

Bonferroni = 0.0097

Sidak = 0.0683

Dunnett = 0.0149

LSD = 0.0505

HSD = 0.0065

Waller = 0.1457

SNK = 0.0284

Tukeyb = 0.0133

Duncan = 0.0418

GT2 = 0.0113

Gabriel = 0.0724

Scheffes = 1.7000e-004

REGWF = 0.0198

REGWQ = 0.0070

>> test5kal

Bonferroni = 0.0102

Sidak = 0.1037

Dunnett = 0.0150

LSD = 0.0503

HSD = 0.0062

Waller = 0.1454

SNK = 0.0286

Tukeyb = 0.0136

Duncan = 0.0414

GT2 = 0.0104

Gabriel = 0.0707

Scheffes = 1.1000e-004

REGWF = 0.0195

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REGWQ = 0.0076

>> test6kas

Bonferroni = 0.0073

Sidak = 0.0557

Dunnett = 0.0114

LSD = 0.0486

HSD = 0.0041

Waller = 0.1121

SNK = 0.0244

Tukeyb = 0.0096

Duncan = 0.0385

GT2 = 0.0078

Gabriel = 0.0565

Scheffes = 4.0000e-005

REGWF = 0.0155

REGWQ = 0.0051

>> test6kam

Bonferroni = 0.0084

Sidak = 0.0610

Dunnett = 0.0119

LSD = 0.0500

HSD = 0.0045

Waller = 0.1132

SNK = 0.0251

Tukeyb = 0.0104

Duncan = 0.0364

GT2 = 0.0096

Gabriel = 0.0655

Scheffes = 6.6667e-006

REGWF = 0.0168

REGWQ = 0.0057

>> test6kal

Bonferroni = 0.0088

Sidak = 0.0647

Dunnett = 0.0128

LSD = 0.0514

HSD = 0.0049

Waller = 0.1146

SNK = 0.0258

Tukeyb = 0.0109

Duncan = 0.0406

GT2 = 0.0090

Gabriel = 0.0606

Scheffes = 6.6667e-006

REGWF = 0.0176

REGWQ = 0.0060

>> test7kas

Bonferroni = 0.0073

Sidak = 0.0540

Dunnett = 0.0107

LSD = 0.0499

HSD = 0.0037

Waller = 0.1402

SNK = 0.0227

Tukeyb = 0.0086

Duncan = 0.0381

GT2 = 0.0087

Gabriel = 0.0590

Scheffes = 4.7619e-006

REGWF = 0.0142

REGWQ = 0.0045

>> test7kam

Bonferroni = 0.0075

Sidak = 0.0575

Dunnett = 0.0104

LSD = 0.0486

HSD = 0.0037

Waller = 0.1405

SNK = 0.0226

Tukeyb = 0.0088

Duncan = 0.0377

GT2 = 0.0088

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Gabriel = 0.0628

Scheffes = 0

REGWF = 0.0133

REGWQ = 0.0045

>> test7kal

Bonferroni = 0.0077

Sidak = 0.0599

Dunnett = 0.0110

LSD = 0.0517

HSD = 0.0035

Waller = 0.1421

SNK = 0.0235

Tukeyb = 0.0089

Duncan = 0.0392

GT2 = 0.0093

Gabriel = 0.0650

Scheffes = 0

REGWF = 0.0145

REGWQ = 0.0047

>> test8kas

Bonferroni = 0.0056

Sidak = 0.0486

Dunnett = 0.0086

LSD = 0.0484

HSD = 0.0023

Waller = 0.1161

SNK = 0.0193

Tukeyb = 0.0065

Duncan = 0.0355

GT2 = 0.0079

Gabriel = 0.0578

Scheffes = 3.5714e-006

REGWF = 0.0120

REGWQ = 0.0026

>> test8kam

Bonferroni = 0.0067

Sidak = 0.0554

Dunnett = 0.0097

LSD = 0.0497

HSD = 0.0027

Waller = 0.1528

SNK = 0.0209

Tukeyb = 0.0073

Duncan = 0.0372

GT2 = 0.0091

Gabriel = 0.0649

Scheffes = 3.5714e-006

REGWF = 0.0128

REGWQ = 0.0028

>> test8kal

Bonferroni = 0.0063

Sidak = 0.0541

Dunnett = 0.0094

LSD = 0.0504

HSD = 0.0026

Waller = 0.0843

SNK = 0.0205

Tukeyb = 0.0071

Duncan = 0.0367

GT2 = 0.0089

Gabriel = 0.0628

Scheffes = 0

REGWF = 0.0131

REGWQ = 0.0028

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.ผลการวิเคราะห์อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

>> test3kbs

Bonferroni = 0.0165

Sidak = 0.0174

Dunnett = 0.0278

LSD = 0.0493

HSD = 0.0201

Waller = 0.0492

SNK = 0.0397

Tukeyb = 0.0278

Duncan = 0.0462

GT2 = 0.0177

Gabriel = 0.0845

Scheffes = 0.0059

REGWF = 0.0327

REGWQ = 0.0150

>> test3kbm

Bonferroni = 0.0170

Sidak = 0.0175

Dunnett = 0.0268

LSD = 0.0499

HSD = 0.0200

Waller = 0.0501

SNK = 0.0401

Tukeyb = 0.0278

Duncan = 0.0463

GT2 = 0.0177

Gabriel = 0.0884

Scheffes = 0.0063

REGWF = 0.0332

REGWQ = 0.0145

>> test3kbl

Bonferroni = 0.0176

Sidak = 0.0177

Dunnett = 0.0266

LSD = 0.0479

HSD = 0.0194

Waller = 0.0497

SNK = 0.0403

Tukeyb = 0.0272

Duncan = 0.0460

GT2 = 0.0176

Gabriel = 0.0891

Scheffes = 0.0058

REGWF = 0.0312

REGWQ = 0.0148

>> test4kbs

Bonferroni = 0.0117

Sidak = 0.0120

Dunnett = 0.0182

LSD = 0.0502

HSD = 0.0100

Waller = 0.0501

SNK = 0.0328

Tukeyb = 0.0176

Duncan = 0.0437

GT2 = 0.0121

Gabriel = 0.0738

Scheffes = 0.0010

REGWF = 0.0234

REGWQ = 0.0102

>> test4kbm

Bonferroni = 0.0120

Sidak = 0.0125

Dunnett = 0.0185

LSD = 0.0489

HSD = 0.0101

Waller = 0.0495

SNK = 0.0330

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tukeyb = 0.0182

Duncan = 0.0429

GT2 = 0.0139

Gabriel = 0.0796

Scheffes = 5.5000e-004

REGWF = 0.0243

REGWQ = 0.0111

>> test4kbl

Bonferroni = 0.0136

Sidak = 0.0138

Dunnett = 0.0195

LSD = 0.0495

HSD = 0.0113

Waller = 0.0505

SNK = 0.0341

Tukeyb = 0.0188

Duncan = 0.0444

GT2 = 0.0138

Gabriel = 0.0791

Scheffes = 8.0000e-004

REGWF = 0.0243

REGWQ = 0.0113

>> test5kbs

Bonferroni = 0.0099

Sidak = 0.0101

Dunnett = 0.0145

LSD = 0.0494

HSD = 0.0065

Waller = 0.0498

SNK = 0.0278

Tukeyb = 0.0132

Duncan = 0.0361

GT2 = 0.0101

Gabriel = 0.0650

Scheffes = 1.9000e-004

REGWF = 0.0199

REGWQ = 0.0076

>> test5kbm

Bonferroni = 0.0097

Sidak = 0.0099

Dunnett = 0.0143

LSD = 0.0484

HSD = 0.0063

Waller = 0.0486

SNK = 0.0278

Tukeyb = 0.0128

Duncan = 0.0399

GT2 = 0.0109

Gabriel = 0.0699

Scheffes = 9.0000e-005

REGWF = 0.0191

REGWQ = 0.0072

>> test5kbl

Bonferroni = 0.0107

Sidak = 0.0112

Dunnett = 0.0157

LSD = 0.0544

HSD = 0.0068

Waller = 0.0541

SNK = 0.0307

Tukeyb = 0.0141

Duncan = 0.0449

GT2 = 0.0111

Gabriel = 0.0732

Scheffes = 1.0000e-004

REGWF = 0.0216

REGWQ = 0.0077

>>test6kbs

Bonferroni = 0.0079

Sidak = 0.0082

Dunnett = 0.0120

LSD = 0.0489

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HSD = 0.0044

Waller = 0.0492

SNK = 0.0243

Tukeyb = 0.0099

Duncan = 0.0385

GT2 = 0.0082

Gabriel = 0.0579

Scheffes = 6.6667e-006

REGWF = 0.0160

REGWQ = 0.0053

>> test6kbm

Bonferroni = 0.0090

Sidak = 0.0093

Dunnett = 0.0129

LSD = 0.0502

HSD = 0.0050

Waller = 0.0520

SNK = 0.0263

Tukeyb = 0.0110

Duncan = 0.0405

GT2 = 0.0094

Gabriel = 0.0647

Scheffes = 0

REGWF = 0.0167

REGWQ = 0.0057

>> test6kbl

Bonferroni = 0.0088

Sidak = 0.0090

Dunnett = 0.0124

LSD = 0.0503

HSD = 0.0047

Waller = 0.0508

SNK = 0.0255

Tukeyb = 0.0106

Duncan = 0.0396

GT2 = 0.0090

Gabriel = 0.0635

Scheffes = 4.0000e-005

REGWF = 0.0175

REGWQ = 0.0057

>> test7kbs

Bonferroni = 0.0065

Sidak = 0.0067

Dunnett = 0.0098

LSD = 0.0486

HSD = 0.0029

Waller = 0.0495

SNK = 0.0212

Tukeyb = 0.0077

Duncan = 0.0369

GT2 = 0.0101

Gabriel = 0.0662

Scheffes = 4.7619e-006

REGWF = 0.0138

REGWQ = 0.0041

>> test7kbm

Bonferroni = 0.0074

Sidak = 0.0075

Dunnett = 0.0105

LSD = 0.0494

HSD = 0.0035

Waller = 0.0513

SNK = 0.0228

Tukeyb = 0.0084

Duncan = 0.0384

GT2 = 0.0087

Gabriel = 0.0638

Scheffes = 4.7619e-006

REGWF = 0.0139

REGWQ = 0.0043

>> test7kbl

Bonferroni = 0.0075

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sidak = 0.0076

Dunnett = 0.0105

LSD = 0.0506

HSD = 0.0034

Waller = 0.0636

SNK = 0.0228

Tukeyb = 0.0085

Duncan = 0.0382

GT2 = 0.0089

Gabriel = 0.0632

Scheffes = 0

REGWF = 0.0148

REGWQ = 0.0050

>> test8kbs

Bonferroni = 0.0060

Sidak = 0.0063

Dunnett = 0.0090

LSD = 0.0496

HSD = 0.0024

Waller = 0.0505

SNK = 0.0202

Tukeyb = 0.0069

Duncan = 0.0364

GT2 = 0.0095

Gabriel = 0.0648

Scheffes = 0

REGWF = 0.0122

REGWQ = 0.0026

>> test8kbm

Bonferroni = 0.0063

Sidak = 0.0065

Dunnett = 0.0091

LSD = 0.0509

HSD = 0.0026

Waller = 0.0511

SNK = 0.0206

Tukeyb = 0.0070

Duncan = 0.0369

GT2 = 0.0087

Gabriel = 0.0638

Scheffes = 0

REGWF = 0.0127

REGWQ = 0.0027

>> test8kbl

Bonferroni = 0.0062

Sidak = 0.0065

Dunnett = 0.0091

LSD = 0.0507

HSD = 0.0025

Waller = 0.0512

SNK = 0.0202

Tukeyb = 0.0069

Duncan = 0.0365

GT2 = 0.0087

Gabriel = 0.0636

Scheffes = 0

REGWF = 0.0128

REGWQ = 0.0025

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ

1. ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A

>>test3kasA
powerDunnett = 0.0311
powerLSD = 0.0579
powerWaller = 0.0584
powerSNK = 0.0443
powerTukeyb = 0.0313
powerDuncan = 0.0528
powerREGWF = 0.0383
>> test3kamA
powerDunnett = 0.0501
powerLSD = 0.0850
powerWaller = 0.0850
powerSNK = 0.0637
powerTukeyb = 0.0484
powerDuncan = 0.0779
powerREGWF = 0.0594
>> test3kalA
powerDunnett = 0.0774
powerLSD = 0.1199
powerWaller = 0.1198
powerSNK = 0.0903
powerTukeyb = 0.0727
powerDuncan = 0.1105
powerREGWF = 0.0898
>> test4kasA
powerSidak = 0.0906
powerLSD = 0.0646
powerWaller = 0.0646
powerSNK = 0.0406
powerDuncan = 0.0566
powerGabriel = 0.0917
>> test4kamA
powerSidak = 0.1397
powerLSD = 0.1035
powerWaller = 0.1035
powerSNK = 0.0624
powerDuncan = 0.0657
>> test4kalA
powerLSD = 0.1697
powerWaller = 0.1724
powerSNK = 0.1103
powerDuncan = 0.1124
powerREGWF = 0.1111
>> test5kasA
powerSidak = 0.0955
powerLSD = 0.0769
powerSNK = 0.0397
powerDuncan = 0.0635
powerGabriel = 0.0962
>> test5kamA

powerSidak = 0.1684

powerLSD = 0.1392

powerSNK = 0.0717

powerDuncan = 0.1159

powerGabriel = 0.1755

>> test5kalA

powerLSD = 0.2280

powerSNK = 0.1333

powerDuncan = 0.1983

powerGabriel = 0.2674

>> test6kasA

powerSidak = 0.0974

powerLSD = 0.0871

powerDuncan = 0.0681

powerGabriel = 0.0985

>> test6kamA

powerSidak = 0.1956

powerLSD = 0.1736

powerSNK = 0.0804

powerDuncan = 0.1381

powerGabriel = 0.2037

>> test6kalA

powerSidak = 0.3164

powerLSD = 0.2885

powerSNK = 0.1647

powerDuncan = 0.2510

powerGabriel = 0.3766

>> test7kasA

powerSidak = 0.1093

powerLSD = 0.1028

powerDuncan = 0.0783

powerGabriel = 0.1167

>> test7kamA

powerSidak = 0.2321

powerLSD = 0.2130

powerDuncan = 0.1760

powerGabriel = 0.2421

>> test7kalA

powerSidak = 0.3636

powerLSD = 0.3466

powerDuncan = 0.3037

powerGabriel = 0.3741

>> test8kasA

powerSidak = 0.1171

powerLSD = 0.1168

powerDuncan = 0.0870

powerGabriel = 0.1406

>> test8kamA

powerSidak = 0.2643

powerLSD = 0.2527

powerDuncan = 0.2093

powerGabriel = 0.3132

>> test8kalA

powerSidak = 0.4065

powerLSD = 0.3981

powerDuncan = 0.3537

powerGabriel = 0.4829

2. ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B

>>test3kasB

powerDunnett = 0.2370

powerLSD = 0.3174

powerWaller = 0.3189

powerSNK = 0.2600

powerTukeyb = 0.2282

powerDuncan = 0.3006

powerREGWF = 0.2614

>> test3kamB

powerDunnett = 0.5609

powerLSD = 0.6399

powerWaller = 0.6399

powerSNK = 0.6247

powerTukeyb = 0.5721

powerDuncan = 0.6371

powerREGWF = 0.5864

>> test3kalB

powerDunnett = 0.7963

powerLSD = 0.8537

powerWaller = 0.8537

powerSNK = 0.8536

powerTukeyb = 0.8118

powerDuncan = 0.8537

powerREGWF = 0.8175

>> test4kasB

powerSidak = 0.4871

powerLSD = 0.4393

powerWaller = 0.4393

powerSNK = 0.3558

powerDuncan = 0.4195

powerGabriel = 0.4891

>> test4kamB

powerSidak = 0.7682

powerLSD = 0.7279

powerWaller = 0.7279

powerSNK = 0.7137

powerDuncan = 0.6889

>> test4kalB

powerLSD = 0.8895

powerWaller = 0.8910

powerSNK = 0.8909

powerDuncan = 0.8897

powerREGWF = 0.8430

>> test5kasB

powerSidak = 0.5603

powerLSD = 0.5324

powerSNK = 0.4458

powerDuncan = 0.5131

powerGabriel = 0.5613

>> test5kamB

powerSidak = 0.8085

powerLSD = 0.7851

powerSNK = 0.7728

powerDuncan = 0.7828

powerGabriel = 0.8140

>> test5kalB

powerLSD = 0.9123

powerSNK = 0.9123

powerDuncan = 0.9122

powerGabriel = 0.9286

>> test6kasB

powerSidak = 0.6158

powerLSD = 0.6013

powerDuncan = 0.5831

powerGabriel = 0.6171

>> test6kamB

powerSidak = 0.8349

powerLSD = 0.8214

powerSNK = 0.8112

powerDuncan = 0.7884

powerGabriel = 0.8394

>> test6kalB

powerSidak = 0.9366

powerLSD = 0.9270

powerSNK = 0.9269

powerDuncan = 0.9270

powerGabriel = 0.9492

>> test7kasB

powerSidak = 0.6625

powerLSD = 0.6551

powerDuncan = 0.6389

powerGabriel = 0.6707

>> test7kamB

powerSidak = 0.8556

powerLSD = 0.8458

powerDuncan = 0.8458

powerGabriel = 0.8604

>> test7kalB

powerSidak = 0.9422

powerLSD = 0.9373

powerDuncan = 0.9372

powerGabriel = 0.9455

>> test8kasB

powerSidak = 0.6942

powerLSD = 0.6940

powerDuncan = 0.6787

powerGabriel = 0.8536

>> test8kamB

powerSidak = 0.8703

powerLSD = 0.8653

powerDuncan = 0.8650

powerGabriel = 0.9926

>> test8kalB

powerSidak = 0.9479

powerLSD = 0.9456

powerDuncan = 0.9455

powerGabriel = 1.0000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A

>> test3kbsA

powerDunnett = 0.0354

powerLSD = 0.0619

powerWaller = 0.0626

powerSNK = 0.0469

powerTukeyb = 0.0342

powerDuncan = 0.0569

powerREGWF = 0.0411

>> test3kbmA

powerDunnett = 0.0532

powerLSD = 0.0890

powerWaller = 0.0883

powerSNK = 0.0757

powerTukeyb = 0.0555

powerDuncan = 0.0852

powerREGWF = 0.0637

>> test3kblA

powerDunnett = 0.0900

powerLSD = 0.1324

powerWaller = 0.1353

powerSNK = 0.1039

powerTukeyb = 0.0847

powerDuncan = 0.1258

powerREGWF = 0.1001

>> test4kbsA

powerLSD = 0.0725

powerWaller = 0.0728

powerSNK = 0.0440

powerDuncan = 0.0627

powerGabriel = 0.1018

>> test4kbmA

powerLSD = 0.1200

powerWaller = 0.1199

powerSNK = 0.0735

powerDuncan = 0.1044

>> test4kblA

powerLSD = 0.1953

powerWaller = 0.1984

powerSNK = 0.1295

powerDuncan = 0.1763

>> test5kbsA

powerLSD = 0.0893

powerWaller = 0.0891

powerSNK = 0.0454

powerDuncan = 0.0692

powerGabriel = 0.1110

>> test5kbmA

powerLSD = 0.1599

powerWaller = 0.1598

powerSNK = 0.0846

powerDuncan = 0.1351

powerGabriel = 0.2005

>> test5kblA

powerLSD = 0.2745

powerWaller = 0.2733

powerSNK = 0.1702

powerDuncan = 0.2426

powerGabriel = 0.3159

>> test6kbsA

powerLSD = 0.1194

powerWaller = 0.1197

powerDuncan = 0.0958

powerGabriel = 0.1347

>> test6kbmA

powerLSD = 0.2101

powerWaller = 0.2130

powerSNK = 0.1071

powerDuncan = 0.1783

powerGabriel = 0.2393

>> test6kblA

powerLSD = 0.3507

powerWaller = 0.3482

powerSNK = 0.2209

powerDuncan = 0.3133

powerGabriel = 0.3792

>> test7kbsA

powerLSD = 0.1285

powerWaller = 0.1286

powerDuncan = 0.0990

powerGabriel = 0.1578

>> test7kbmA

powerLSD = 0.2609

powerWaller = 0.2629

powerDuncan = 0.2222

powerGabriel = 0.2923

>> test7kblA

powerLSD = 0.4266

powerWaller = 0.4496

powerDuncan = 0.3884

powerGabriel = 0.4539

>> test8kbsA

powerLSD = 0.1614

powerWaller = 0.1613

powerDuncan = 0.1237

powerGabriel = 0.1895

>> test8kbmA

powerLSD = 0.3226

powerWaller = 0.3204

powerDuncan = 0.2745

powerGabriel = 0.3512

>> test8kblA

powerLSD = 0.4948

powerWaller = 0.4886

powerDuncan = 0.4580

powerGabriel = 0.5199

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน และเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B

>>test3kbsA

powerDunnett = 0.0354

powerLSD = 0.0619

powerWaller = 0.0626

powerSNK = 0.0469

powerTukeyb = 0.0342

powerDuncan = 0.0569

powerREGWF = 0.0411

>> test3kbmA

powerDunnett = 0.0532

powerLSD = 0.0890

powerWaller = 0.0883

powerSNK = 0.0757

powerTukeyb = 0.0555

powerDuncan = 0.0852

powerREGWF = 0.0637

>> test3kblA

powerDunnett = 0.0900

powerLSD = 0.1324

powerWaller = 0.1353

powerSNK = 0.1039

powerTukeyb = 0.0847

powerDuncan = 0.1258

powerREGWF = 0.1001

>> test4kbsA

powerLSD = 0.0725

powerWaller = 0.0728

powerSNK = 0.0440

powerDuncan = 0.0627

powerGabriel = 0.1018

>> test4kbmA

powerLSD = 0.1200

powerWaller = 0.1199

powerSNK = 0.0735

powerDuncan = 0.1044

>> test4kblA

powerLSD = 0.1953

powerWaller = 0.1984

powerSNK = 0.1295

powerDuncan = 0.1763

>> test5kbsA

powerLSD = 0.0893

powerWaller = 0.0891

powerSNK = 0.0454

powerDuncan = 0.0692

powerGabriel = 0.1110

>> test5kbmA

powerLSD = 0.1599

powerWaller = 0.1598

powerSNK = 0.0846

powerDuncan = 0.1351

powerGabriel = 0.2005

>> test5kblA

powerLSD = 0.2745

powerWaller = 0.2733

powerSNK = 0.1702

powerDuncan = 0.2426

powerGabriel = 0.3159

>> test6kbsA

powerLSD = 0.1194

powerWaller = 0.1197

powerDuncan = 0.0958

powerGabriel = 0.1347

>> test6kbmA

powerLSD = 0.2101

powerWaller = 0.2130

powerSNK = 0.1071

powerDuncan = 0.1783

powerGabriel = 0.2393

>> test6kblA

powerLSD = 0.3507

powerWaller = 0.3482

powerSNK = 0.2209

powerDuncan = 0.3133

powerGabriel = 0.3792

>> test7kbsA

powerLSD = 0.1285

powerWaller = 0.1286

powerDuncan = 0.0990

powerGabriel = 0.1578

>> test7kbmA

powerLSD = 0.2609

powerWaller = 0.2629

powerDuncan = 0.2222

powerGabriel = 0.2923

>> test7kblA

powerLSD = 0.4266

powerWaller = 0.4496

powerDuncan = 0.3884

powerGabriel = 0.4539

>> test8kbsA

powerLSD = 0.1614

powerWaller = 0.1613

powerDuncan = 0.1237

powerGabriel = 0.1895

>> test8kbmA

powerLSD = 0.3226

powerWaller = 0.3204

powerDuncan = 0.2745

powerGabriel = 0.3512

>> test8kblA

powerLSD = 0.4948

powerWaller = 0.4886

powerDuncan = 0.4580

powerGabriel = 0.5199

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปุณยนุช พินชู (ชื่อเดิม: กรรณิการ์ พินชู) เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2522 มีภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป-ฟิสิกส์ ภาควิชามัธยมศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2547

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย