การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล ซิดาร์ก กาเบรียล และไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ เพื่อเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน สำหรับ 3 ประชากร

AN EFFICIENCY COMPARISON OF S-N-K, SIDEK, GABIEL, AND R-E-G-WF MULTIPLE COMPARISON TEST IN CASE OF HOMOGENEITY OF VARIANCE FOR THREE POPULATIONS

จุฑารัตน์ บรรเทิงใจ

ธงชัย แสงสุวรรณดี

ธัญญา จามพันธ์

วราพร สีม่วง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของสตีวเดนต์–นิวแมน–คูล ชิดาร์ก กาเบรียล และไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสช์-เอฟ เพื่อเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน สำหรับ 3 ประชากร

AN EFFICIENCY COMPARISON OF S-N-K, SIDEK, GABIEL, AND R-E-GWF MULTIPLE COMPARISON TEST IN CASE OF HOMOGENEITY OF VARIANCE FOR THREE POPULATIONS

จุฑารัตน์ บรรเทิงใจ
ธงชัย แสงสุวรรณดี
ธัญญา จามพันธ์
วราพร สีม่วง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN EFFICIENCY COMPARISON OF S-N-K, SIDEK, GABIEL, AND R-E-GWF MULTIPLE COMPARISON TEST IN CASE OF HOMOGENEITY OF VARIANCE FOR THREE POPULATIONS

JUTHARATH BUNTHERNGJAI

THONGCHAI SAENGSUWANDEE

TANYA JAMAPHAN

VARAPORN SEMUANG

A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN APPLIED STATISTICS

DEPARTMENT OF STATISTICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของสตีวเดนต์–นิวแมน–คูล ชิดาร์ก กาเบรียล และไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ เพื่อเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน สำหรับ 3 ประชากร
AN EFFICIENCY COMPARISON OF S-N-K, SIDEK, GABIEL, AND R-E-G-W F MULTIPLE COMPARISON TEST IN CASE OF HOMOGENEITY OF VARIANCE FOR THREE POPULATIONS

ชื่อนักศึกษา

นางสาวจุฑารัตน์	บรรเทิงใจ	56051277
นายธงชัย	แสงสุวรรณดี	56051307
นางสาวธัญญา	จามพันธ์	56051318
นางสาววราพร	สีม่วง	57051165

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชา สถิติ
ปีการศึกษา 2559
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.บุญญสิทธิ์ วรจันทร์ ประธานกรรมการ	
ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ กรรมการ	
ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล ชิดาร์ก กาเบรียล และไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสช์-เอฟ เพื่อเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน สำหรับ 3 ประชากร

ชื่อนักศึกษา

นางสาวจุฑารัตน์	บรรเทิงใจ	56051277
นายธงชัย	แสงสุวรรณดี	56051307
นางสาวธัญญา	จามพันธ์	56051318
นางสาววราพร	สีม่วง	57051165

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชา สถิติ

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล สถิติทดสอบของชิดาร์ก สถิติทดสอบของกาเบรียล และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท- กาเบรียล-เวลสช์-เอฟ สำหรับทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน สำหรับ 3 ประชากร โดยศึกษาจากข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ (10,10,10) (20,20,20) (30,30,30) (4,7,10) (14,17,20) และ (24,27,30) ในการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กำหนดค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ (6,6,6) และการคำนวณกำลังการทดสอบ โดยที่ความแปรปรวนของแต่ละประชากรกำหนดเป็น 3 6 12 และ 18 ตามลำดับ กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1 ใช้โปรแกรมอาร์ ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล โดยทำการจำลองข้อมูลซ้ำ 5,000 รอบในแต่ละสถานการณ์

ผลการวิจัยพบว่าสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสช์-เอฟ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในบางสถานการณ์ที่ศึกษา เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบ พบว่าสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถานการณ์ที่ศึกษา และพบว่ากำลังการทดสอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นและความแปรปรวนลดลง

คำสำคัญ : การเปรียบเทียบพหุคูณ กำลังการทดสอบ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล สถิติทดสอบของชิดาร์ก สถิติทดสอบของกาเบรียล และสถิติทดสอบของไรอัน- ไอนอท- กาเบรียล-เวลสช์-เอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	AN EFFICIENCY COMPARISON OF S-N-K SIDEK GABIEL AND R- E-G-WF MULTIPLE COMPARISON TEST IN CASE OF HOMOGENEITY OF VARIANCE FOR THREE POPULATIONS		
Students	Ms. Jutharath	Buntherngjai	56051277
	Mr. Thongchai	Saengsuwandee	56051307
	Ms. Tanya	Jamaphan	56051318
	Ms. Varaporn	Semuang	57051165
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)		
Department	Statistics		
Academic Year	2016		
Advisor	Assistant Professor Dr.Autcha Araveeporn		

ABSTRACT

This research is a simulating research that aimed to study and to compare the efficiency of Student–Newman–Keul' s test, Sidak' s Test, Gabriel' s Test and Ryan Einot Gabriel Welsch F test for multiple comparison testing in case of homogeneity of variance for the three populations. In this case, we randomize data from three populations that have a normal distribution and gamma distribution. The sample sizes are set equal to (10,10,10), (20,20,20), (30,30,30), (4,7,10), (14,17,20), and (24,27,30). The population mean are set equal to (6,6,6) for calculating probability of type I error, and calculating power of a test. The population variances of each population are set equal to 3, 6, 12, and 18. The significant levels are considered on three levels at 0.01, 0.05, and 0.1. R program is used for simulation and data analysis with 5,000 times for each situation.

The results revealed that Student–Newman–Keul' s test can control probability of type I error in all situations and Ryan Einot Gabriel Welsch F test can control probability of type I error in some situations. Considering the power of a test, Student–Newman–Keul' s test shows the highest power of a test in all situations. Power of a test increases as sample size increased and variance decreased.

Keywords : Multiple Comparison, Power of a Test, Probability of Type I Error, Student–Newman–Keul' s test, Sidak' s Test, Gabriel' s Test and Ryan Einot Gabriel Welsch F test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและมีความถูกต้องในเนื้อหา เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษา เอื้อเฟื้อเอกสารต่าง ๆ และหนังสืออ้างอิง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจทานแก้ไขความถูกต้อง ตลอดจนติดตามผลงานทุกขั้นตอนของการดำเนินงานในการทำปัญหาพิเศษนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ และดร.บุญญสิทธิ์ วรจันทร์ คณะกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำข้อบกพร่อง ทำให้ปัญหาพิเศษนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณอัจฉรา แผ้วบาง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำปัญหาพิเศษที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการทำงานมาโดยตลอดจนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นางสาวจุฑารัตน์ บรรเทิงใจ
นายธงชัย แสงสุวรรณดี
นางสาวธัญญา จามพันธ์
นางสาววราพร สีม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	5
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การแจกแจงของข้อมูล	7
2.1.1 การแจกแจงปรกติ	7
2.1.3 การแจกแจงแกมมา	10
2.2 การทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป	13
2.3 สถิติทดสอบการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากร	19
2.3.1 สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล	22
2.3.2 สถิติทดสอบของชิดาร์ก	25
2.3.3 สถิติทดสอบของกาเบรียล	27
2.3.4 สถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท- กาเบรียล-เวลสช์-เอฟ	30
2.4 เกณฑ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบ	32
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การวางแผนการวิจัย 37

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย 45

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 49

4.1.1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ 49

4.1.2 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา 59

4.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ 68

4.2.1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ 68

4.2.2 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา 77

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 86

5.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ 88

5.3 ข้อเสนอแนะ 91

5.3.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ 91

5.3.2 ด้านการศึกษาวิจัย 91

บรรณานุกรม 92

ภาคผนวก 94

ภาคผนวก ก คำสั่งโปรแกรมอาร์ ที่ใช้ในการวิจัย 95

ภาคผนวก ข ตารางสถิติ 103

ตารางที่ 1 การแจกแจงที 103

ตารางที่ 2 การแจกแจงเอฟ 104

ตารางที่ 3 ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ 107

ตารางที่ 4 Percentage Points of the Dunn- Multiple Comparison Test 110

ตารางที่ 5 Percentage Point of the Studentized Maximum Modulus Distribution 112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	4
2.1	รูปแบบค่าสังเกตของตัวอย่างสุ่มสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว	14
2.2	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว	17
2.3	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับข้อมูลระยะเวลาการตอบสนองของวงจรไฟฟ้า	19
2.4	ตารางเปรียบเทียบผลลบของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่กับค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ และการหาค่านัยสำคัญของการทดสอบ	29
2.5	ตารางเปรียบเทียบค่า F ของแต่ละกลุ่มที่คำนวณได้กับค่า $F_{\alpha_p;\mathrm{p-1,v}}$ และการหาค่านัยสำคัญของการทดสอบ	31
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นจริงของสมมุติฐานว่างและการสรุปผล	32
2.7	เกณฑ์ของ Bradley จำแนกตามระดับนัยสำคัญ	33
3.1	ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	37
3.2	พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สำหรับการแจกแจงปรกติ	38
3.3	พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สำหรับการแจกแจงแกมมา	39
3.4	พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงปรกติ	40
3.5	พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงแกมมา	43
4.1	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	50
4.2	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	53
4.3	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	56
4.4	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	59
4.5	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	62
4.6	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.7	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	68
4.8	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	71
4.9	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	74
4.10	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	77
4.11	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	80
4.12	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	83
5.1	สถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา	87
5.2	สถิติทดสอบที่มีกำลังทดสอบสูงที่สุด ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ	89
5.3	สถิติทดสอบที่มีกำลังทดสอบสูงที่สุด ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ μ และ σ^2	8
2.2	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,3) (6,6) (6,12) และ (6,18)	9
2.3	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,3) (12,3) และ (18,3)	9
2.4	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ α และ β	11
2.5	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (12,1/2) (6,1) (3,2) และ (2,3)	11
2.6	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (12,1/2) (48,1/4) และ (108,1/6)	12
3.1	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,3) (6,6) (6,12) และ (6,18)	38
3.2	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (12,1/2) (6,1) (3,2) และ (2,3)	39
3.3	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,3) (12,3) และ (18,3)	41
3.4	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,6) (12,6) และ (18,6)	41
3.5	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,12) (12,12) และ (18,12)	42
3.6	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,18) (12,18) และ (18,18)	42
3.7	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (12,1/2) (48,1/4) และ (108,1/6)	43
3.8	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (6,1) (24,1/2) และ (54,1/3)	44
3.9	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (3,2) (12,1) และ (27,2/3)	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.10	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (2,3) (8,3/2) และ (18,1)	45
3.11	แผนผังแสดงลำดับวิธีการดำเนินการวิจัย	48
4.1	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	51
4.2	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	52
4.3	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	54
4.4	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	55
4.5	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	57
4.6	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	58
4.7	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	60
4.8	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	61
4.9	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	63
4.10	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	64
4.11	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	66
4.12	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	67
4.13	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.14	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	70
4.15	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	72
4.16	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	73
4.17	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	75
4.18	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	76
4.19	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	78
4.20	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจกแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	79
4.21	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	81
4.22	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	82
4.23	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	84
4.24	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาได้บางส่วนจากประชากรและใช้วิธีการทางสถิติทำการหาข้อสรุปเกี่ยวกับประชากรนั้นๆ โดยทั่วไปแล้วการศึกษาในเชิงอนุมานจะทำการประมาณค่าหรือทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะบางประการหรือธรรมชาติของประชากร จึงสามารถกล่าวได้ว่าสิ่งสำคัญสำหรับการอนุมานเชิงสถิตินั้นได้แก่ การประมาณค่า (Estimation) และการทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis) (กษิภัท และคณะ, 2557)

การทดสอบสมมติฐาน เป็นส่วนหนึ่งของสถิติอนุมาน เพื่อใช้ในการทดสอบค่าพารามิเตอร์ของประชากรที่เราต้องการทราบ ว่าเป็นไปตามความเชื่อที่คิดไว้หรือไม่ ดังนั้นสมมติฐานในที่นี้จะหมายถึง สมมติฐานทางสถิติ (Statistical Hypothesis) ซึ่งเป็นข้อความที่เกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของประชากร อาจจะเป็นจริงหรือ ไม่จริงก็ได้ จึงทำการทดสอบสมมติฐาน โดยอาศัยกลุ่มตัวอย่าง เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่เราตั้งใจไว้หรือไม่ โดยชนิดของสมมติฐานทางสถิติ ได้แก่ สมมติฐานจริง (Null Hypothesis) และสมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) (ชูใจ คูหารัตนไชย, 2556)

การทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของประชากร โดยใช้ตัวสถิติทดสอบที (t-test) เป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร สำหรับประชากรที่มีการแจกแจงแบบปรกติ โดยที่กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก ($n<30$) และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ ($n\geq30$) เมื่อทราบค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (S^2) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (t-test Independent) และทดสอบสมมติฐานของประชากร 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired Samples t-test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป นิยมใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) เหตุที่ไม่ใช้ตัวสถิติทดสอบทีกับกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป เนื่องจากใช้ตัวสถิติที ทดสอบได้ทีละคู่เท่านั้น ถ้ามีกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม ต้องทำตัวสถิติทดสอบทีหลายครั้ง ซึ่งเสียเวลามาก และทำให้มีความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 เพิ่มขึ้น เพื่อขจัดปัญหาดังที่กล่าวมา จึงจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างได้ทีละหลายกลุ่มในครั้งเดียวกัน โดยใช้ตัวสถิติทดสอบเอฟ (F-test)

ภายหลังการทดสอบแล้วถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรไม่มีความแตกต่างกัน แต่ถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟ มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างน้อย 1 คู่ ที่มีความแตกต่างกัน การสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนยังไม่สามารถบอกได้ว่ามีประชากรคู่ไหนบ้างที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ผู้วิจัยต้องทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) เพื่อตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกัน (กฤตพล และคณะ, 2558)

การเปรียบเทียบพหุคูณ อาจเรียกว่าการเปรียบเทียบภายหลัง (Posteriori Comparison or Post Hoc Analysis) เนื่องจากจะทำหลังทราบว่าค่าสถิติทดสอบเอฟ มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในปัจจุบันมีสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณอยู่หลายสถิติทดสอบ เช่น สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test) สถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey's Test) สถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's Test) สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) สถิติทดสอบของชิดาร์ก (Sidak's Test) สถิติทดสอบของกาเบรียล (Gabriel's Test) และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท- กาเบรียล-เวลสช์-เอฟ (Ryan Einot Gabriel Welsch F test : R-E-G-WF Test) เป็นต้น (สายชล, 2558)

งานวิจัยของปุณยนุช พินชู, 2548 ได้ศึกษาเปรียบเทียบความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าประชากรทั้ง k กลุ่ม มีความแปรปรวนเท่ากัน และมีการแจกแจงแบบปรกติ โดยการวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน วิธีการทดสอบที่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดี คือ วิธี LSD, Duncan, Sidak, SNK, Gabriel และ R–E–G–WF และเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดี ได้แก่ วิธี LSD, Waller Duncan, Duncan, SNK, Gabriel และ R–E–G–WF เมื่อพิจารณาที่กำลังการทดสอบ พบว่า วิธี LSD และ Gabriel จะเป็นวิธีที่มีค่ากำลังการทดสอบสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยของกฤตพลและคณะ, 2558 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์ ระบุว่าในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา สถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey's Test) สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test) สถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's Test) สถิติทดสอบของฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference Test : LSD) สถิติทดสอบของ ดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) และสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา และสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (SNK Test) มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถานการณ์ที่ศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล การเปรียบเทียบพหุคูณ และตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้น (Assumption) ต่างๆ นิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ MINITAB หรือ SPSS ในการวิเคราะห์ แต่เนื่องจากโปรแกรมทั้งสองเป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์(Commercial Software) ทำให้ผู้ใช้งานต้องมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งโปรแกรม

ปัจจุบันนี้โปรแกรมอาร์ (R Programing Environment) เป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในวงวิชาการทั้งเพื่อการพัฒนาซอฟต์แวร์ทางสถิติ และวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ เพราะมีฟังก์ชั่นการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณทางสถิติมาก มีประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างรวดเร็ว สามารถติดตั้งได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกระบบปฏิบัติการทั้ง ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์ วินโดวส์ (Microsoft Windows) ระบบปฏิบัติการแมคโอเอส (Mac OS) และระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (Linux) รวมทั้งเป็นโปรแกรมที่ไม่มีลิขสิทธิ์ (Open Source Software) ทำให้สามารถดัดแปลงหรือดาวน์โหลดคำสั่ง และชุดคำสั่งต่างๆ ในรูปของแพ็กเกจ (Package) มาติดตั้งเพิ่มเติมในโปรแกรมได้อย่างอิสระและไม่เสียค่าใช้จ่ายอีกด้วย

ดังนั้นในการทำปัญหาพิเศษ ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล(Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) สถิติทดสอบของชิดาร์ก (Sidak's Test) สถิติทดสอบของกาเบรียล (Gabriel's Test) และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ (Ryan Einot Gabriel Welsch F test : R-E-G-WF Test) สำหรับทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีที่ความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์ ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ด้วยสถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล ชิดาร์ก กาเบรียล และไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ด้วยสถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล ชิดาร์ก กาเบรียล และไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ ของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ด้วยสถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล ชิดาร์ก กาเบรียล และไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ด้วยสถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล ชิดาร์ก กาเบรียล และไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร

1.3.2 กำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 3 ประชากร

1.3.3 ศึกษาในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)	
เท่ากัน	ไม่เท่ากัน
(10, 10, 10) , (20, 20, 20) , (30,30,30)	(4,7,10) , (14,17,20) , (24,27,30)

1.3.4 ศึกษาจากข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ และข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา

กรณีที่ 1 การแจกแจงปรกติ ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 โดยมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 การแจกแจงแกมมา ด้วยพารามิเตอร์ α และ β โดยมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น ดังนี้

$$f(x;\alpha,\beta) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha}} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} & x>0\,,\ \alpha>0, \beta>0 \\ 0 & x \text{ เป็นค่าอื่น ๆ} \end{cases}$$

1.3.5 ในการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กำหนดค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากร เท่ากับ 6 โดยที่ความแปรปรวนเท่ากับ 3, 6, 12 และ 18 ตามลำดับ

1.3.6 ในการคำนวณกำลังการทดสอบ กำหนดระยะห่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากร เป็น 6 โดยที่ความแปรปรวนเท่ากับ 3, 6, 12 และ 18 ตามลำดับ

1.3.7 ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกสถานการณ์ กำหนดระดับนัยสำคัญในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 0.01, 0.05 และ 0.10

1.3.8 ใช้โปรแกรมอาร์ (R Programing Environment) เวอร์ชัน 3.2.2 ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรมอาร์ โดยกำหนดให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 3 ประชากร โดยมีการแจกแจง ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และขนาดตัวอย่างเป็นไปตามขอบเขตของการวิจัย

1.4.2 ทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 4 สถิติทดสอบ และบันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง ทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

1.4.3 หาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง หารด้วย 5,000

1.4.4 ทำการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละสถิติทดสอบกับเกณฑ์ของ Bradley โดยถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในช่วง $[0.5\alpha, 1.5\alpha]$ สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α นั่นคือถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในช่วง [0.005,0.015] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 อยู่ในช่วง [0.025,0.075] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และอยู่ในช่วง [0.05,0.15] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 จึงจะสรุปว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

1.4.5 จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรมอาร์ โดยกำหนดให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันทั้ง 3 ประชากร โดยมีการแจกแจงปรกติและแกมมา ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และขนาดตัวอย่าง เป็นไปตามขอบเขตของการวิจัย

1.4.6 ทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 4 สถิติทดสอบ ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ และบันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง ทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

1.4.7 หากำลังการทดสอบ โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่างหารด้วย 5,000

1.4.8 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ โดยสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Probability of Type I Error) หมายถึง ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง เขียนแทนด้วย α

1.5.2 กำลังการทดสอบ (Power of a Test) หมายถึง ความน่าจะเป็นของการที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง เขียนแทนด้วย $1-\beta$

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ

1.6.2 ทำให้สามารถตัดสินใจเลือกใช้สถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ในแต่ละสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ใช้ทดสอบภายหลังเมื่อทราบว่าค่าสถิติทดสอบเอฟ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีข้อกำหนดเบื้องต้น (Assumption) คือ ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากันหรือคงที่ และข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่เป็นอิสระกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 การแจกแจงของข้อมูล

โดยทั่วไปการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรหรือการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ จะมีข้อกำหนดเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลที่สุ่มได้นั้นมาจากประชากรที่ทราบล่วงหน้าว่ามีลักษณะการแจกแจงแบบใดแบบหนึ่ง เช่น การแจกแจงปรกติ การแจกแจงปัวซง หรือการแจกแจงแกมมา เป็นต้น

เนื่องจากในความเป็นจริงข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์อาจไม่ได้มีการแจกแจงปรกติเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการแจกแจง 2 ลักษณะ คือ ในกรณีที่ลักษณะข้อมูลเป็นแบบสมมาตรใช้การแจกแจงปรกติ และกรณีที่ลักษณะข้อมูลไม่สมมาตรใช้การแจกแจงแกมมา ซึ่งแต่ละการแจกแจงมีรายละเอียด ดังนี้

2.1.1 การแจกแจงปรกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงปรกติเกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.1733 (พ.ศ.2276) โดยนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ อับราฮัม เดอ มัวร์ (Abraham De Moivre) ซึ่งเขาได้ใช้โค้งการแจกแจงปรกติประมาณค่าความน่าจะเป็นที่เกี่ยวกับการโยนเหรียญจนนำไปสู่การประมาณผลรวมของตัวแปรสุ่มทวินาม ต่อมาในปี ค.ศ.1809 คาร์ล ฟรีดริค เกาส์ (Gauss) นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้คิดค้นโค้งการแจกแจงปรกติจากการศึกษาเรื่องความคลาดเคลื่อนในการวัดปริมาณเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง การแจกแจงปรกติมีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า “การแจกแจงแบบเกาส์” (Gaussian distribution) และในระหว่างกลางศตวรรษที่ 19 นักสถิติชาวอังกฤษชื่อ คาร์ล เพียร์สัน (Karl Person) ได้ใช้โค้งการแจกแจงปรกติอธิบายลักษณะของข้อมูลส่วนใหญ่ ที่จะมีลักษณะเป็นโค้งระฆังคว่ำเกาส์เซียน และโดยเฉพาะเมื่อมีผู้คิดค้นทฤษฎีบทขีดจำกัดส่วนกลาง (central limit theorem) ขึ้น โค้งการแจกแจงปรกติจึงได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง และด้วยเหตุผลนี้ต่อมาจึงเรียกว่าการแจกแจงปรกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามที่ 2.1 ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปรกติ ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 แล้ว ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นคือ

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

หรือเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $X \sim N\left(\mu,\sigma^2\right)$

ทฤษฎีที่ 2.1 ถ้าตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงปรกติ ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 แล้วตัวแปรสุ่ม X จะมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย คือ $E(X) = \mu$

ความแปรปรวน คือ $V(X) = \sigma^2$

คุณสมบัติของโค้งการแจกแจงปรกติ

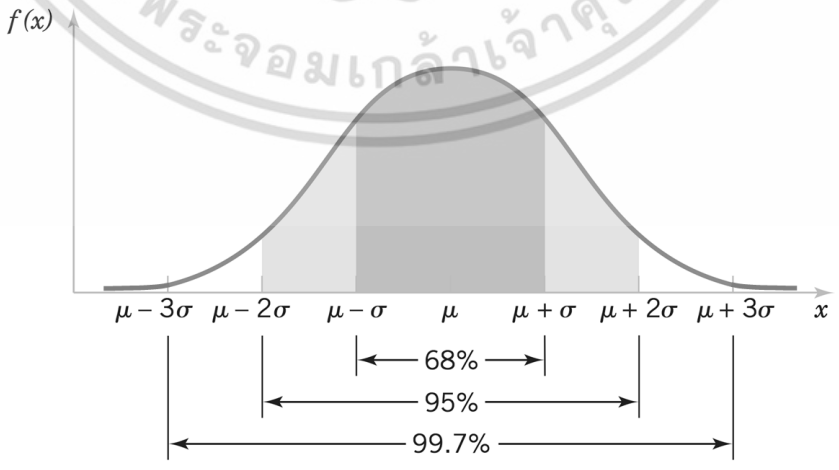
1. เส้นโค้งปรกติจะสมมาตรรอบจุดค่าเฉลี่ย μ โดยมีค่าเฉลี่ย μ เป็นจุดกึ่งกลาง ซึ่งแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยที่ครึ่งหนึ่ง (50%) ของพื้นที่ใต้โค้งปรกติจะอยู่ทางด้านขวาของจุดกึ่งกลาง และอีกครึ่งหนึ่ง (50%) ของพื้นที่ใต้โค้งปรกติจะอยู่ทางด้านซ้ายของจุดกึ่งกลาง

2. ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยม จะมีค่าเท่ากันและอยู่ที่จุดกึ่งกลางคือจุด $x = \mu$

3. โค้งปรกติมีจุดเปลี่ยนเว้า (Inflectional Point) ที่ $x = \mu \pm \sigma$ โดยที่พื้นที่ใต้เส้นโค้งระหว่าง $\mu \pm \sigma$ เท่ากับ 68%, $\mu \pm 2\sigma$ เท่ากับ 95% และ $\mu \pm 3\sigma$ เท่ากับ 99.7% ดังรูปที่ 2.1

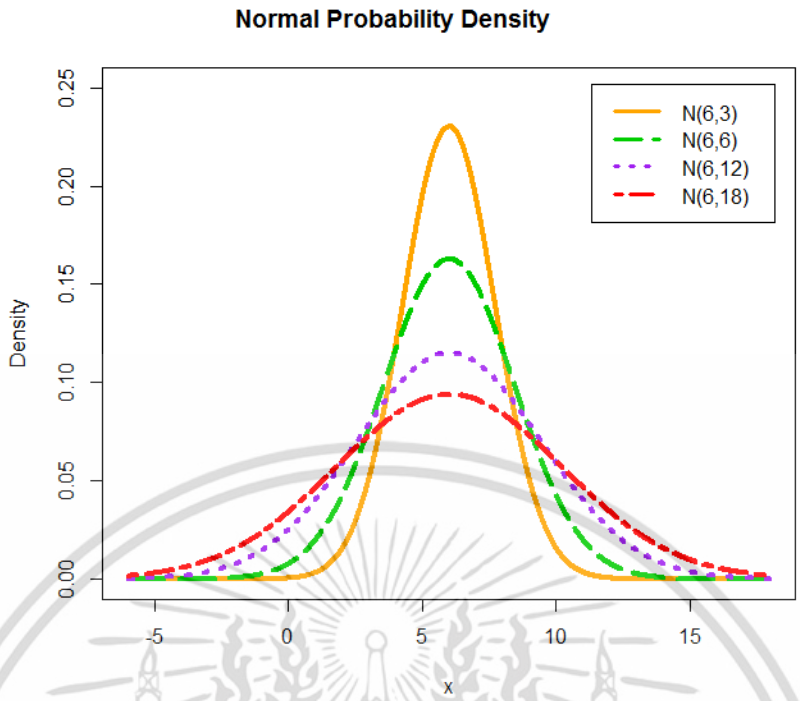
4. พารามิเตอร์ σ^2 เป็นพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (Shape Parameter) นั่นคือถ้า σ^2 มีค่าเพิ่มขึ้น โค้งปรกติจะมีความโด่ง (Kurtosis) น้อยลง แต่ถ้า σ^2 มีค่าลดลง โค้งปรกติจะมีความโด่งมากขึ้น เพราะการกระจายของข้อมูลน้อยลงนั่นเอง ดังรูปที่ 2.2

5. พารามิเตอร์ μ เป็นพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (Location Parameter) ทำให้โค้งปรกติมีจุดกึ่งกลางคือ μ ดังรูปที่ 2.3

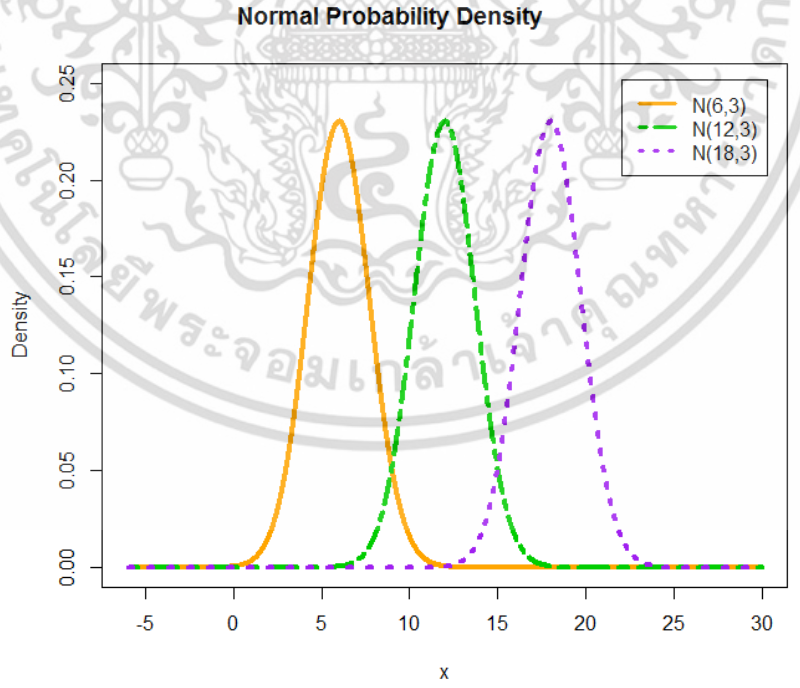


รูปที่ 2.1 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ μ และ σ^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,3) (6,6) (6,12) และ (6,18)



รูปที่ 2.3 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,3) (12,3) และ (18,3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution)

การแจกแจงแกมมาเป็นส่วนขยายจากการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง เนื่องจากตัวแปรสุ่มแบบเลขชี้กำลังแสดงถึงระยะเวลาของการรอคอยจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเป็นครั้งแรก แต่ตัวแปรสุ่มแบบแกมมาแสดงถึงระยะเวลาของการรอคอยจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ที่สนใจครบ α ครั้ง ตัวแปรสุ่มทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในลักษณะรูปทั่วไปและรูปเฉพาะของกันและกัน กล่าวคือตัวแปรสุ่มแบบเลขชี้กำลังเป็นรูปเฉพาะของตัวแปรสุ่มแบบแกมมา ส่วนตัวแปรสุ่มแบบแกมมาจะเป็นรูปทั่วไปของตัวแปรสุ่มแบบเลขชี้กำลัง (สายชล, 2555)

นิยามที่ 2.2 ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา ด้วยพารามิเตอร์ α และ β แล้วฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นคือ

$$f(x;\alpha,\beta) = \begin{cases} \dfrac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha}} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} & x>0,\ \alpha>0,\beta>0 \\ 0 & x \text{ เป็นค่าอื่น ๆ} \end{cases}$$

หรือเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $X \sim Gamma(\alpha,\beta)$

เมื่อ X คือ ระยะเวลาของการรอคอยจนเกิดสิ่งที่สนใจหรือความสำเร็จครบ α ครั้ง

α คือ จำนวนครั้งของการเกิดสิ่งที่สนใจหรือความสำเร็จ

β คือ ระยะเวลาเฉลี่ยของการรอคอยโดยเฉลี่ยต่อหน่วยของเหตุการณ์

โดยที่กราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นแกมมาจะขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ α และ β ซึ่งพารามิเตอร์ α คือพารามิเตอร์ที่แสดงรูปร่าง (Shape Parameter) ส่วนพารามิเตอร์ β คือพารามิเตอร์ที่แสดงถึงสเกล (Scale Parameter)

ทฤษฎีที่ 2.2 ถ้าตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงแกมมา ด้วยพารามิเตอร์ α และ β แล้วตัวแปรสุ่ม X จะมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน ดังนี้

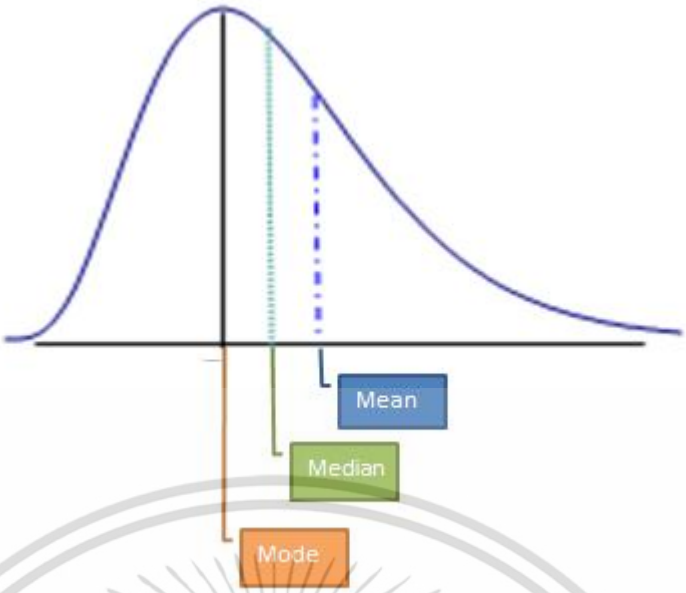
ค่าเฉลี่ย คือ $E(X) = \alpha\beta$

ความแปรปรวน คือ $V(X) = \alpha\beta^2$

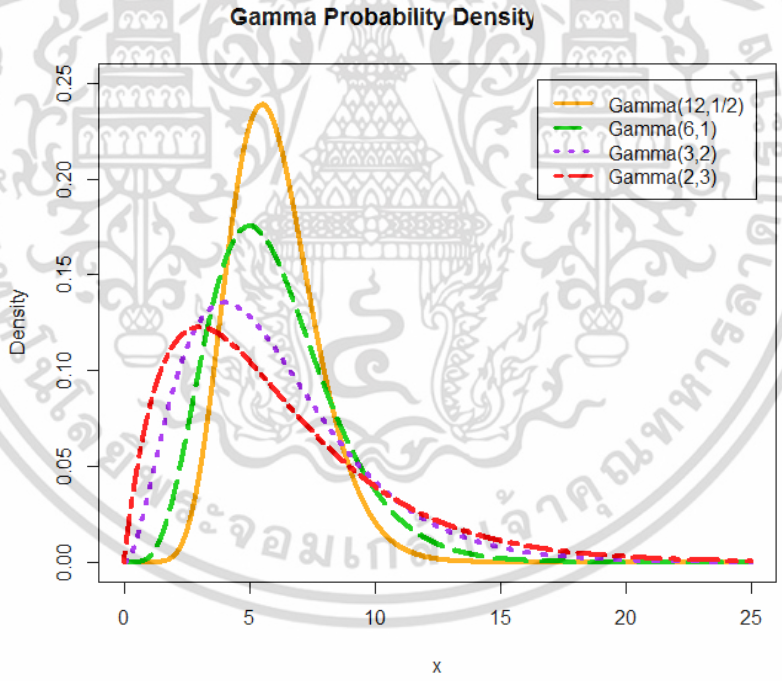
คุณสมบัติของโค้งการแจกแจงแกมมา

1. เส้นโค้งแกมมาจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่มีความเบ้ หรือลาดเอียงทางขวา (Skew to the right or Right-skewed distribution) โดยที่ค่าเฉลี่ยจะมีค่ามากที่สุดรองลงมาเป็นมัธยฐาน และฐานนิยม ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.4
2. ค่าความแปรปรวน($\alpha\beta^2$) แสดงรูปร่าง (Shape Parameter) นั่นคือถ้า $\alpha\beta^2$ มีค่าเพิ่มขึ้นโค้งปรกติจะมีความโด่ง (Kurtosis) น้อยลง แต่ถ้า $\alpha\beta^2$ มีค่าลดลง โค้งปรกติจะมีความโด่งมากขึ้น เพราะการกระจายของข้อมูลน้อยลงนั่นเอง ดังรูปที่ 2.5
3. ค่าเฉลี่ย($\alpha\beta$) เป็นพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (Location Parameter) ทำให้โค้งแกมมามีลักษณะ ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

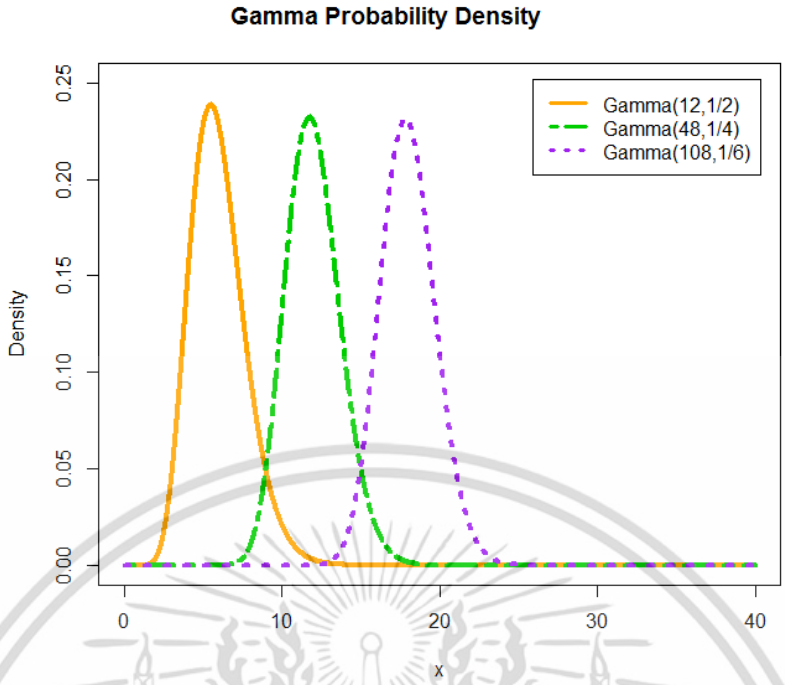


รูปที่ 2.4 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีพารามิเตอร์ α และ β



รูปที่ 2.5 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (12,1/2) (6,1) (3,2) และ (2,3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (12,1/2) (48,1/4) และ (108,1/6)

โดยกรณีพิเศษสำหรับการแจกแจงแกมมา มีดังนี้

1. ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา ด้วยค่าพารามิเตอร์ $\alpha=1$ และ β แล้ว ตัวแปรสุ่ม X จะมี**การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)** ด้วยค่าพารามิเตอร์ β หรือ $X \sim Exponential(\beta)$

2. ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา ด้วยค่าพารามิเตอร์ α และ $\beta=2$ แล้ว ตัวแปรสุ่ม X จะมี**การแจกแจงไคกำลังสอง (Chi-Squared Distribution)** ด้วยองศาเสรี $\nu=2\alpha$ หรือ $X \sim \chi^2_{2\alpha}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป

ในการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป และต้องการทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว และข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

1. ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ
2. ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากันหรือคงที่
3. ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่เป็นอิสระกัน

จะสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการทำการทดสอบที (t–test) ทีละคู่ (ประไพศรี และพงศ์ชนัน, 2551)

ในการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป สมมติว่ามีประชากรทั้งหมด a ประชากร ในข้างต้นอยากให้ทราบก่อนว่าถ้าข้อมูลที่นำมาทดสอบเป็นข้อมูลที่ไม่ได้มาจากการทดลอง (Experiment) ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบคะแนนวิชาภาษาอังกฤษระหว่างนักศึกษา 3 คณะ ข้อมูลคะแนนวิชาภาษาอังกฤษไม่ได้เป็นข้อมูลจากการทดลอง ในกรณีนี้เราจะเรียกแต่ละคณะว่า **ประชากร (Population) หรือ กลุ่ม (Group)** เรียกจำนวนนักศึกษาในแต่ละคณะว่า **ขนาดตัวอย่าง (Sample Size)** และเรียกคะแนนวิชาภาษาอังกฤษของนักศึกษาแต่ละคนว่า **ค่าสังเกต (Observation)**

แต่ถ้าข้อมูลที่นำมาทดสอบเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ตัวอย่างเช่น ในการหาระยะเวลาตอบสนองสำหรับวงจรไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ ชนิด A B และ C ผู้ทดลองต้องการเปรียบเทียบระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าว่าชนิดใดใช้ระยะเวลาในการตอบสนองได้รวดเร็วกว่า ข้อมูลระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ในกรณีนี้เราจะไม่เรียกชนิดของวงจรไฟฟ้าแต่ละชนิดว่าประชากร แต่จะเรียกว่าเป็น **ทรีตเมนต์ (Treatment)** เรียกขนาดตัวอย่างหรือจำนวนครั้งในการทดลองของวงจรไฟฟ้าแต่ละชนิดว่า **จำนวนซ้ำ (Replicate)** และจะเรียกระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าว่า **ผลการทดลอง (Outcome)** หรือ **ผลตอบสนอง (Response)** ความแตกต่างดังกล่าวเป็นความแตกต่างเพียงการเรียกชื่อและสัญลักษณ์เท่านั้น ในส่วนการคำนวณและแปลความหมายจะไม่แตกต่างกัน

สมมุติว่ามีปัจจัยที่ต้องการเปรียบเทียบเพียงปัจจัยเดียว โดยมีระดับของปัจจัยที่แตกต่างกัน a ระดับ ในบางครั้งแต่ละ**ระดับของปัจจัย (Level of factor)** เรียกว่า **ประชากร (Population)** หรือ **ทรีตเมนต์ (Treatment)** และในแต่ละประชากรหรือทรีตเมนต์มีจำนวนค่าสังเกตหรือขนาดตัวอย่างเป็น n_i ซึ่งต้องการที่จะทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต ผลการทดลอง หรือผลตอบสนอง ที่ได้จากแต่ละประชากร ทรีตเมนต์ หรือระดับต่าง ๆ ของปัจจัย จะเรียกรูปแบบการทดสอบนี้ว่า **การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one–way analysis of variance)** หรือ **การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่มีปัจจัยเดียว (single factor analysis of variance)** โดยข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์จะมีรูปแบบดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รูปแบบค่าสังเกตของตัวอย่างสุ่มสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

ประชากร	ค่าสังเกต						ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	⋯	j	⋯	n_i		
1	x_{11}	x_{12}	⋯	x_{1j}	⋯	x_{1n_i}	$x_{1\bullet}$	$\bar{x}_{1\bullet}$
2	x_{21}	x_{22}	⋯	x_{2j}	⋯	x_{2n_i}	$x_{2\bullet}$	$\bar{x}_{2\bullet}$
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
i	x_{i1}	x_{i2}	⋯	x_{ij}	⋯	x_{in_i}	$x_{i\bullet}$	$\bar{x}_{i\bullet}$
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
a	x_{a1}	x_{a2}	⋯	x_{aj}	⋯	x_{an_i}	$x_{a\bullet}$	$\bar{x}_{a\bullet}$
รวม							$x_{\bullet\bullet}$	$\bar{x}_{\bullet\bullet}$

เมื่อ x_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j ที่ได้รับจากประชากรที่ i

$x_{i\bullet} = \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$ คือ ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดที่ได้รับจากประชากรที่ i

$\bar{x}_{i\bullet} = \frac{x_{i\bullet}}{n_i}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมดที่ได้รับจากประชากรที่ i

$x_{\bullet\bullet} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$ คือ ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด

$\bar{x}_{\bullet\bullet} = \frac{x_{\bullet\bullet}}{N}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

$N = \sum_{i=1}^{a} n_i$ คือ ผลรวมของจำนวนของค่าสังเกตทั้งหมด

สำหรับการทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one–way analysis of variance) สมมติฐานทางสถิติที่ต้องการทดสอบคือ

สมมติฐาน

$H_0: \ \mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_a$

$H_1: \ \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 ค่าของ $i \neq j$

ถ้า **ยอมรับสมมติฐานว่าง** แสดงว่าประชากรทั้งหมดมีค่าเฉลี่ย μ ไม่แตกต่างกัน หรือประชากรไม่มีอิทธิพลต่อค่าสังเกต และค่าสังเกต y_{ij} เป็นผลมาจากค่าเฉลี่ยรวม μ และความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม ε_{ij} เท่านั้น

ถ้า **ปฏิเสธสมมติฐานว่าง** แสดงว่ามีประชากรอย่างน้อย 1 คู่ที่มีค่าเฉลี่ยของประชากร μ แตกต่างกัน การสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนยังไม่สามารถบอกได้ว่ามีประชากรคู่ไหนบ้างที่มีค่าเฉลี่ยของประชากรแตกต่างกัน ผู้วิเคราะห์ต้องทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) เพื่อตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกัน เป็นขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ผลบวกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกค่า เรียกว่า **ผลบวกกำลังสองของยอดรวม (Total sum of square ; SST)** และผลบวกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรกับค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกค่า เรียกว่า **ผลบวกกำลังสองระหว่างกลุ่ม (Between groups sum of square ; SSB)** และผลบวกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตแต่ละค่าภายในประชากรหนึ่ง ๆ กับค่าเฉลี่ยของประชากรเรียกว่า **ผลบวกกำลังสองภายในกลุ่ม (Within groups sum of square ; SSW)** ดังนั้นจะเขียนความสัมพันธ์ใหม่ในรูปสัญลักษณ์ ได้ว่า

$$SST = SSB + SSW$$

เมื่อ SST คือ ผลบวกกำลังสองของยอดรวม (Total sum of Square)

SSB คือ ผลบวกกำลังสองระหว่างกลุ่ม (Between groups sum of square) โดยถ้าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง จะเรียกว่า ผลบวกกำลังสองของ ทรีตเมนต์ (Treatment sum of square; $SSTr$)

SSW คือ ผลบวกกำลังสองภายในกลุ่ม (Within groups sum of square) โดยถ้าข้อมูลที่นำมาทดสอบเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง จะเรียกว่า ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Error sum of square; SSE)

การคำนวณค่าของผลบวกกำลังสองต่าง ๆ นั้น เราอาจคำนวณได้ง่ายขึ้นโดยการทำให้ผลบวกกำลังสองเหล่านั้นอยู่ในรูปของผลรวมของประชากรดังนี้

ผลบวกกำลังสองของยอดรวม $SST = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{x_{\bullet\bullet}^2}{N}$

ผลบวกกำลังสองระหว่างกลุ่ม $SSB = \sum_{i=1}^{a} \frac{x_{i\bullet}^2}{n_i} - \frac{x_{\bullet\bullet}^2}{N}$

ผลบวกกำลังสองภายในกลุ่ม $SSW = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{a} \frac{x_{i\bullet}^2}{n_i}$

โดยที่จำนวนองศาเสรี (Degree of Freedom) ของยอดรวมจะเท่ากับจำนวนองศาเสรีของระหว่างกลุ่มบวกกับจำนวนองศาเสรีของภายในกลุ่ม นั่นคือ

$$df_T = df_B + df_W$$
$$N-1 = a-1 + N-a$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้านำเอาจำนวนองศาเสรีไปหารผลบวกกำลังสองจะได้ค่ากำลังสองเฉลี่ย (Mean squares) นั่นคือ

$$MSB = \frac{SSB}{a-1}$$

$$MSW = \frac{SSW}{N-a}$$

ถ้าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นทั้ง 3 ข้อ แล้ว

$$\frac{MSB}{MSW} \sim F_{a-1,N-a}$$

นั่นคืออัตราส่วนระหว่างค่ากำลังสองเฉลี่ยระหว่างกลุ่มและค่ากำลังสองเฉลี่ยภายในกลุ่มจะมีการแจกแจงเอฟ ที่มีจำนวนองศาเสรีเท่ากับ $a-1$ และ $N-a$ และเรียกอัตราส่วนดังกล่าวว่าอัตราส่วนเอฟ (F–ratio) โดยมีสูตรสำหรับคำนวณค่าสถิติทดสอบเอฟ หรือตัวสถิติทดสอบสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวดังนี้

ตัวสถิติทดสอบ

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i}\left(\bar{x}_{i\bullet}-\bar{x}_{\bullet\bullet}\right)^2 \Big/ (a-1)}{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i}\left(x_{ij}-\bar{x}_{i\bullet}\right)^2 \Big/ (N-a)}$$

เขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อค่าสถิติทดสอบ F มากกว่าค่า $F_{\alpha;a-1,N-a}$

เมื่อ $F_{\alpha;a-1,N-a}$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางการแจกแจงเอฟ (ภาคผนวก ข ตารางที่ 2)

a คือ จำนวนประชากร

N คือ ผลรวมของจำนวนของค่าสังเกตทั้งหมด

α คือ ระดับนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวอาจสรุปเป็นตาราง เรียกว่า ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One–Way Analysis of Variance Table) ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

แหล่งความแปรปรวน (Source of Variation)	องศาเสรี (Degree of Freedom)	ผลบวกกำลังสอง (Sum of Squares)	กำลังสองเฉลี่ย (Mean Squares)	F
ระหว่างกลุ่ม (Between groups)	$a-1$	SSB	MSB	$\frac{MSB}{MSW}$
ภายในกลุ่ม (Within groups)	$N-a$	SSW	MSW	
รวม (Total)	$N-1$	SST		

ตัวอย่างที่ 2.1 จากการหาระยะเวลาตอบสนอง(หน่วย: มิลลิวินาที) สำหรับวงจรไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ที่ใช้ในกลไกอัตโนมัติชนิดหนึ่ง โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ข้อมูลดังแสดงในตาราง

ชนิดของวงจรไฟฟ้า	ระยะเวลาตอบสนอง					ผลรวม $x_{i\bullet}$	ค่าเฉลี่ย $\bar{x}_{i\bullet}$	ความแปรปรวน S_i^2
1	9	12	10	8	15	54	10.8	7.7
2	20	21	23	17	30	111	22.2	23.7
3	6	5	8	16	7	42	8.4	19.3
รวม							41.4	50.7

จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 ชนิด ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (สายชล, 2558)

วิธีทำ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

$H_0 : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 ค่าของ i ≠ j โดยที่ i,j = 1,2,3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าผลบวกกำลังสอง

$$SST = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} - \frac{x_{\bullet\bullet}^2}{N}$$

$$= (9)^2 + (12)^2 + \ldots + (7)^2 - \frac{(207)^2}{15}$$

$$= 3603 - 2856.6$$

$$= 746.4$$

$$SSB = \sum_{i=1}^{a} \frac{x_{i\bullet}^2}{n_i} - \frac{x_{\bullet\bullet}^2}{N}$$

$$= \frac{(54)^2 + (111)^2 + (42)^2}{5} - \frac{(207)^2}{15}$$

$$= 543.6$$

$$SSW = SST - SSB$$

$$= 746.4 - 543.6$$

$$= 202.8$$

คำนวณค่ากำลังสองเฉลี่ย

$$MSB = \frac{SST}{a-1}$$

$$= \frac{543.6}{3-1}$$

$$= 271.8$$

$$MSW = \frac{SSW}{N-a}$$

$$= \frac{202.8}{15-3}$$

$$= 16.9$$

ผลการวิเคราะห์สรุปเป็นตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับข้อมูลระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้า

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*
ชนิดของวงจรไฟฟ้า	2	543.6	271.8	16.08
ความคลาดเคลื่อน	12	202.8	16.9	
รวม	14	746.4		

จากภาคผนวก ข. ตารางที่ 2 จะได้ว่า $F_{0.05;2,12}$ = 3.8853 เพราะว่า F = 16.08 ซึ่งมีค่ามากกว่า 3.8853 จึงปฏิเสธสมมติฐานว่าง นั่นคือระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 ชนิด มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3 สถิติทดสอบการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากร

ในการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ในการทดสอบสมมติฐานถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟไม่มีนัยสำคัญทางสถิติหรือเกิดการยอมรับสมมติฐานว่าง แสดงว่าไม่มีค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดที่มีความแตกต่างกัน แต่ถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟมีนัยสำคัญทางสถิติหรือเกิดการปฏิเสธสมมติฐานว่าง แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างน้อย 1 คู่ ที่มีความแตกต่างกัน การสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวนี้ยังไม่สามารถบอกได้ว่ามีประชากรคู่ไหนบ้างที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรเป็นขั้นต่อไป โดยสามารถแบ่งวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ (สิทธิชัย, 2558)

1. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีการวางแผนล่วงหน้า (Planned Multiple Comparisons)

วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในประเภทนี้ ผู้วิเคราะห์พอจะทราบก่อนล่วงหน้าแล้วว่าจะมีค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดบ้างที่จะนำมาทำการทดสอบเปรียบเทียบกัน นอกจากนั้นผู้วิเคราะห์อาจทราบต่อไปอีกว่าลักษณะการเปรียบเทียบของค่าเฉลี่ยเหล่านั้นจะเป็นอย่างไร หรือก็คือจะไม่มีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนก่อน ทั้งนี้เพราะผู้วิเคราะห์ทราบล่วงหน้าก่อนแล้วว่าจะต้องทำการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรใดบ้างและในลักษณะใด การเปรียบเทียบประเภทนี้จะพบว่าจำนวนของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยต่าง ๆ นั้น น้อยกว่าจำนวนการเปรียบเทียบที่เป็นไปได้ทั้งหมด เช่น ถ้าต้องการเปรียบเทียบว่า $\mu_1 = \mu_2 \neq \mu_3 = \mu_4$ หรือไม่นั้น เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบว่า $\mu_1 = \mu_2$ $\mu_2 \neq \mu_3$ และ $\mu_3 = \mu_4$ ซึ่งจำนวนคู่การเปรียบเทียบเท่ากับ 3 คู่การเปรียบเทียบ ในขณะที่การเปรียบเทียบที่ไม่ได้วางแผนไว้ล่วงหน้า จำนวนคู่ของการเปรียบเทียบจะมีมากขึ้นกว่าการเปรียบเทียบที่มีการวางแผนล่วงหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรที่ไม่มีการวางแผนล่วงหน้า (Unplanned Multiple Comparisons)

วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในประเภทนี้ ผู้วิเคราะห์ไม่ได้คาดการณ์ล่วงหน้าไว้ก่อนว่าค่าเฉลี่ยของประชากรใดบ้างที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะไม่สามารถทราบได้ว่าค่าเฉลี่ยของประชากร ต่าง ๆ นั้นแตกต่างกันหรือไม่ จึงมักเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนเสียก่อน เพื่อการทดสอบว่า $\mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_a$ หรือไม่

เมื่อผลการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวพบว่าปฏิเสธสมมติฐานว่าง จึงทดสอบขั้นต่อไปด้วยการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ซึ่งจำนวนคู่ของการเปรียบเทียบจะมีจำนวนเท่ากับกฎของการเลือก คือ ${}^{a}C_2$ เมื่อ a คือ จำนวนค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งหมดที่ต้องการทำการเปรียบเทียบ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรอาจแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ การเปรียบเทียบพหุคูณ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรต่างๆ กับประชากรควบคุม และการเปรียบเทียบแบบออร์โธโกนอล (สายชล, 2558, น.103) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการเปรียบเทียบพหุคูณเท่านั้น

การเปรียบเทียบพหุคูณ หรือ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรรายคู่ (Multiple Comparison or Comparing Pairs of Populations Means)

การเปรียบเทียบพหุคูณเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรเป็นคู่ ๆ หรือการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรทุกคู่เป็นไปได้ โดยทั่วไปจะทดสอบเมื่อทราบว่าค่าสถิติทดสอบเอฟในการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งทำให้อาจเรียกการเปรียบเทียบพหุคูณว่าการเปรียบเทียบภายหลัง (Posteriori Comparison or Post Hoc Analysis)

Kirk,R.E. (2013) กล่าวว่า โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ (multiple comparison procedures) จะใช้ตัวสถิติตัวใดตัวหนึ่งจาก 3 ตัวสถิตินี้

$$t \quad \text{statistics} \quad = \quad \frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\psi}} \quad = \quad \frac{\sum_{i=1}^{p} c_i \bar{x}_{i\bullet}}{\sqrt{MSE \sum_{i=1}^{p} \frac{c_i^2}{n_i}}}$$

$$q \quad \text{statistics} \quad = \quad \frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\bar{Y}}} \quad = \quad \frac{\sum_{i=1}^{p} c_i \bar{x}_{i\bullet}}{\sqrt{\frac{MSE}{n}}}$$

$$F \quad \text{statistics} \quad = \quad \frac{\hat{\psi}^2}{\hat{\sigma}_{\psi}^2} \quad = \quad \frac{\left(\sum_{i=1}^{p} c_i \bar{x}_{i\bullet}\right)^2}{MSE \sum_{i=1}^{p} \frac{c_i^2}{n_i}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\hat{\psi}$ คือ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

$\hat{\sigma}_{\psi}$ คือ ค่าประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการเปรียบเทียบ

$\hat{\sigma}_{\bar{Y}}$ คือ ค่าประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยในการเปรียบเทียบ

c_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการเปรียบเทียบที่ i

$\bar{x}_{i\bullet}$ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรที่ i

p คือ จำนวนของค่าเฉลี่ยที่ต้องการเปรียบเทียบ โดยถ้าเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ p จะเท่ากับ 2

MSE คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน

t คือ การแจกแจงทีของสติวเดนต์ (Student's t–distribution)

q คือ การแจกแจงพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (Studentized range distribution)

F คือ การแจกแจงเอฟ (F–distribution)

ในกรณีการเปรียบเทียบพหุคูณที่เป็นการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise) และแต่ละประชากรมีขนาดตัวอย่างเท่ากัน จะได้ความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ตัวสถิติดังนี้

$$\frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\psi}} = \frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\bar{Y}}\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{\hat{\psi}^2}{\hat{\sigma}^2_{\psi}}}$$

หรือ $$t = \frac{q}{\sqrt{2}} = \sqrt{F}$$

โดยถ้ามีประชากรทั้งหมด 3 ประชากร สำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณจะทำการเปรียบเทียบได้ทั้งหมด ${}^{3}C_{2} = \frac{3!}{2!(3-2)!} = 3$ คู่การเปรียบเทียบ โดยจะดำเนินการเปรียบเทียบไปจนครบทั้ง 3 การเปรียบเทียบ และในแต่ละครั้งของการเปรียบเทียบจะมีสมมติฐานทางสถิติดังนี้

$$H_0: \ \mu_i = \mu_j$$
$$H_1: \ \mu_i \neq \mu_j \quad ; \quad i, j = 1,2,3 \text{ และ } i \neq j$$

และตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 จะลดรูป (simplifies) เป็นดังนี้

$$t \text{ statistics} = \frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\psi}} = \frac{\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}}{\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}}$$

$$q \text{ statistics} = \frac{\hat{\psi}}{\hat{\sigma}_{\bar{Y}}} = \frac{\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}}{\sqrt{\frac{MSE}{n}}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F \text{ statistics} = \frac{\hat{\psi}^2}{\hat{\sigma}^2_{\psi}} = \frac{\left(\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}\right)^2}{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

โดยข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ จะเหมือนกับข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือ

1. ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ
2. ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากันหรือคงที่
3. ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่เป็นอิสระกัน

และอาจเลือกใช้สถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ได้ดังต่อไปนี้

2.3.1 สถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล (Student-Newman-Keul's Test : SNK Test)

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล เสนอโดย นิวแมน (Newman) ในปีค.ศ. 1939 และคูล (Keuls) ได้นำมาปรับปรุงในปีค.ศ. 1952 การทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล นี้จะคล้ายกับการทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน กล่าวคือ ค่าวิกฤตที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมีหลายค่า แต่แตกต่างจากการทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคนคือ ในการหาค่าวิกฤตสำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกคู่ที่เป็นไปได้ จะใช้ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (Significant Studentized Range) ซึ่งเหมือนกับการทดสอบของทูกีย์ (กฤตพลและคณะ,2558) โดยมีตัวสถิติทดสอบดังนี้

- กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $$qSNK = \frac{\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}}{\sqrt{\frac{MSW}{n_i}}}$$

- กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

สูตร $$qSNK = \frac{\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}}{\sqrt{\frac{MSW}{2}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $|qSNK| \geq q_{\alpha}(p,v)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $q_\alpha(p,v)$ คือ ค่าจากตาราง CRITICLE VALUES FOR STUDENTIZED RANGE (Kirk, 2013) ที่ระดับนัยสำคัญ α โดยที่ p คือจำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบ ซึ่งเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของผลต่างของอันดับบวกด้วย 1 และมีจำนวนองศาเสรีของความคลาดเคลื่อน คือ v = df. = n– a สำหรับประชากร a กลุ่ม

MSW คือ ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean square within-groups)

$$MSW = \frac{SSW}{a(n-1)} \quad \text{และ} \quad SSW = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{a}\frac{x_{i\bullet}^2}{n_i}$$

a คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

n_1, n_2 คือ ขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 และขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

n_i คือ ขนาดตัวอย่าง เมื่อขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 เท่ากับขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 2 และ $n = n_1 + n_2$ เมื่อขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 เท่ากับขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 2

หรือเพื่อความสะดวกอาจคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

- กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $SNK_\alpha = q_\alpha(p,v)\sqrt{\frac{MSW}{n_i}}$

- กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

สูตร $SNK_\alpha = q_\alpha(p,v)\sqrt{\frac{MSW}{2}\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $\left|\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}\right| \geq SNK_\alpha$

ตัวอย่างที่ 2.2 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 ชนิด โดยใช้สถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$SNK_\alpha = q_\alpha(p,v)\sqrt{\frac{MSW}{2}\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}$$

เมื่อ $\sqrt{\frac{MSW}{2}\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)} = \sqrt{\frac{16.9}{2}\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}$

$= 1.838$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ตารางค่าวิกฤตของพิสัยสตีวเดนต์ไดซ์ ที่ $\alpha = 0.05$ อ่านค่าตั้งแต่ $p = 2$ ถึง $p = 3$ และ $\nu = 12$ จะได้ค่าสถิติ $SNK_{0.05}$ ดังนี้

p	2	3
$q_{0.05}(p,12)$	3.08	3.77
$SNK_{0.05}$	5.661	6.929

และเรียงลำดับค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 ชนิด จากน้อยไปมาก

ลำดับ	(1)	(2)	(3)
ชนิดของวงจรไฟฟ้า	3	1	2
ระยะเวลาตอบสนองเฉลี่ย	8.4	10.8	22.2

จำนวนคู่ของการเปรียบเทียบที่เป็นไปได้ทั้งหมด คือ

$$S = {}^{3}C_{2} = 3$$

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร

$\lvert\bar{x}_{1\bullet} - \bar{x}_{2\bullet}\rvert$	=	$\lvert 10.8 - 22.2\rvert$	=	11.4	>	5.661*
$\lvert\bar{x}_{1\bullet} - \bar{x}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 10.8 - 8.4\rvert$	=	2.4	<	5.661
$\lvert\bar{x}_{2\bullet} - \bar{x}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 22.2 - 8.4\rvert$	=	13.8	>	6.929*

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สำหรับการแสดงผลของการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ สามารถแสดงได้โดยการจัดเรียงค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ แล้วขีดเส้นใต้ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน หรือการให้อักษรโดยให้อักษรเดียวกัน หรือร่วมกันแก่ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนี้

ชนิดของวงจรไฟฟ้า	3	1	2
ระยะเวลาตอบสนองเฉลี่ย	8.4	10.8	22.2
หรือ	a	a	b

ดังนั้นดังนั้นวงจรไฟฟ้าชนิดที่ 1 และ 3 มีระยะเวลาตอบสนองโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทาสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 สถิติทดสอบของชิดาร์ก(Sidak's Test หรือ Dunn-Sidak Multiple Comparison Test)

สถิติทดสอบของชิดาร์ก หรือ ดัน-ชิดาร์ก เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรหลายคู่ โดยวิธีนี้จะใช้ค่าวิกฤตเพียงค่าเดียวในการเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรทุกคู่ ซึ่งในการหาค่าวิกฤตในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกคู่ที่เป็นไปได้นั้น จะใช้ค่าวิกฤตของ Percentage Points of the Dunn-Sidax Multiple comparison Test วิธีการนี้ได้ถูกนำเสนอในงานวิจัยของ Zbyněk Šidák ในปีค.ศ. 1967 โดยมีสถิติทดสอบดังนี้

- กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $DS = \dfrac{\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}}{\sqrt{\dfrac{MSW}{n_i}}}$

- กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

สูตร $DS = \dfrac{\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}}{\sqrt{\dfrac{MSW}{2}\left(\dfrac{1}{n_1}+\dfrac{1}{n_2}\right)}}$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $|DS| \geq t_{DS}$

เมื่อ t_{DS} คือ ค่าจากตาราง Percentage Points of the Dunn-Sidax Multiple Comparison Test (Kirk, 2013) ที่ระดับนัยสำคัญ α

MSW คือ ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean square within-groups)

$$MSW = \frac{SSW}{a(n-1)} \quad \text{และ} \quad SSW = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{a}\frac{x_{i\bullet}^2}{n_i}$$

a คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

n_1, n_2 คือ ขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 และขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

n_i คือ ขนาดตัวอย่าง เมื่อขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 เท่ากับขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 2 และ $n = n_1 + n_2$ เมื่อขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 เท่ากับขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 2

หรือเพื่อความสะดวกอาจคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

- กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

สูตร $DS = t_{DS}\sqrt{\dfrac{MSW}{n_i}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

สูตร $DS = t_{DS}\sqrt{MSW\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $\left|\bar{x}_{i\bullet}-\bar{x}_{j\bullet}\right| \geq DS$

ตัวอย่างที่ 2.3 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 ชนิด โดยใช้สถิติทดสอบของชิดาร์ก

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$DS = t_{DS}\sqrt{\frac{MSW}{n_i}}$;กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน

เปิดตาราง Percentage Points of Dunn-Sidak Multiple Comparison Test เมื่อ $\alpha = 0.05$, $C = 3$ และ $N-k = 12$ จะได้ว่า $t_{DS} = 2.770$

ดังนั้น $DS = 2.770\sqrt{\frac{16.9}{5}}$

$= 5.093$

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร

$\left\|\bar{x}_{1\bullet}-\bar{x}_{2\bullet}\right\|$	=	$\left\|10.8-22.2\right\|$	=	11.4	>	5.093*
$\left\|\bar{x}_{1\bullet}-\bar{x}_{3\bullet}\right\|$	=	$\left\|10.8-8.4\right\|$	=	2.4	<	5.093
$\left\|\bar{x}_{2\bullet}-\bar{x}_{3\bullet}\right\|$	=	$\left\|22.2-8.4\right\|$	=	13.8	>	5.093*

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สำหรับการแสดงผลของการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ สามารถแสดงได้โดยการจัดเรียงค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ แล้วขีดเส้นใต้ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน หรือการให้อักษรโดยให้อักษรเดียวกัน หรือร่วมกันแก่ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนี้

ชนิดของวงจรไฟฟ้า	3	1	2
ระยะเวลาตอบสนองเฉลี่ย	8.4	10.8	22.2
หรือ	a	a	b

ดังนั้นดังนั้นวงจรไฟฟ้าชนิดที่ 1 และ 3 มีระยะเวลาตอบสนองโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทาสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 สถิติทดสอบของกาเบรียล (Gabriel Test)

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรของกาเบรียล เสนอโดย Gabriel,K.R. เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่คล้ายกับสถิติทดสอบ Hochberg's GF2 กล่าวคือใช้ค่าวิกฤตเพียงค่าเดียวในการเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรทุกคู่ แต่ในการหาค่าวิกฤตในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกคู่ที่เป็นไปได้นั้น จะใช้ค่าวิกฤตของ Percentage Point of the Studentized Maximum Modulus Distribution โดยที่จำนวนประชากรทั้งหมดจะนำมาพิจารณาในการคำนวณค่าวิกฤตด้วย โดยมีตัวสถิติทดสอบดังนี้

สูตร $$G = \frac{\left|\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}\right|}{\sqrt{\frac{MSW}{2}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $|G| \geq m_{(\alpha;c,v)}$

เมื่อ $m_{(\alpha;c,v)}$ คือ ค่าจากตาราง Percentage Point of the Studentized Maximum Modulus Distribution (Kirk, 2013)

MSW คือ ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean square within-groups)

$$MSW = \frac{SSW}{a(n-1)} \quad \text{และ} \quad SSW = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{a}\frac{x_{i\bullet}^2}{n_i}$$

a คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

n_1, n_2 คือ ขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 และขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

n คือ ขนาดตัวอย่าง เมื่อขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 เท่ากับขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 2 โดยที่ $n = n_1 + n_2$

หรือเพื่อความสะดวกอาจคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

สูตร $$G = m_{(\alpha;c,v)}\sqrt{\frac{MSW}{2}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $\left|\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}\right| \geq G$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2.4 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 ชนิด โดยใช้สถิติทดสอบของกาเบรียล

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$G = \frac{\left|\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{j\bullet}\right|}{\sqrt{\frac{MSW}{2}\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}}$$

คำนวณค่า G ของ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 1 และ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 2

$$G = \frac{|10.8 - 22.2|}{\sqrt{\frac{16.9}{2}\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}} = 6.2$$

ค่า G ของ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 1 และ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 3

$$G = \frac{|10.8 - 8.4|}{\sqrt{\frac{16.9}{2}\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}} = 1.31$$

และ ค่า G ของ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 2 และ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 3

$$G = \frac{|22.2 - 8.4|}{\sqrt{\frac{16.9}{2}\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}} = 7.51$$

หาค่า $m_{(\alpha;c,\nu)}$ จากตาราง Percentage Point of the Studentized Maximum Modulus Distribution (Kirk, 2013) จะได้ดังนี้ $m_{(0.05;3,12)}$ = 2.75 และ $m_{(0.01;3,12)}$ = 3.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ตารางเปรียบเทียบผลลบของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่กับค่า $m_{(\alpha;c,v)}$ และการหาค่านัยสำคัญของการทดสอบ

กลุ่มเปรียบเทียบ	G	$m_{(0.05;3,12)}$	$m_{(0.01;3,12)}$	Sig
1 กับ 2	6.2^{**}	2.75	3.63	Sig
1 กับ 3	1.31			-
2 กับ 3	7.51^{**}			Sig

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

โดยดูจากค่าผลลบของค่าเฉลี่ยที่ได้ ถ้าคู่ใดมีค่าผลลบ หรือ $|G| \geq m_{(\alpha;c,v)}$ แสดงว่า ค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันของคู่ดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามที่ได้กำหนดไว้

สำหรับการแสดงผลของการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ สามารถแสดงได้โดยการจัดเรียงค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ แล้วขีดเส้นใต้ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน หรือการให้อักษรโดยให้อักษรเดียวกัน หรือร่วมกันแก่ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนี้

ชนิดของวงจรไฟฟ้า	3	1	2
ระยะเวลาตอบสนองเฉลี่ย	8.4	10.8	22.2
หรือ	a	a	b

ดังนั้นดังนั้นวงจรไฟฟ้าชนิดที่ 1 และ 3 มีระยะเวลาตอบสนองโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 สถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ
(Ryan Einot Gabriel Welsch F Test : R-E-G-WF Test)

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ เสนอโดย Ryan,T.A. Einot,I. Gabriel,K.R. และ Welsch,R.E. โดยใช้ค่าวิกฤตเพียงค่าเดียวในการเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรทุกคู่ และใช้ค่าวิกฤตเอฟ (Upper Percentage Point of the F distribution) โดยที่จำนวนประชากรทั้งหมดจะนำมาพิจารณาในการคำนวณค่าวิกฤตด้วย โดยมีตัวสถิติทดสอบดังนี้

สูตร $$F_p = \frac{\sum_{j=1}^{a} n_j \bar{x}_{\bullet j}^{\,2} - (\sum_{j=1}^{a} n_j \bar{x}_{\bullet j})^2 / \sum_{j=1}^{a} n_j}{(a-1)MSW}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $F_p \geq F_{\alpha_p, p-1, v}$

โดยที่ $F_{\alpha_p, p-1, v}$ คือ ค่าจากตาราง Upper Percentage Point of the F distribution (Kirk,2013)

และ $\alpha_p = 1-(1-\alpha)^{p/a}, 2 \leq p \leq a-2, \alpha_{a-1} = \alpha_a = \alpha$ ที่ระดับนัยสำคัญ α โดยที่ p คือจำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบซึ่งเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของผลต่างของอันดับ บวกด้วย 1 และมีจำนวนองศาเสรีของความคลาดเคลื่อน คือ v = df. = n– a สำหรับประชากร a กลุ่ม

MSW คือ ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean square within-groups)

$$MSW = \frac{SSW}{a(n-1)} \quad \text{และ} \quad SSW = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{a} \frac{x_{i\bullet}^2}{n_i}$$

a คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

n_j คือ จำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ j

n คือ ขนาดตัวอย่าง เมื่อขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 เท่ากับกลุ่มที่ 2 โดยที่ $n = n_1 + n_2$

ตัวอย่างที่ 2.5 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนองของวงจรไฟฟ้าทั้ง 3 ชนิด โดยใช้สถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$F_p = \frac{\sum_{j=1}^{a} n_j \bar{x}_{\bullet j}^{2} - (\sum_{j=1}^{a} n_i \bar{x}_{\bullet j})^2 / \sum_{j=1}^{a} n_j}{(a-1)\,\mathrm{MSW}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่า F ของ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 1 และ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 2

$$F_{12} = \frac{5(10.8^2 + 22.2^2) - \frac{(5(10.8+22.2))^2}{10}}{(3-1)16.9} = 9.61$$

ค่า F ของ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 1 และ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 3

$$F_{13} = \frac{5(10.8^2 + 8.6^2) - \frac{(5(10.8+8.6))^2}{10}}{(3-1)16.9} = 0.43$$

และ ค่า F ของ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 2 และ วงจรไฟฟ้าชนิดที่ 3

$$F_{23} = \frac{5(22.2^2 + 8.6^2) - \frac{(5(22.2+8.6))^2}{10}}{(3-1)16.9} = 14.09$$

คำนวณค่า α_p จาก $\alpha_p = 1-(1-\alpha)^{p/a}, 2 \le p \le a-2, \alpha_{a-1} = \alpha_a = \alpha$

เมื่อ n_i = 5 , p = 2 และ v = n-a = 15-3 = 12

จะได้ว่า $\alpha_p = 1-(1-\alpha)^{p/a} = 1-(1-0.05)^{2/3} = 0.0336$

ดังนั้น $F_{\alpha_p;\mathrm{p}-1,\mathrm{v}} = F_{0.0336;1,12} = 5.75$

เปรียบเทียบค่า F ของแต่ละกลุ่มที่คำนวณได้กับค่า $F_{\alpha_p;\mathrm{p}-1,\mathrm{v}}$ โดยพิจารณานัยสำคัญถ้า $F \ge F_{\alpha_p;\mathrm{p}-1,\mathrm{v}}$ แสดงว่ากลุ่มที่ทำการเปรียบเทียบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการคำนวณได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.5 ตารางเปรียบเทียบค่า F ของแต่ละกลุ่มที่คำนวณได้กับค่า $F_{\alpha_p;\mathrm{p}-1,\mathrm{v}}$ และการหาค่านัยสำคัญของการทดสอบ

p	Hypothesis	F_p	$F_{0.0336;1,12}$	Sig
2	$\mu_1 = \mu_2$	9.61*	5.75	Sig
	$\mu_1 = \mu_3$	0.43		NonSig
	$\mu_2 = \mu_3$	14.09*		Sig

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สำหรับการแสดงผลของการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ สามารถแสดงได้โดยการจัดเรียงค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการเปรียบเทียบ แล้วขีดเส้นใต้ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน หรือการให้อักษรโดยให้อักษรเดียวกัน หรือร่วมกันแก่ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของวงจรไฟฟ้า	3	1	2
ระยะเวลาตอบสนองเฉลี่ย	8.4	10.8	22.2
หรือ	a	a	b

ดังนั้นดังนั้นวงจรไฟฟ้าชนิดที่ 1 และ 3 มีระยะเวลาตอบสนองโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.4 เกณฑ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบ

ประสิทธิภาพการทดสอบ หมายถึง เกณฑ์ในการตัดสินว่าวิธีทดสอบใดดีที่สุดในบรรดาวิธีทดสอบที่สนใจศึกษา โดยวัดประสิทธิภาพจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด (กษิภัท และคณะ, 2557)

ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Probability of Type I Error) หมายถึง ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นจริง เขียนแทนด้วย α

ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 หมายถึง ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ที่กำหนด

กำลังการทดสอบ (Power of a Test) หมายถึง ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง เขียนแทนด้วย $1-\beta$

ตารางที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นจริงของสมมติฐานว่างและการสรุปผล

สมมติฐานว่าง (H_0)	การสรุปผล	
	ยอมรับ H_0	ปฏิเสธ H_0
เป็นจริง	**ตัดสินใจถูกต้อง** ความน่าจะเป็น = $1-\alpha$	**ตัดสินใจผิดพลาด** ความน่าจะเป็น = α
ไม่เป็นจริง	**ตัดสินใจผิดพลาด** ความน่าจะเป็น = β	**ตัดสินใจถูกต้อง** ความน่าจะเป็น = $1-\beta$

สำหรับการจำลองข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบจะพิจารณาจากค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 $(\hat{\alpha})$ หรือค่าประมาณกำลังการทดสอบ $(1-\hat{\beta})$ หรือพิจารณาทั้งสองอย่างควบคู่กัน ซึ่งสำหรับการพิจารณาทั้งสองอย่างควบคู่กันนั้น อันดับแรกจะดูที่ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ก่อนว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ (เรียกว่าการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1) หากอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นจึงเลือกสถิติทดสอบที่ให้ค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็นสถิติทดสอบที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเกณฑ์ในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่นิยมใช้ ได้แก่ เกณฑ์ของ Cochran (1947) เกณฑ์ของ Bradley (1978) เกณฑ์การพิจารณาภายใต้การทดสอบสมมติฐานของค่า α ที่ประมาณการแจกแจงของสถิติทดสอบด้วยการแจกแจงปรกติ และเกณฑ์การพิจารณาภายใต้การทดสอบสมมติฐานของค่า α ซึ่งสถิติทดสอบมีการแจกแจงทวินาม (มานะชัย, 2556)

โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้**เกณฑ์ของ Bradley (1978)** เป็นเกณฑ์สำหรับการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เท่านั้น

เกณฑ์พิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

เกณฑ์ของ Bradley เสนอโดย Bradley (1978) โดยกำหนดให้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่เกิดจากการทดลอง เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ τ ซึ่งถ้าค่าของ τ ตกอยู่ในช่วง $[0.5\alpha,1.5\alpha]$ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ แต่ถ้าค่า τ ตกอยู่นอกช่วงที่กำหนด จะถือว่าสถิติทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ โดยเกณฑ์ของ Bradley สามารถจำแนกตามระดับนัยสำคัญได้ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์ของ Bradley จำแนกตามระดับนัยสำคัญ

ระดับนัยสำคัญ	ช่วงที่กำหนด
0.25	[0.125,0.375]
0.20	[0.100,0.300]
0.15	[0.075,0.225]
0.10	[0.050,0.150]
0.05	[0.025,0.075]
0.01	[0.005,0.015]

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดลองใดตกอยู่นอกเหนือจากช่วงที่กำหนด จะกล่าวว่าการทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

1. กรณีที่ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สูงกว่าขอบเขตบนที่กำหนดจะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $(\tau > \alpha)$

2. กรณีที่ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ต่ำกว่าขอบเขตล่างที่กำหนดจะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $(\tau < \alpha)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของกฤตพลและคณะ (2558) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์ ระบุว่าในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา สถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey's Test) สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test) สถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's Test) สถิติทดสอบของฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference Test : LSD) สถิติทดสอบของ ดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) และสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา และสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (SNK Test) มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดใน ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา

ปุณยนุช พินชู (2548) ได้ศึกษาเปรียบเทียบอัตราความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของวิธีการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ 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, SNK และ Dunnett ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่ α = 0.05 ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าประชากร ทั้ง k กลุ่ม มีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน และมีการแจกแจงแบบปรกติ ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบทั้งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยกำหนดให้ระดับทรีตเมนต์ (k) ตั้งแต่ 3 กลุ่มถึง 8 กลุ่ม แบ่งกลุ่มการทดลองเป็นกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ ข้อมูลในการวิจัยได้จากการจำลองมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 10,000 ครั้งในแต่ละขนาดการทดลอง ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันวิธีการทดสอบที่ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในทุกกรณี มี 2 วิธี คือ วิธี LSD และ Duncan วิธีการทดสอบที่ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เป็นบางกรณี มี 7 วิธี คือ วิธี Sidak, Dunnett, Tukey's b, Waller–Duncan, SNK, Gabriel และ R–E–G–WF และวิธีการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ มี 5 วิธี คือ วิธี Bonferroni, Tukey's HSD, Hochberg's GT2, Scheffe's และ R–E–G–WQ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน วิธีการทดสอบที่ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ในทุกกรณี มี 3 วิธี คือ วิธี LSD, Waller Duncan และ Duncan วิธีการทดสอบที่ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เป็นบางกรณี มี 5 วิธี คือ วิธี Dunnett, Tukey's b, SNK, Gabriel และ R–E–G–WF และวิธีการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มี 6 วิธี คือ วิธี Bonferroni, Sidak, Tukey's HSD, Hochberg's GT2, Scheffe's และ R–E–G–WQ และทุกวิธีการทดสอบที่นำมาคำนวณหากำลังการทดสอบจะมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้นตามจำนวนและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาที่กำลังการทดสอบ พบว่าวิธี LSD และ Waller–Duncan จะเป็น 2 วิธีที่มีค่าใกล้เคียงกันและมีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกกรณี เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 ถึง 4 กลุ่ม และวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกกรณีเมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 5 ถึง 8 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Boardman and Moffitt (1971) (อ้างถึงใน ปุณยนุช พินชู, 2548) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์พหุคูณ 5 วิธี คือวิธี LSD, Tukey, Scheffe, Duncan และ SNK ด้วยกลุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงปรกติขนาด 5 10 และ 15 ในระดับการทดลองตั้งแต่ 2 ถึง 11 และทำการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง เปรียบเทียบอัตราความผิดพลาด 2 แบบ คือ อัตราความผิดพลาดต่อการเปรียบเทียบ และอัตราความผิดพลาดต่อการทดสอบ ผลการวิจัยพบว่าอัตราความผิดพลาดของวิธี LSD และวิธีของ Duncan เพิ่มขึ้นตามจำนวนค่าเฉลี่ย ส่วนวิธีของ Scheffe เป็นวิธีเปรียบเทียบพหุคูณที่มีอัตราความผิดพลาดที่คงที่มากที่สุด

เอกสาร GLM Post Hoc Multiple Comparisons for Observed Mean (SPSS 11.0 Production Facility) (อ้างถึงใน ปุณยนุช พินชู, 2548) ระบุวาถาเปนการทดสอบแบบ Multiple Comparison Test วิธีการของ Sidak จะมีความเหมาะสมในการใชมากกวาวิธี Bonferroni และถาการทดสอบมีจำนวนกลุมมาก วิธี Tukey's HSD จะมีกำลังของการทดสอบสูงกวาวิธี Bonferroni ในทางกลับกันจะไดวาถาจำนวนกลุม ในการทดสอบนอยวิธี Bonferroni จะมีกำลังของการทดสอบสูงกว่าวิธี Tukey's HSD สวนวิธี Hochberg's GT2 จะเหมือนกันกับวิธี Tukey's HSD แต่จะตางกันตรงที่วิธี Hochberg's GT2 จะใชคา "Studentized maximum modulus" จึงส่งผลทำใหมี power ต่ำกวาวิธี Tukey's HSD และเชนเดียวกับวิธีของ Gabriel's pairwise comparisons test ที่จะตองใชคา"Studentized maximum modulus" เชนเดียวกับวิธี Hochberg's GT2 แตโดยทั่วไปแลว พบวาถาขนาดของกลุมตัวอยางไมเทากัน (cell sizes are unequal) วิธีของ Gabriel's pairwise comparisons test จะมีกำลังของการทดสอบสูงกว่าของวิธี Hochberg's GT2 ดังนั้นจะได้ว่าวิธีของ Gabriel's pairwise comparisons test นาจะเปนวิธีที่เหมาะกับการทดสอบที่กลุมตัวอยางมีขนาดไมเทากัน วิธีของ Scheffe's จะตองใหคาเฉลี่ยระหวางคูเปรียบเทียบตางกันมากผลการทดสอบจึงจะคนพบคา Significant สวนวิธี LSD จะมีขอเสียที่ไมมีความพยายามที่จะพบความแตกตางในการทดสอบแบบ multiple comparisons ถาเปนการทดสอบแบบ Range test กรณีที่ใชวิธี Multiple Step down วิธีการทดสอบ R-E-G-WF และวิธีการทดสอบ R-E-G-WQ จะมีกำลังของการทดสอบสูงกวาวิธี Duncan's multiple range test และ SNK แตไมแนะนำใหใชในกรณีที่กลุมตัวอยางมีขนาดตางกัน สวนวิธี Waller-Duncan test ใชคล้ายคลึงกับวิธี Bayesian approach ซึ่งเปน Range test เชนกันจะใชเมื่อขนาดกลุมตัวอยางมีคาเฉลี่ยไมคงที่ นอกจากนั้นวิธี Duncan's multiple range test , SNK และ Tukey's b ซึ่งเปน วิธีการทดสอบแบบ Range test ที่ใชการเรียงลำดับคาเฉลี่ยของ กลุมแลวคำนวณหาคาลำดับ และจะไมใชคาความถี่เขามาคำนวณในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Guven Ozkaya and Ilker Ercan (2012) ได้ศึกษาเปรียบเทียบอัตราความผิดพลาด 3 ชนิด คืออัตราความผิดพลาดต่อการทดสอบ (Familywise Error Rate) อัตราความผิดพลาดต่อการเปรียบเทียบ (Comparison Error Rate) และอัตราการค้นพบที่ไม่ถูกต้อง (False Discovery Rate) กำลังการทดสอบ 3 ชนิด คือ กำลังการทดสอบแบบต่อคู่การเปรียบเทียบ (Per–Pair Power) กำลังการทดสอบแบบคู่การเปรียบเทียบใด ๆ (Any–Pair Power) และกำลังการทดสอบแบบการเปรียบเทียบรวม (All–Pair Power) ของวิธีทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณที่เป็นรายคู่ 12 วิธี คือ LSD, Bonferroni, Dunn–Sidak, Scheffe's, REGW–F, REGW–Q, SNK, Tukey a, Tukey b, Duncan, Hochberg's GT2 และ Gabriel โดยศึกษาจากข้อมูลที่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้น คือ ข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ (Normality) ความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน (Homogeneity of Variances) และเป็นอิสระกัน (Independence of data) ศึกษาในกรณี 3 5 และ 7 ประชากร ขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการคำนวณอัตราความผิดพลาด กำหนดค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเท่ากับ 40 การคำนวณกำลังการทดสอบและอัตราการค้นพบที่ไม่ถูกต้อง กำหนดค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเท่ากับ 40 40 42 44 46 48 และ 50 โดยกำหนดความแปรปรวนของแต่ละประชากรเท่ากับ 2 4 และ 8 ตามลำดับ ใช้โปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 2.11.1 ในการจำลองข้อมูล และใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำการจำลองข้อมูลซ้ำ 250 รอบ ในแต่ละสถานการณ์ ผลการวิจัยพบว่าภายใต้สถานการณ์ที่ศึกษาไม่แนะนำวิธี LSD และ Duncan เพราะมีอัตราความผิดพลาดสูง ไม่แนะนำวิธี Scheffe's เพราะมีกำลังการทดสอบต่ำ กำลังการทดสอบทั้ง 3 ชนิด จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นหรือความแปรปรวนลดลง และไม่มีความแตกต่างที่โดดเด่นระหว่างวิธีอื่นๆ จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะแนะนำวิธีทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณแบบเฉพาะเจาะจงสำหรับทุกสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลองเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ด้วยสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) สถิติทดสอบของชิดาร์ก (Sidak's Test) สถิติทดสอบของกาเบรียล (Gabriel's Test) และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ (Ryan Einot Gabriel Welsch F test : R-E-G-WF Test) โดยมีการวางแผนการวิจัยและวิธีการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 การวางแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ในการศึกษาดังนี้

3.1.1 กำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 3 ประชากร

3.1.2 กำหนดขนาดตัวอย่างให้สุ่มจากประชากรขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)	
เท่ากัน	ไม่เท่ากัน
(10,10,10) , (20,20,20) , (30,30,30)	(4,7,10) , (14,17,20) , (24,27,30)

3.1.3 ในทุกขนาดตัวอย่างจากตารางที่ 3.1 จะศึกษาจากข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ด้วยพารามิเตอร์ (μ, σ^2) และการแจกแจงแกมมา ด้วยพารามิเตอร์ (α, β)

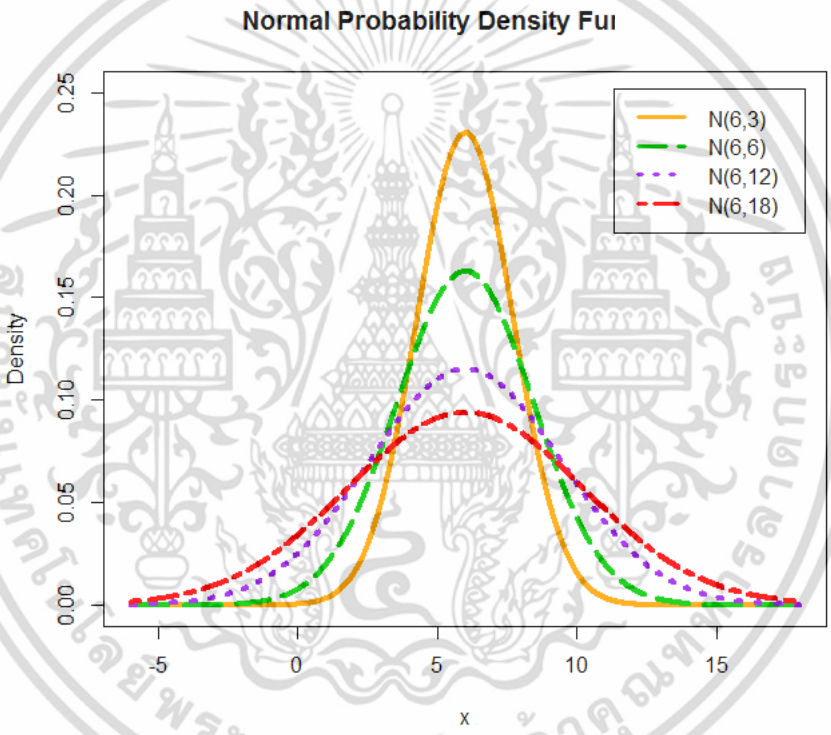
3.1.4 ในการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กำหนดค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเท่ากับ 6 และความแปรปรวนเท่ากับ 3 6 12 และ 18 ตามลำดับ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของแต่ละประชากร สำหรับแต่ละการแจกแจงดังต่อไปนี้

3.1.4.1 การแจกแจงปรกติ กำหนดค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สำหรับการแจกแจงปรกติ

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (μ,σ^2)			ค่าเฉลี่ย (μ_1,μ_2,μ_3)	ความแปรปรวน $(\sigma_1^2,\sigma_2^2,\sigma_3^2)$
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	ประชากรที่ 3		
1	(6,3)	(6,3)	(6,3)	(6,6,6)	(3,3,3)
2	(6,6)	(6,6)	(6,6)	(6,6,6)	(6,6,6)
3	(6,12)	(6,12)	(6,12)	(6,6,6)	(12,12,12)
4	(6,18)	(6,18)	(6,18)	(6,6,6)	(18,18,18)



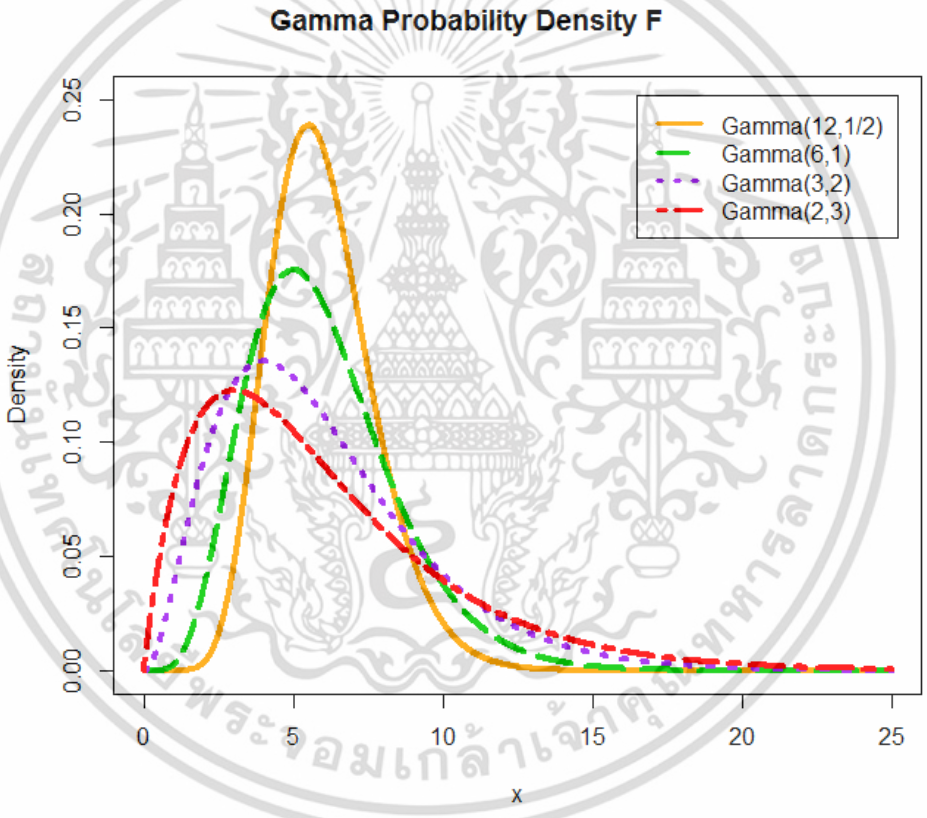
รูปที่ 3.1 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,3) (6,6) (6,12) และ (6,18)

3.1.4.2 การแจกแจงแกมมา กำหนดค่าพารามิเตอร์ (α,β) ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สำหรับการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (α,β)			ค่าเฉลี่ย (μ_1,μ_2,μ_3)	ความแปรปรวน $(\sigma_1^2,\sigma_2^2,\sigma_3^2)$
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	ประชากรที่ 3		
5	(12,1/2)	(12,1/2)	(12,1/2)	(6,6,6)	(3,3,3)
6	(6,1)	(6,1)	(6,1)	(6,6,6)	(6,6,6)
7	(3,2)	(3,2)	(3,2)	(6,6,6)	(12,12,12)
8	(2,3)	(2,3)	(2,3)	(6,6,6)	(18,18,18)



รูปที่ 3.2 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (12,1/2) (6,1) (3,2) และ (2,3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกสถานการณ์ กำหนดระดับนัยสำคัญในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1

3.1.6 ตรวจสอบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบตามเกณฑ์ของ Bradley ในแต่ละสถานการณ์

3.1.7 คำนวณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley ได้ ในแต่ละสถานการณ์

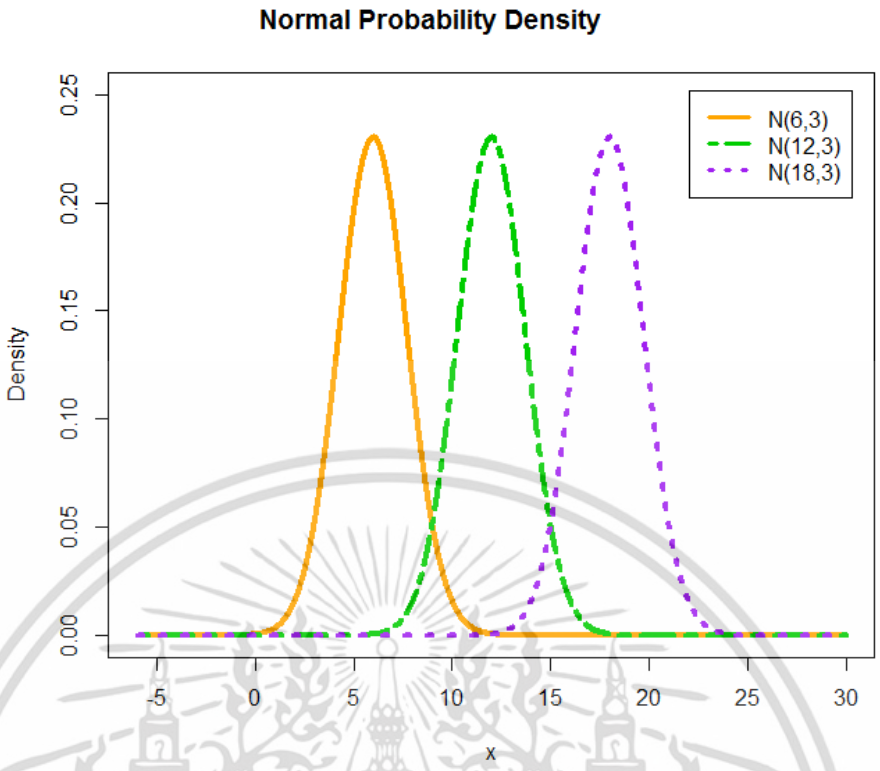
3.1.8 ในการคำนวณกำลังการทดสอบ กำหนดระยะห่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเป็น 6 และความแปรปรวนเท่ากับ 3 6 12 และ 18 ตามลำดับ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับระยะห่างของค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของแต่ละประชากร สำหรับแต่ละการแจกแจงดังต่อไปนี้

3.1.8.1 การแจกแจงปรกติ กำหนดค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) ดังแสดงในตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.3–3.6

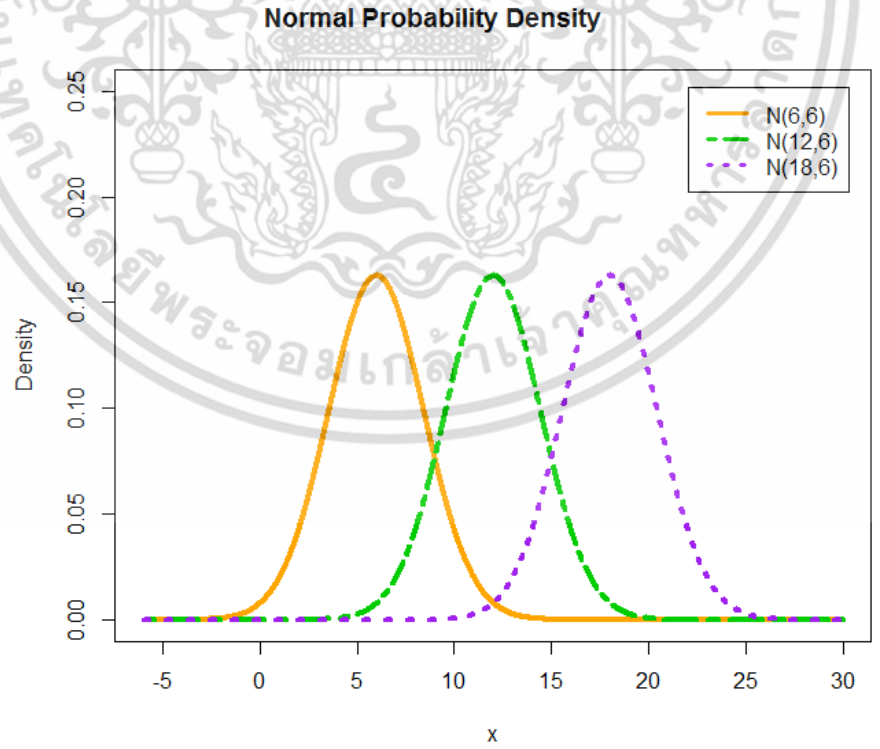
ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงปรกติ

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (μ,σ^2)			ค่าเฉลี่ย (μ_1,μ_2,μ_3)	ความแปรปรวน $(\sigma_1^2,\sigma_2^2,\sigma_3^2)$
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	ประชากรที่ 3		
1	(6,3)	(12,3)	(18,3)	(6,12,18)	(3,3,3)
2	(6,6)	(12,6)	(18,6)	(6,12,18)	(6,6,6)
3	(6,12)	(12,12)	(18,12)	(6,12,18)	(12,12,12)
4	(6,18)	(12,18)	(18,18)	(6,12,18)	(18,18,18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

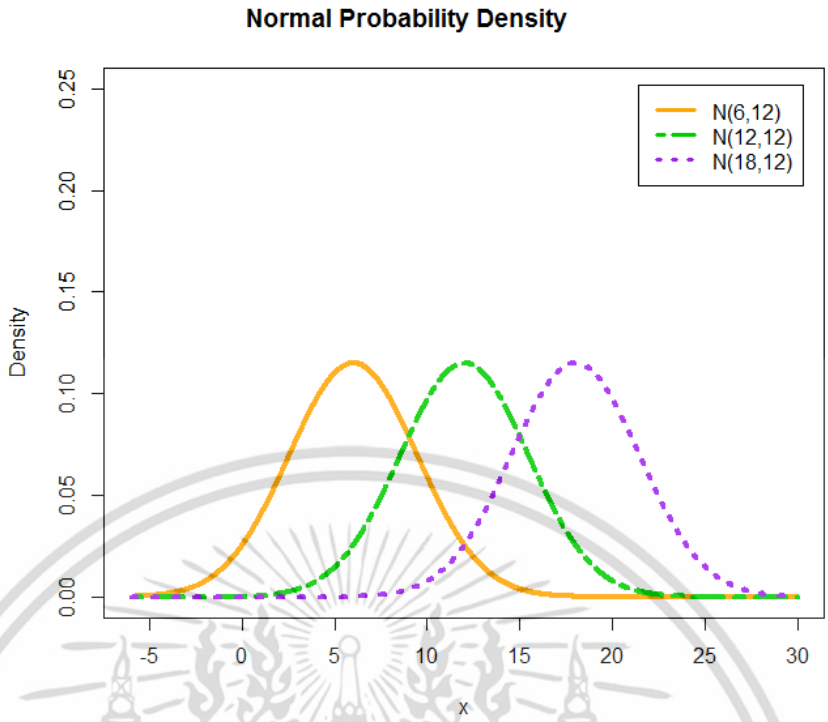


รูปที่ 3.3 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,3) (12,3) และ (18,3)

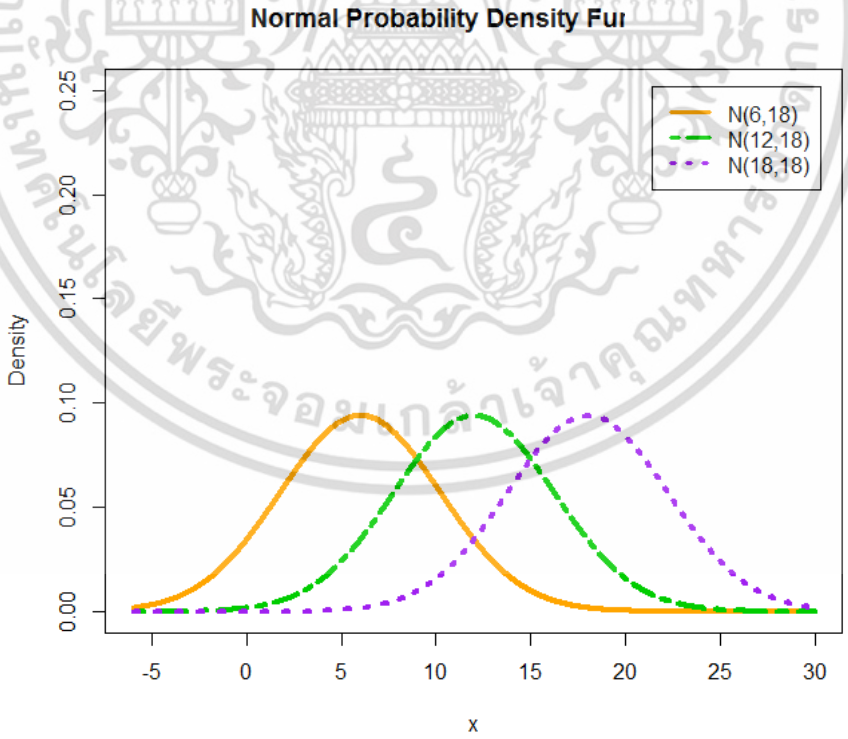


รูปที่ 3.4 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,6) (12,6) และ (18,6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,12) (12,12) และ (18,12)



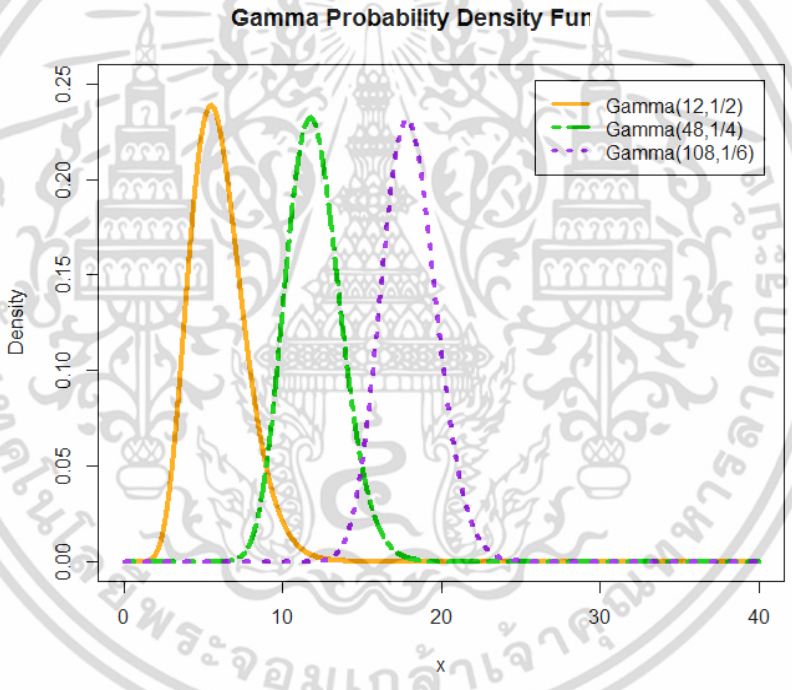
รูปที่ 3.6 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (6,18) (12,18) และ (18,18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8.2 การแจกแจงแกมมา กำหนดค่าพารามิเตอร์ (α,β) ดังแสดงในตารางที่ 3.5 และแสดงในรูปที่ 3.7–3.10

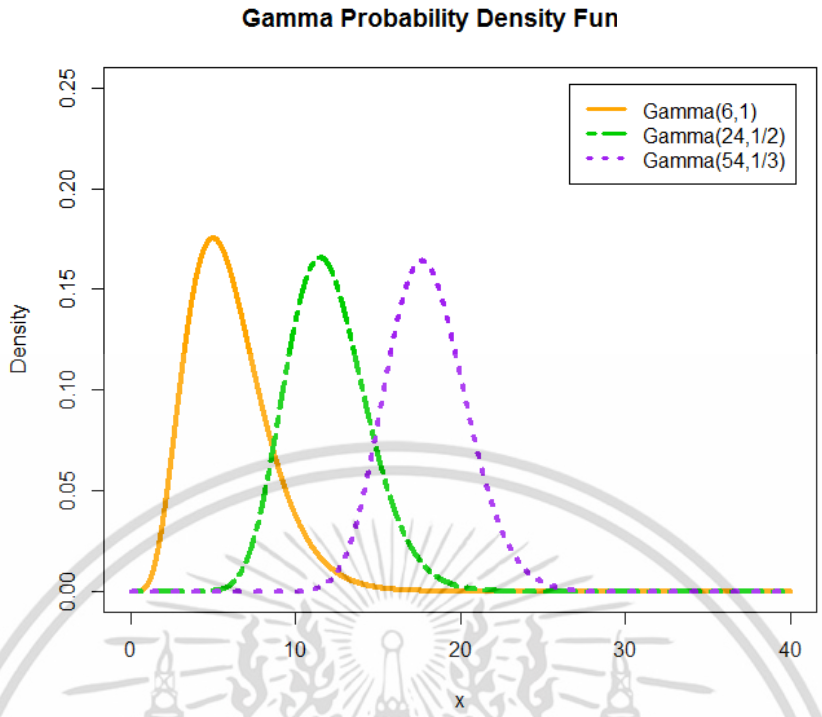
ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (α,β)			ค่าเฉลี่ย (μ_1,μ_2,μ_3)	ความแปรปรวน $(\sigma_1^2,\sigma_2^2,\sigma_3^2)$
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	ประชากรที่ 3		
1	(12,1/2)	(48,1/4)	(106,1/6)	(6,12,18)	(3,3,3)
2	(6,1)	(24,1/2)	(54,1/3)	(6,12,18)	(6,6,6)
3	(3,2)	(12,1)	(27,2/3)	(6,12,18)	(12,12,12)
4	(2,3)	(8,3/2)	(18,4/3)	(6,12,18)	(18,18,18)

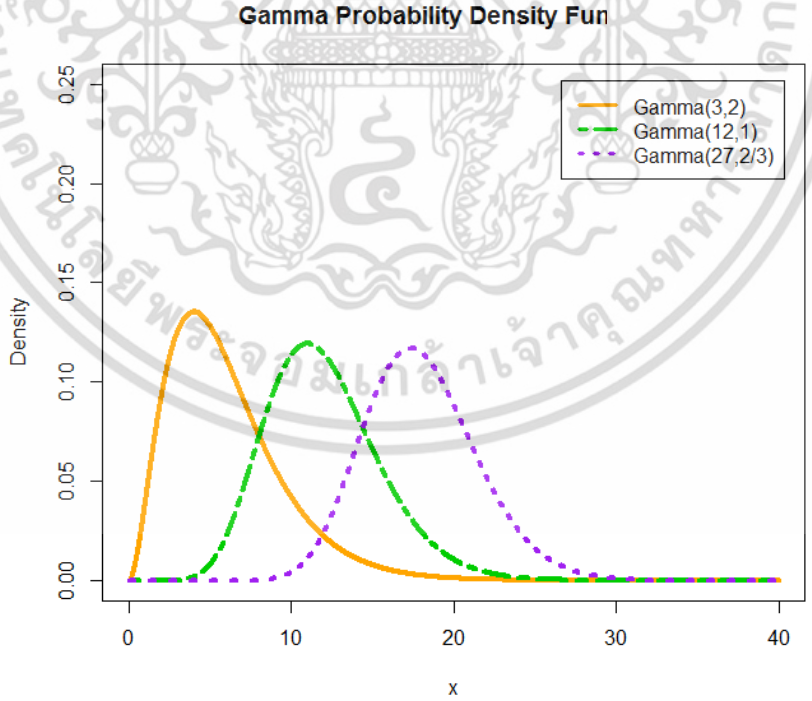


รูปที่ 3.7 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (12,1/2) (48,1/4) และ (108,1/6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

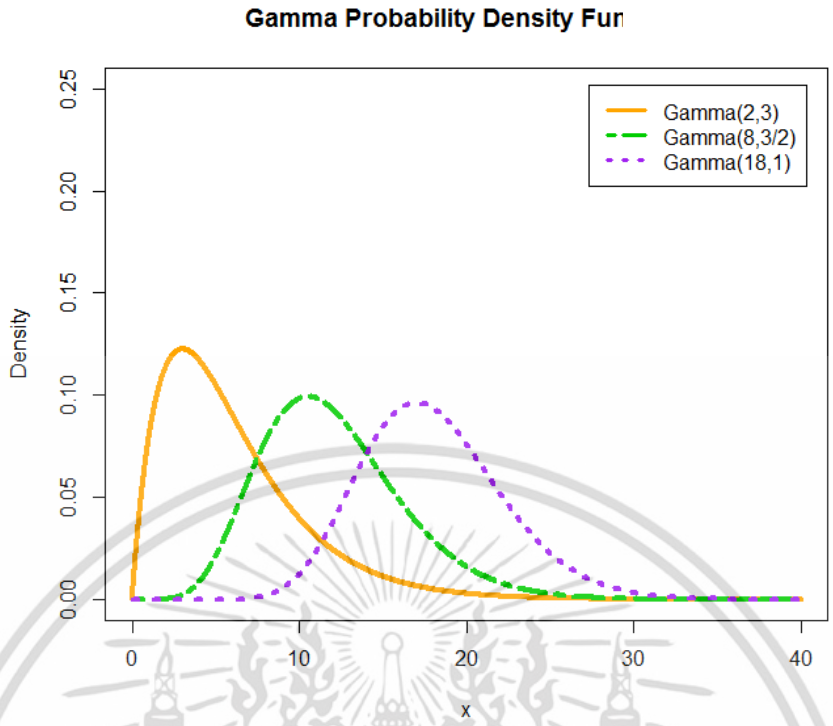


รูปที่ 3.8 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (6,1) (24,1/2) และ (54,1/3)



รูปที่ 3.9 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (3,2) (12,1) และ (27,2/3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) เป็น (2,3) (8,3/2) และ (18,1)

3.1.9 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ โดยสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.2.1 จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรมอาร์ (R) โดยกำหนดให้ข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 3 ประชากร โดยมีการแจกแจง ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และขนาดตัวอย่าง เป็นไปตามขอบเขตของการวิจัย

3.2.2 ทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 4 สถิติทดสอบ โดยคำนวณสถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) สถิติทดสอบของชิดาร์ก (Sidak's Test หรือ Dunn – Sidak Multiple comparison test) สถิติทดสอบของกาเบรียล (Gabriel's Test) สถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ (Ryan Einot Gabriel Welsch F Test : R-E-G-WF Test) นำค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้ไปคำนวณค่าพี (p–value) และเปรียบเทียบค่าพีกับระดับนัยสำคัญที่กำหนดเพื่อสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานว่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 ตามลำดับ บันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เนื่องจากข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้ง 3 ประชากร เป็นข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยของประชากรไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานทั้ง 3 สมมติฐาน ผลการทดสอบที่ได้ควรยอมรับสมมติฐานว่างทั้ง 3 สมมติฐาน โดยเกณฑ์ในการนับการปฏิเสธสมมติฐานว่างคือถ้าพบว่าในการทดสอบครั้งใดมีการปฏิเสธสมมติฐานว่างเกิดขึ้นไม่ว่ากี่สมมติฐานก็ตาม ผู้วิจัยจะถือว่าผลการทดสอบในครั้งนั้นเป็นการปฏิเสธสมมติฐานว่าง และทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

3.2.3 หาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่างหารด้วย 5,000

3.2.4 ทำการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละสถิติทดสอบกับเกณฑ์ของ Bradley โดยถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในช่วง $[0.5\alpha, 1.5\alpha]$ สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α นั่นคือถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในช่วง [0.005,0.015] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 อยู่ในช่วง [0.025,0.075] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และอยู่ในช่วง [0.05,0.15] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ตามลำดับ สรุปว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

3.2.5 หากำลังการทดสอบ เฉพาะสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ โดยจำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรมอาร์ (R) โดยกำหนดให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทั้ง 3 ประชากร โดยมีการแจกแจง ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และขนาดตัวอย่าง เป็นไปตามขอบเขตของการวิจัย

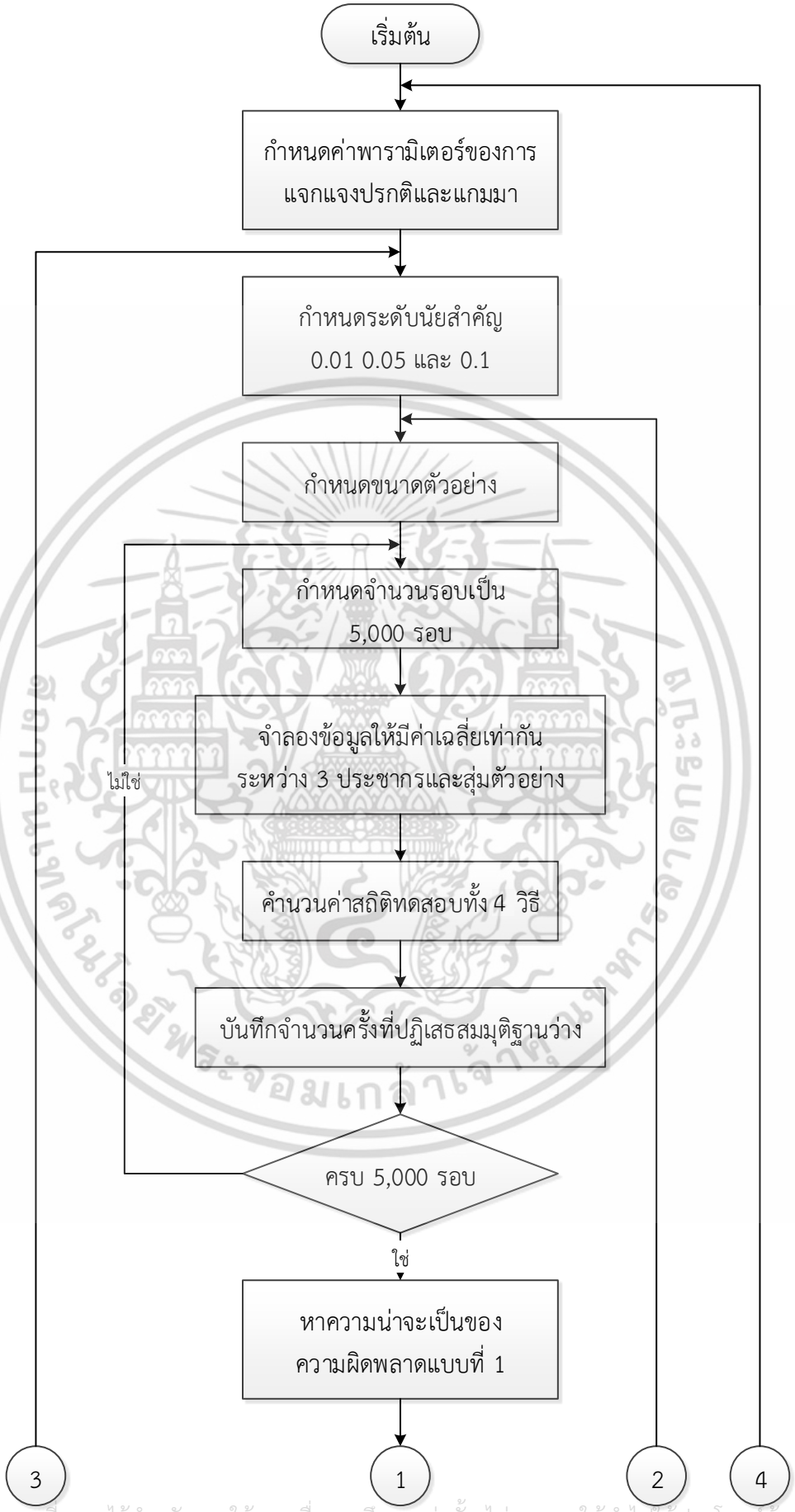
3.2.6 ทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 4 สถิติทดสอบ นำค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้ไปคำนวณค่าพี (p–value) และเปรียบเทียบค่าพีกับระดับนัยสำคัญที่กำหนดเพื่อสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานว่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 ตามลำดับ บันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เนื่องจากข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้ง 3 ประชากร เป็นข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยของประชากรแตกต่างกัน ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานทั้ง 3 สมมติฐาน ผลการทดสอบที่ได้ควรปฏิเสธสมมติฐานว่างทั้ง 3 สมมติฐาน โดยเกณฑ์การนับการปฏิเสธสมมติฐานว่างคือถ้าพบว่าในการทดสอบครั้งใดมีการปฏิเสธสมมติฐานว่างเกิดขึ้นครบทั้ง 3 สมมติฐาน ผู้วิจัยจะถือว่าผลการทดสอบในครั้งนั้นเป็นการปฏิเสธสมมติฐานว่าง และทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

3.2.7 หากำลังการทดสอบ โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่างหารด้วย 5,000

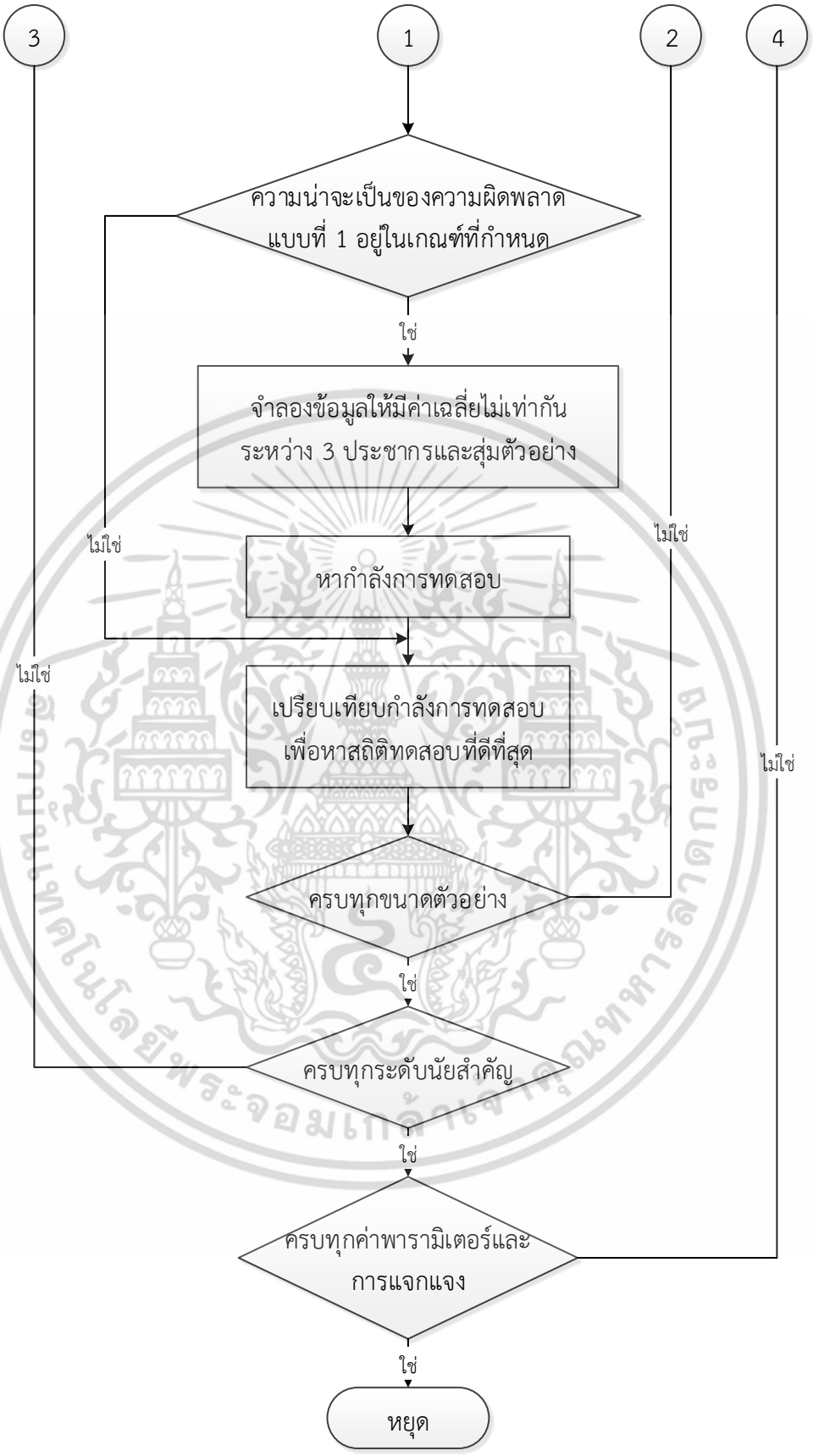
3.2.8 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ โดยสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

วิธีการดำเนินการวิจัยและการประมวลผลข้อมูลสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แผนผังแสดงลำดับวิธีการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลอง เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ได้แก่ สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) สถิติทดสอบของชิดาร์ก (Sidak's Test) สถิติทดสอบของกาเบรียล (Gabriel's Test) และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท- กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ (Ryan Einot Gabriel Welsch F test : R-E-G-WF Test) ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยสามารถสรุปได้เป็น 2 ส่วน คือ ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

โดยกำหนดสัญลักษณ์แทนสถิติทดสอบ ดังนี้

SNK	หมายถึง	สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล
Sidak	หมายถึง	สถิติทดสอบของชิดาร์ก
Gabriel	หมายถึง	สถิติทดสอบของกาเบรียล
R-E-G-WF	หมายถึง	สถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท- กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ

4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

การคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละสถิติทดสอบจะใช้ขนาดตัวอย่าง การแจกแจงของประชากร พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจง และระดับนัยสำคัญ ตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในหัวข้อขอบเขตของการวิจัย

4.1.1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

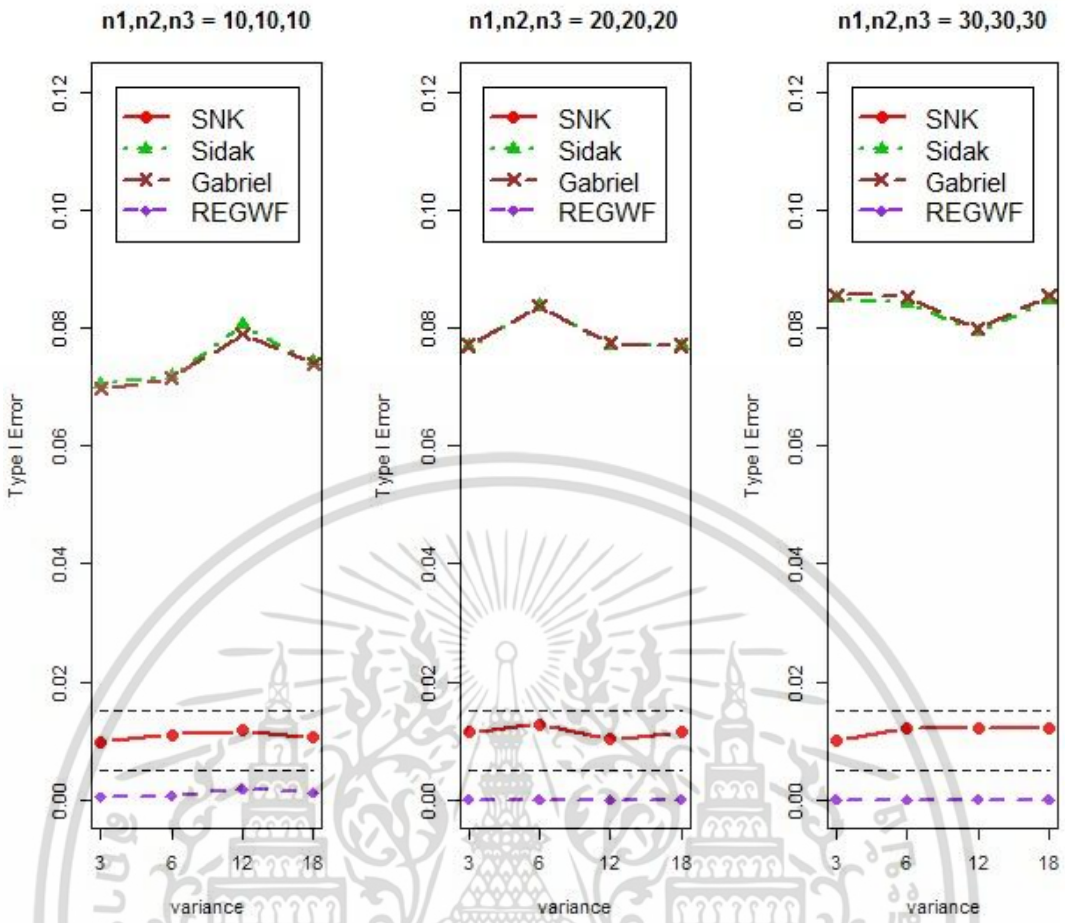
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 – 4.2

ตารางที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	0.0098*	0.0114*	0.0100*	0.0106*	0.0116*	0.0110*
	Sidak	0.0704	0.0768	0.0850	0.0688	0.0788	0.0816
	Gabriel	0.0696	0.0770	0.0856	0.0700	0.0788	0.0818
	R-E-G-WF	0.0004	0.0000	0.0000	0.0084*	0.0000	0.0000
6	SNK	0.0110*	0.0128*	0.0122*	0.0126*	0.0112*	0.0126*
	Sidak	0.0718	0.0836	0.0842	0.0716	0.0786	0.0854
	Gabriel	0.0714	0.0836	0.0852	0.0728	0.0786	0.0862
	R-E-G-WF	0.0006	0.0000	0.0000	0.0104*	0.0002	0.0000
12	SNK	0.0118*	0.0102*	0.0122*	0.0118*	0.0120*	0.0106*
	Sidak	0.0804	0.0770	0.0792	0.0624	0.0768	0.0774
	Gabriel	0.0790	0.0774	0.0798	0.0632	0.0772	0.0776
	R-E-G-WF	0.0018	0.0000	0.0000	0.0092*	0.0000	0.0000
18	SNK	0.0106*	0.0114*	0.0120*	0.0142*	0.0116*	0.0096*
	Sidak	0.0742	0.0770	0.0846	0.0706	0.0824	0.0806
	Gabriel	0.0738	0.0770	0.0854	0.0716	0.0824	0.0816
	R-E-G-WF	0.0012	0.0000	0.0000	0.0118*	0.0000	0.0000

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



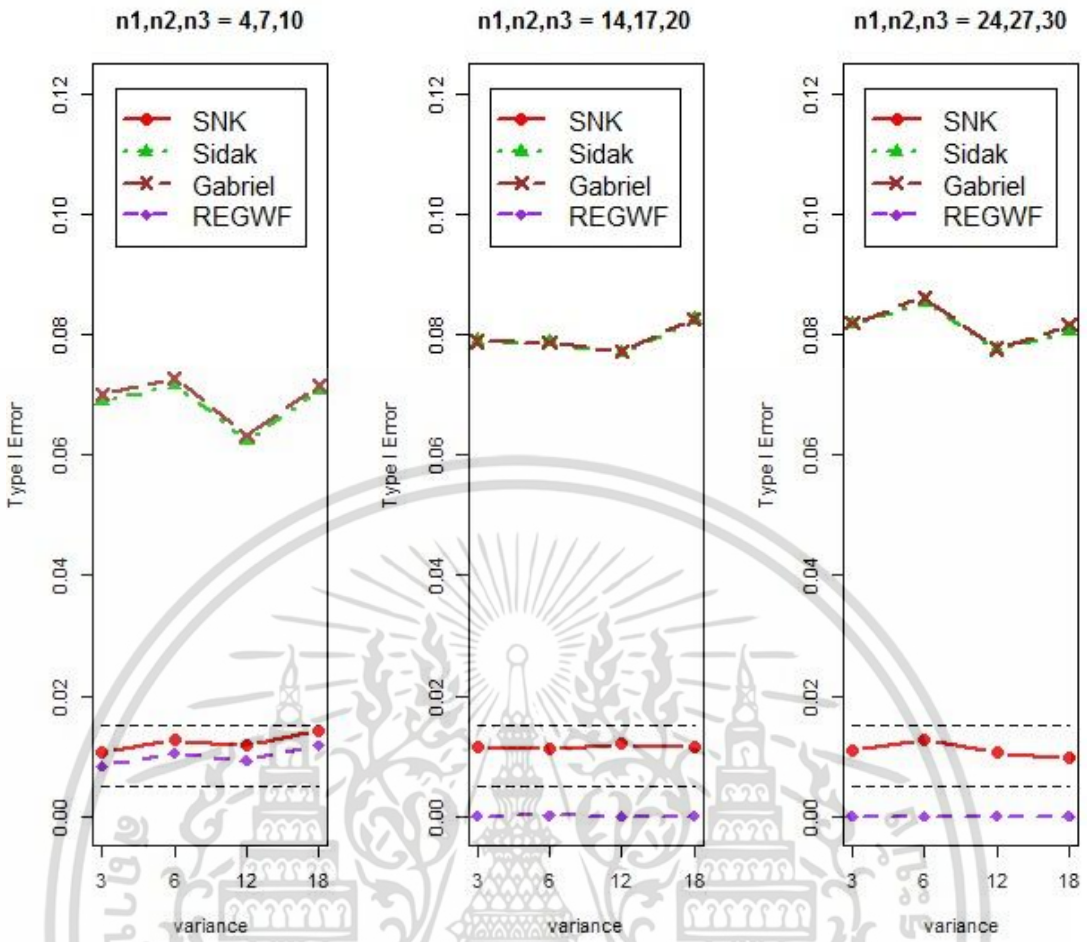
(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.005,0.015]

รูปที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.1 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak Gabriel และสถิติทดสอบของ R-E-G-WF ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.005,0.015]

รูปที่ 4.2 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.2 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak และสถิติทดสอบของ Gabriel ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

และสถิติทดสอบ R-E-G-WF สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในบางสถานการณ์ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 4 7 และ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

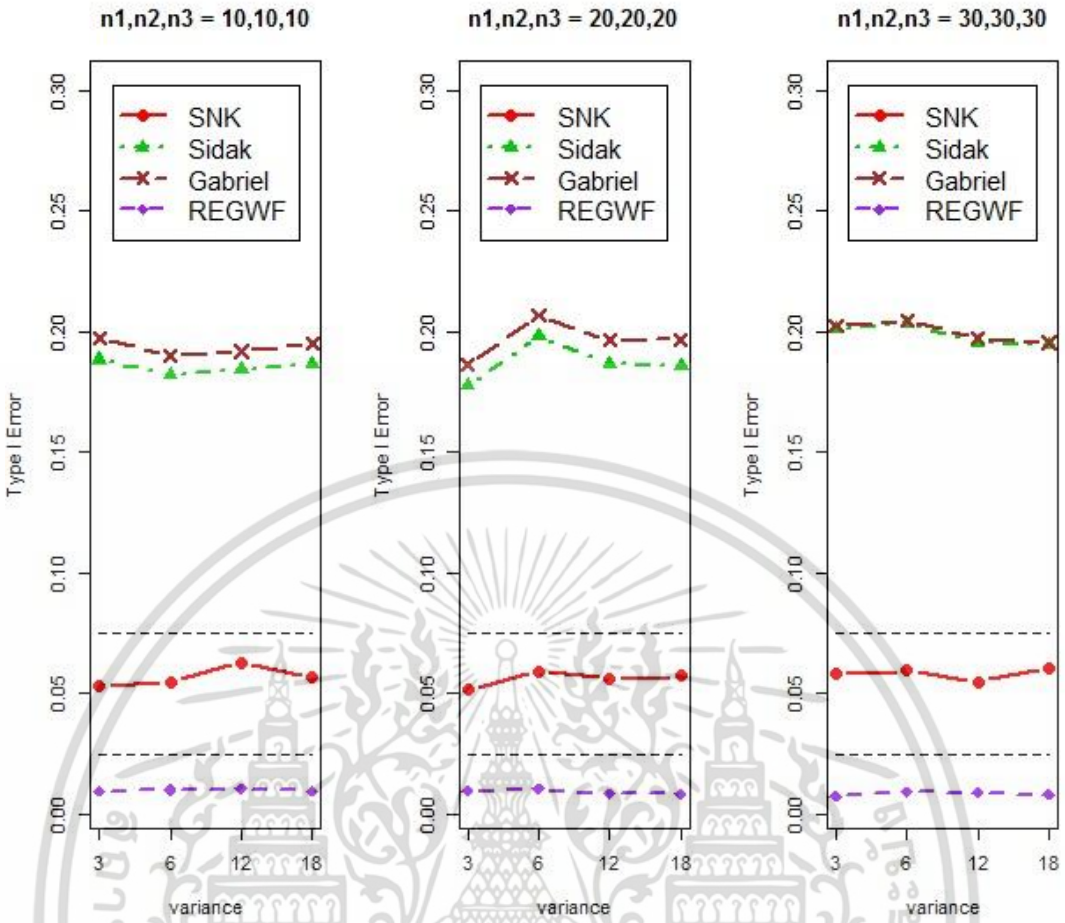
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 – 4.4

ตารางที่ 4.2 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	0.0532*	0.0514*	0.0580*	0.0572*	0.0556*	0.0596*
	Sidak	0.1882	0.1778	0.2008	0.1742	0.1974	0.1978
	Gabriel	0.1970	0.1864	0.2022	0.1816	0.1974	0.1996
	R-E-G-WF	0.0096	0.0096	0.0074	0.0100	0.0080	0.0080
6	SNK	0.0550*	0.0592*	0.0596*	0.0624*	0.0576*	0.0596*
	Sidak	0.1818	0.1980	0.2034	0.1812	0.1926	0.1964
	Gabriel	0.1900	0.2068	0.2044	0.1886	0.1932	0.1984
	R-E-G-WF	0.0102	0.0108	0.0094	0.0120	0.0090	0.0084
12	SNK	0.0630*	0.0562*	0.0550*	0.0532*	0.0572*	0.0526*
	Sidak	0.1842	0.1864	0.1954	0.1762	0.1856	0.1856
	Gabriel	0.1918	0.1962	0.1970	0.1844	0.1858	0.1866
	R-E-G-WF	0.0106	0.0084	0.0088	0.0104	0.0096	0.0070
18	SNK	0.0568*	0.0574*	0.0608*	0.0648*	0.0588*	0.0566*
	Sidak	0.1866	0.1858	0.1944	0.1850	0.1938	0.1994
	Gabriel	0.1950	0.1968	0.1954	0.1934	0.1942	0.2012
	R-E-G-WF	0.0098	0.0086	0.0082	0.0134	0.0096	0.0060

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



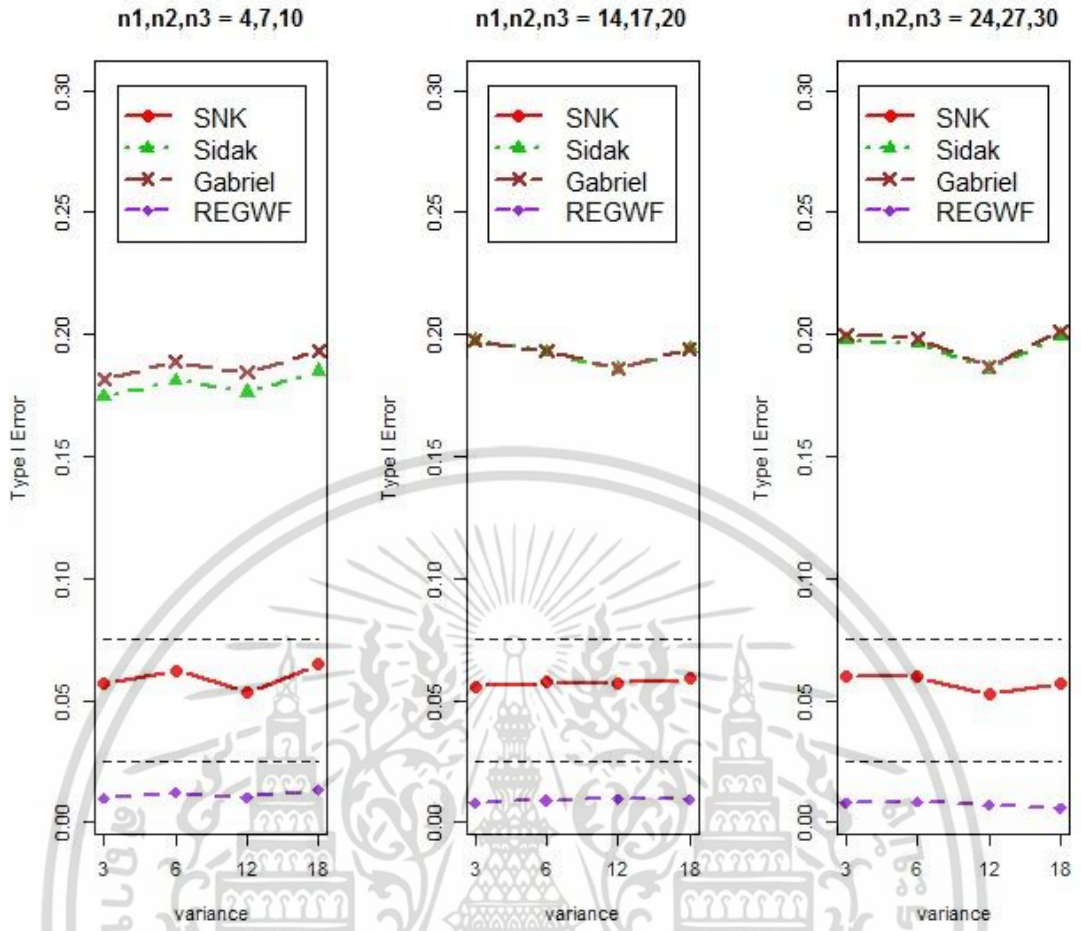
(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.025,0.075]

รูปที่ 4.3 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.3 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak Gabriel และสถิติทดสอบของ R-E-G-WF ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.025,0.075]

รูปที่ 4.4 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.4 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak Gabriel และสถิติทดสอบของ R-E-G-WF ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

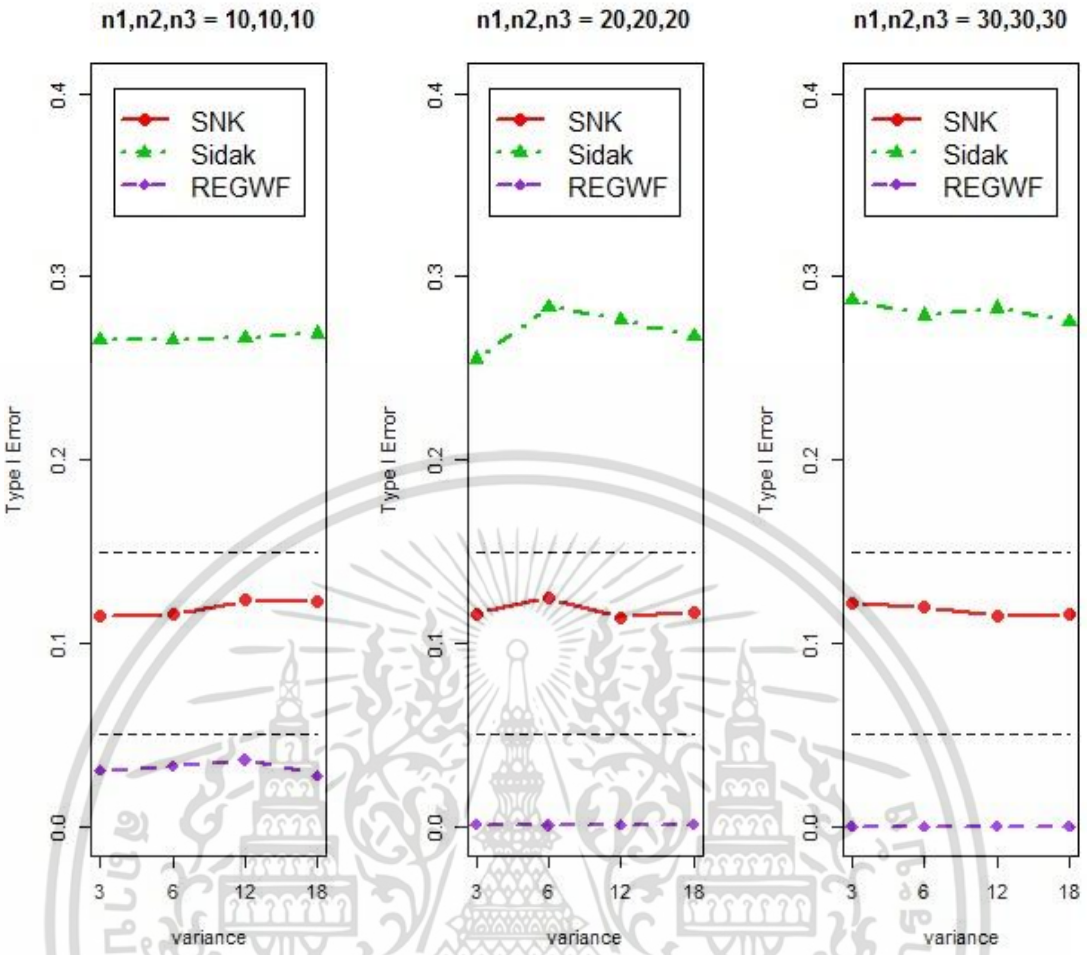
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 – 4.6 และเนื่องด้วยข้อจำกัดในงานวิจัยที่ไม่ทราบค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.1 ของสถิติทดสอบ Gabriel ดังนั้นจึงจะทำการพิจารณาเฉพาะในส่วนของสถิติทดสอบของ SNK Sidak และ R-E-G-WF เท่านั้น

ตารางที่ 4.3 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	0.1144*	0.1162*	0.1220*	0.1162*	0.1158*	0.1156*
	Sidak	0.2652	0.2548	0.2868	0.2546	0.2792	0.2774
	R-E-G-WF	0.0306	0.0010	0.0000	0.1076*	0.0034	0.0000
6	SNK	0.1154*	0.1246*	0.1196*	0.1256*	0.1136*	0.1184*
	Sidak	0.2656	0.2832	0.2788	0.2678	0.2830	0.2810
	R-E-G-WF	0.0328	0.0008	0.0000	0.1134*	0.0034	0.0000
12	SNK	0.1234*	0.1140*	0.1150*	0.1088*	0.1168*	0.1088*
	Sidak	0.2664	0.2760	0.2826	0.2668	0.2774	0.2760
	R-E-G-WF	0.0364	0.0012	0.0002	0.0994*	0.0048	0.0000
18	SNK	0.1226*	0.1168*	0.1160*	0.1248*	0.1196*	0.1170*
	Sidak	0.2686	0.2672	0.2752	0.2696	0.2764	0.2834
	R-E-G-WF	0.0278	0.0012	0.0002	0.1156*	0.0034	0.0000

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



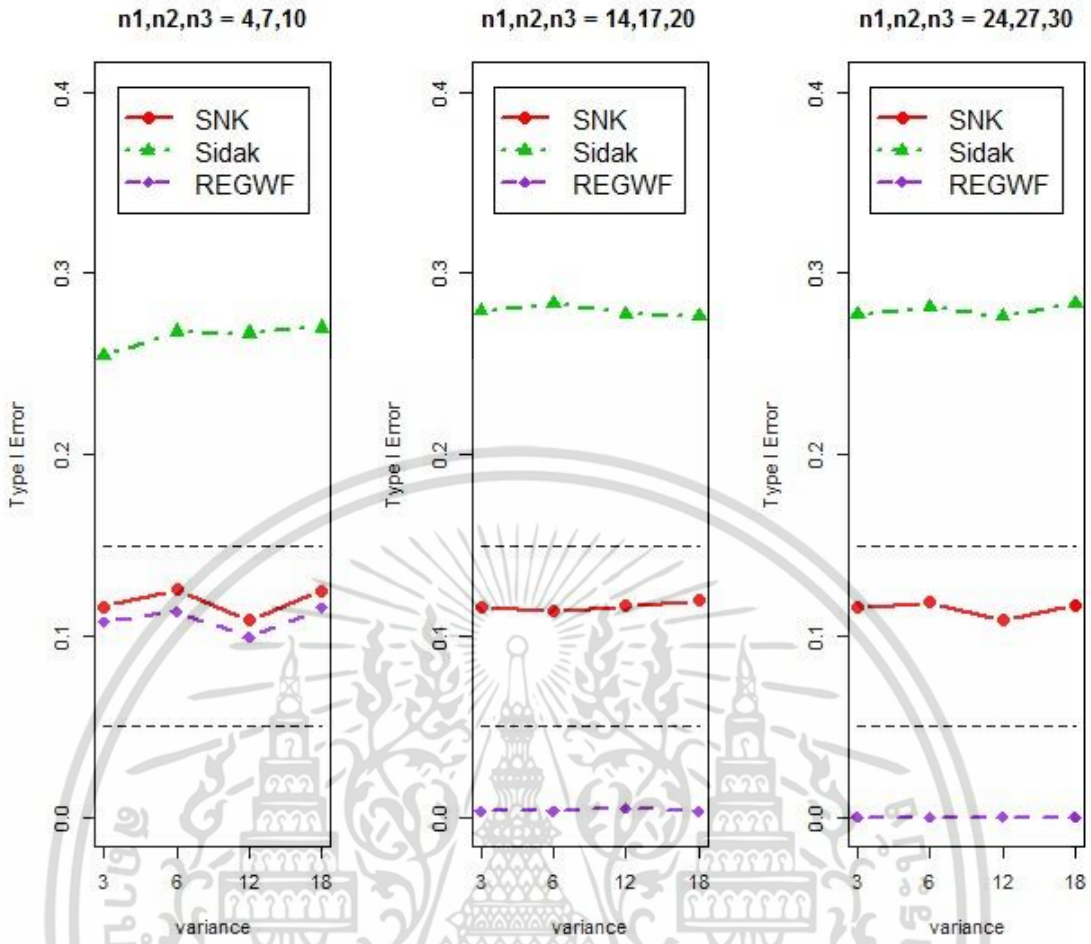
(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.05,0.15]

รูปที่ 4.5 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.5 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak Gabriel และสถิติทดสอบของ R-E-G-WF ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.05,0.15]

รูปที่ 4.6 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.6 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

และสถิติทดสอบ R-E-G-WF สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley ในบางสถานการณ์ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 4 7 และ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

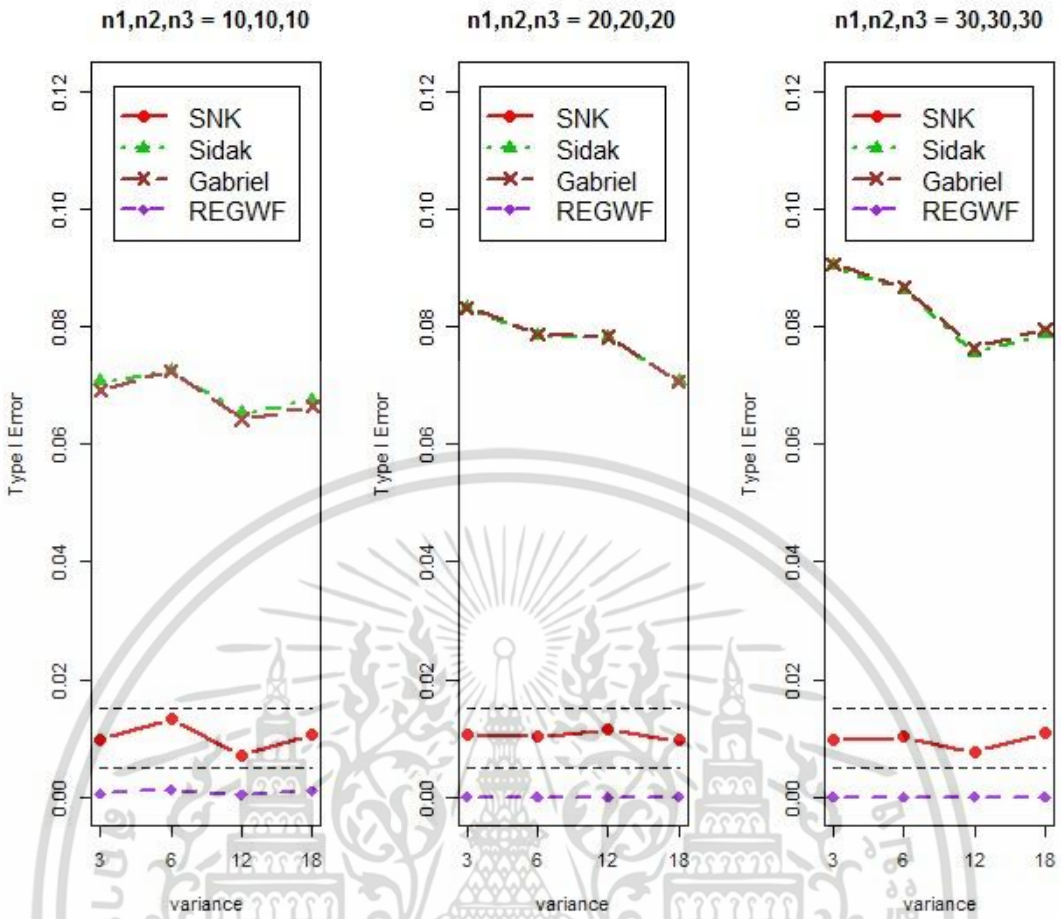
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.7 – 4.8

ตารางที่ 4.4 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	0.0098*	0.0106*	0.0096*	0.0118*	0.0108*	0.0116*
	Sidak	0.0706	0.0832	0.0902	0.0728	0.0794	0.0888
	Gabriel	0.0690	0.0832	0.0906	0.0728	0.0796	0.0894
	R-E-G-WF	0.0006	0.0000	0.0000	0.0090*	0.0002	0.0000
6	SNK	0.0132*	0.0102*	0.0102*	0.0114*	0.0106*	0.0088*
	Sidak	0.0724	0.0784	0.0862	0.0666	0.0774	0.0792
	Gabriel	0.0724	0.0786	0.0866	0.0680	0.0774	0.0802
	R-E-G-WF	0.0012	0.0000	0.0000	0.0090*	0.0000	0.0000
12	SNK	0.0072*	0.0114*	0.0076*	0.0122*	0.0108*	0.0112*
	Sidak	0.0652	0.0780	0.0756	0.0594	0.0856	0.0894
	Gabriel	0.0642	0.0782	0.0764	0.0600	0.0856	0.0900
	R-E-G-WF	0.0004	0.0000	0.0000	0.0096*	0.0000	0.0000
18	SNK	0.0106*	0.0096*	0.0110*	0.0106*	0.0098*	0.0086*
	Sidak	0.0674	0.0706	0.0786	0.0656	0.0744	0.0800
	Gabriel	0.0664	0.0706	0.0796	0.0664	0.0746	0.0802
	R-E-G-WF	0.0010	0.0000	0.0000	0.0088*	0.0000	0.0000

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



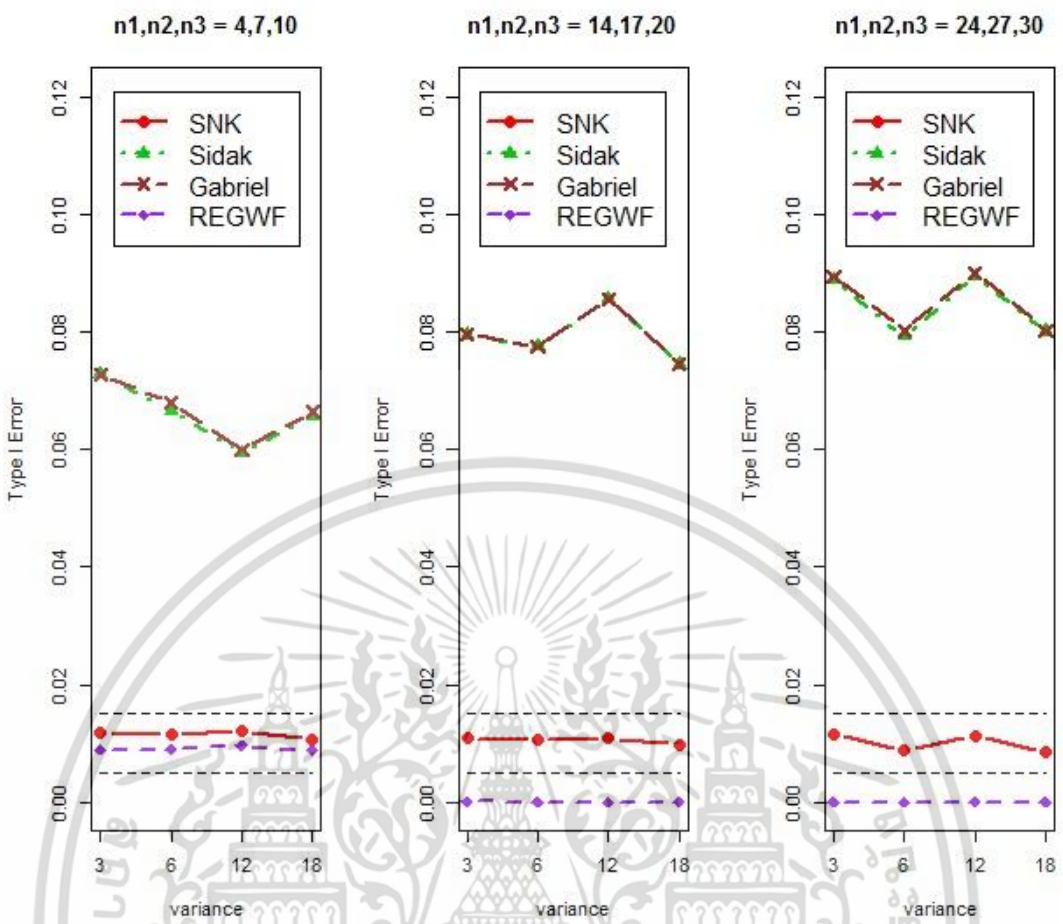
(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.005,0.015]

รูปที่ 4.7 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.7 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak Gabriel และสถิติทดสอบของ R-E-G-WF ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.005,0.015]

รูปที่ 4.8 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.8 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak และสถิติทดสอบของ Gabriel ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

และสถิติทดสอบ R-E-G-WF สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในบางสถานการณ์ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 4 7 และ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

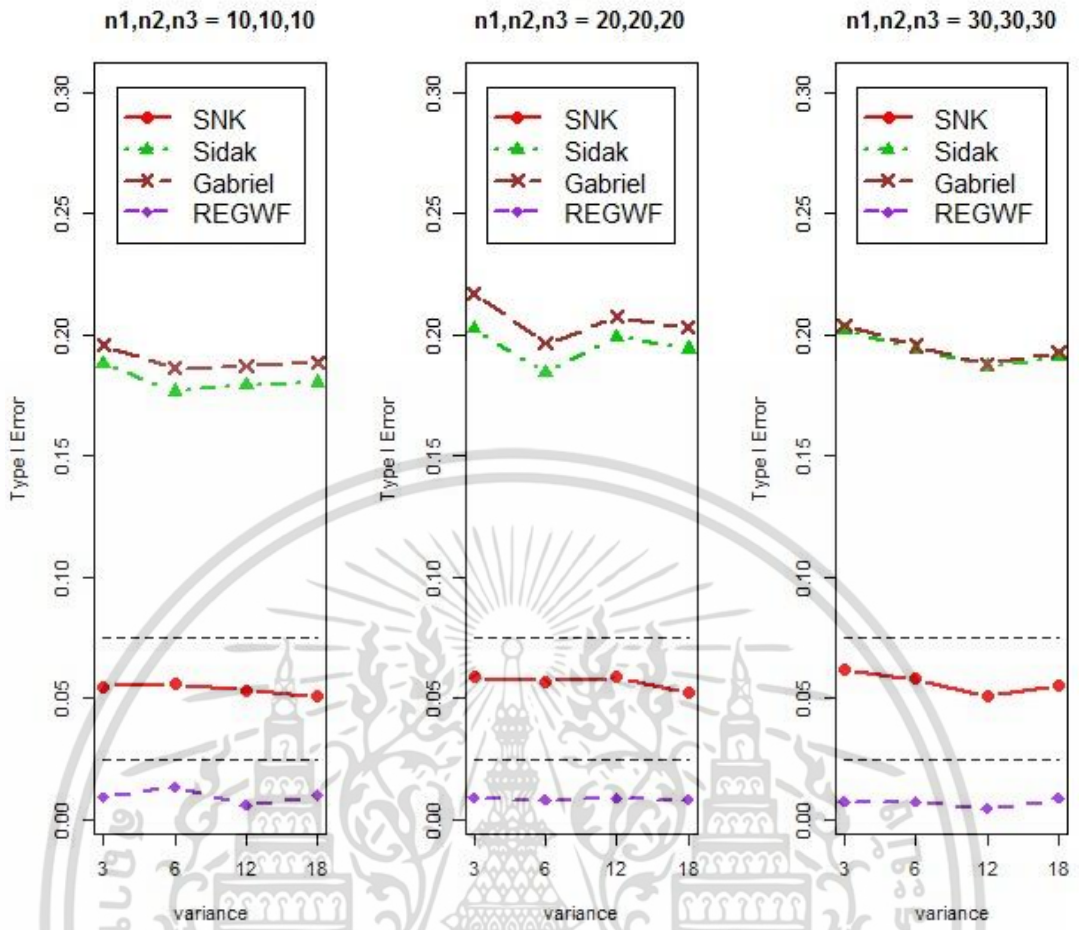
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.9 – 4.10

ตารางที่ 4.5 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	0.0550*	0.0588*	0.0620*	0.0626*	0.0552*	0.0620*
	Sidak	0.1880	0.2022	0.2018	0.1834	0.1912	0.1992
	Gabriel	0.1956	0.2168	0.2036	0.1942	0.1918	0.2006
	R-E-G-WF	0.0092	0.0092	0.0074	0.0106	0.0084	0.0088
6	SNK	0.0562*	0.0572*	0.0580*	0.0620*	0.0558*	0.0556*
	Sidak	0.1766	0.1844	0.1940	0.1828	0.1958	0.1868
	Gabriel	0.1860	0.1962	0.1954	0.1932	0.1968	0.1882
	R-E-G-WF	0.0134	0.0082	0.0076	0.0104	0.0098	0.0068
12	SNK	0.0534*	0.0588*	0.0510*	0.0550*	0.0642*	0.0618*
	Sidak	0.1790	0.1988	0.1868	0.1688	0.1996	0.2062
	Gabriel	0.1872	0.2074	0.1880	0.1774	0.1998	0.2074
	R-E-G-WF	0.0060	0.0090	0.0046	0.0102	0.0098	0.0080
18	SNK	0.0510*	0.0524*	0.0552*	0.0592*	0.0534*	0.0514*
	Sidak	0.1802	0.1940	0.1906	0.1772	0.1952	0.2010
	Gabriel	0.1888	0.2030	0.1928	0.1864	0.1956	0.2026
	R-E-G-WF	0.0102	0.0082	0.0088	0.0104	0.0060	0.0048

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



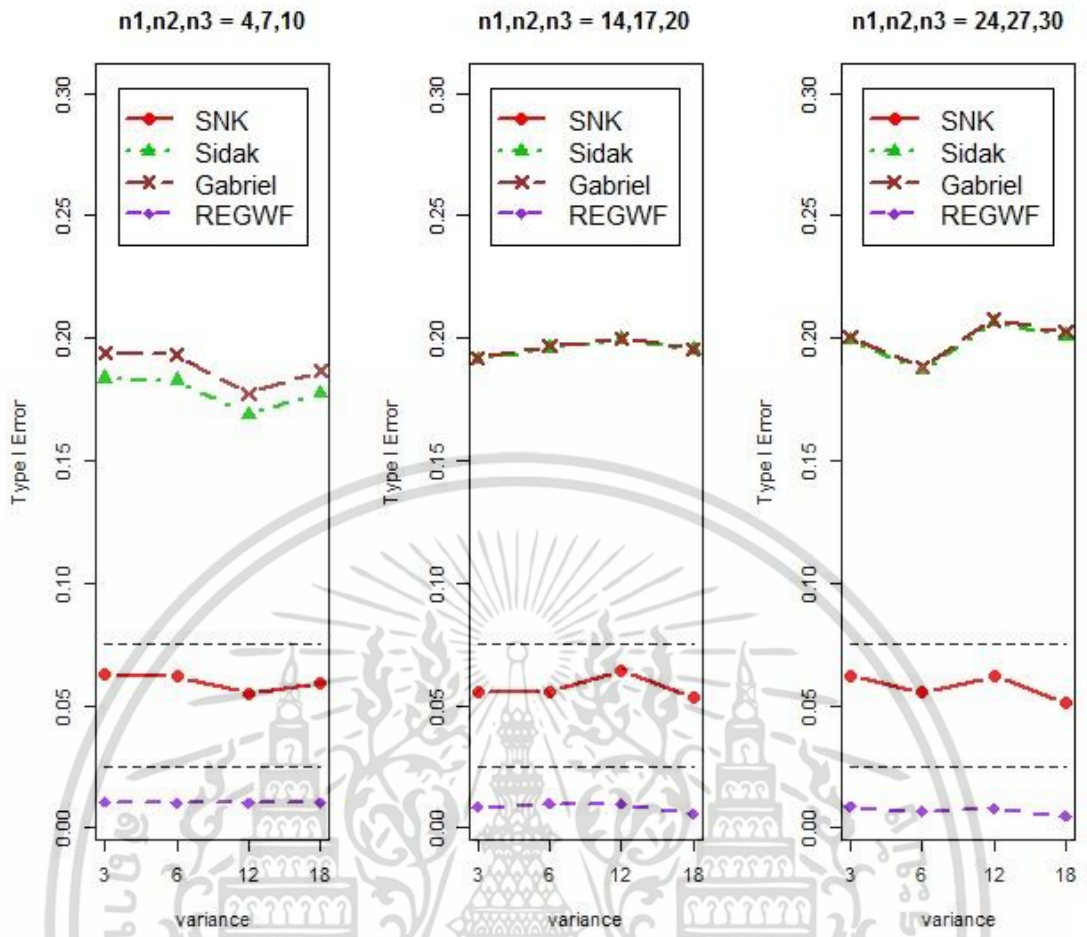
(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.025,0.075]

รูปที่ 4.9 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.9 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak Gabriel และสถิติทดสอบของ R-E-G-WF ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.025,0.075]

รูปที่ 4.10 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.10 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak Gabriel และสถิติทดสอบของ R-E-G-WF ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

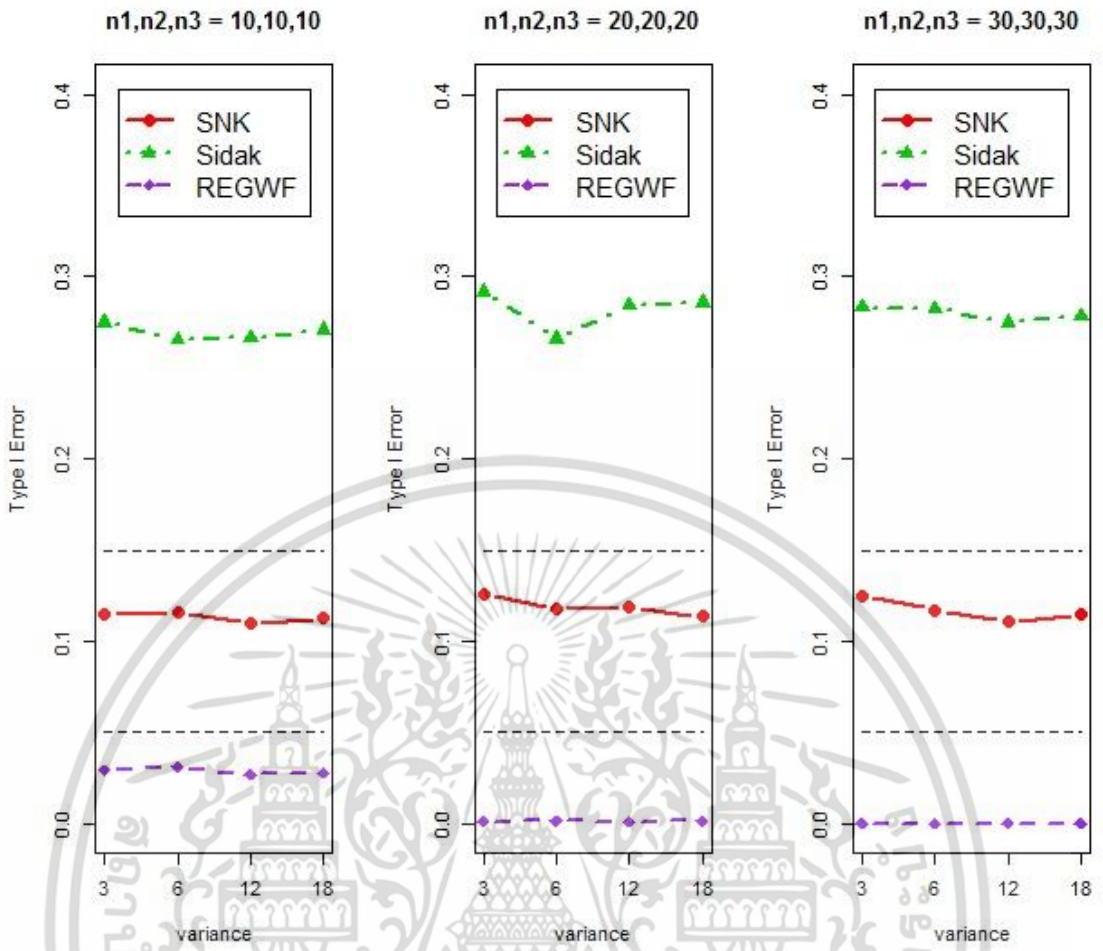
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.11 – 4.12 และเนื่องด้วยข้อจำกัดในงานวิจัย ที่ไม่ทราบค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.1 ของสถิติทดสอบ Gabriel ดังนั้นจึงจะทำการพิจารณาเฉพาะในส่วนของสถิติทดสอบของ SNK Sidak และ R-E-G-WF เท่านั้น

ตารางที่ 4.6 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	0.1148*	0.1258*	0.1248*	0.1262*	0.1186*	0.1208*
	Sidak	0.2748	0.2916	0.2828	0.2682	0.2814	0.2902
	R-E-G-WF	0.0294	0.0010	0.0000	0.1178*	0.0040	0.0002
6	SNK	0.1160*	0.1174*	0.1172*	0.1212*	0.1154*	0.1122*
	Sidak	0.2650	0.2658	0.2822	0.2734	0.2810	0.2740
	R-E-G-WF	0.0314	0.0014	0.0000	0.1108*	0.0042	0.0000
12	SNK	0.1094*	0.1190*	0.1106*	0.1102*	0.1198*	0.1252*
	Sidak	0.2664	0.2842	0.2746	0.2528	0.2876	0.2918
	R-E-G-WF	0.0270	0.0010	0.0000	0.0994*	0.0042	0.0002
18	SNK	0.1128*	0.1134*	0.1146*	0.1182*	0.1150*	0.1178*
	Sidak	0.2708	0.2856	0.2782	0.2608	0.2814	0.2872
	R-E-G-WF	0.0280	0.0016	0.0002	0.1076*	0.0020	0.0002

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



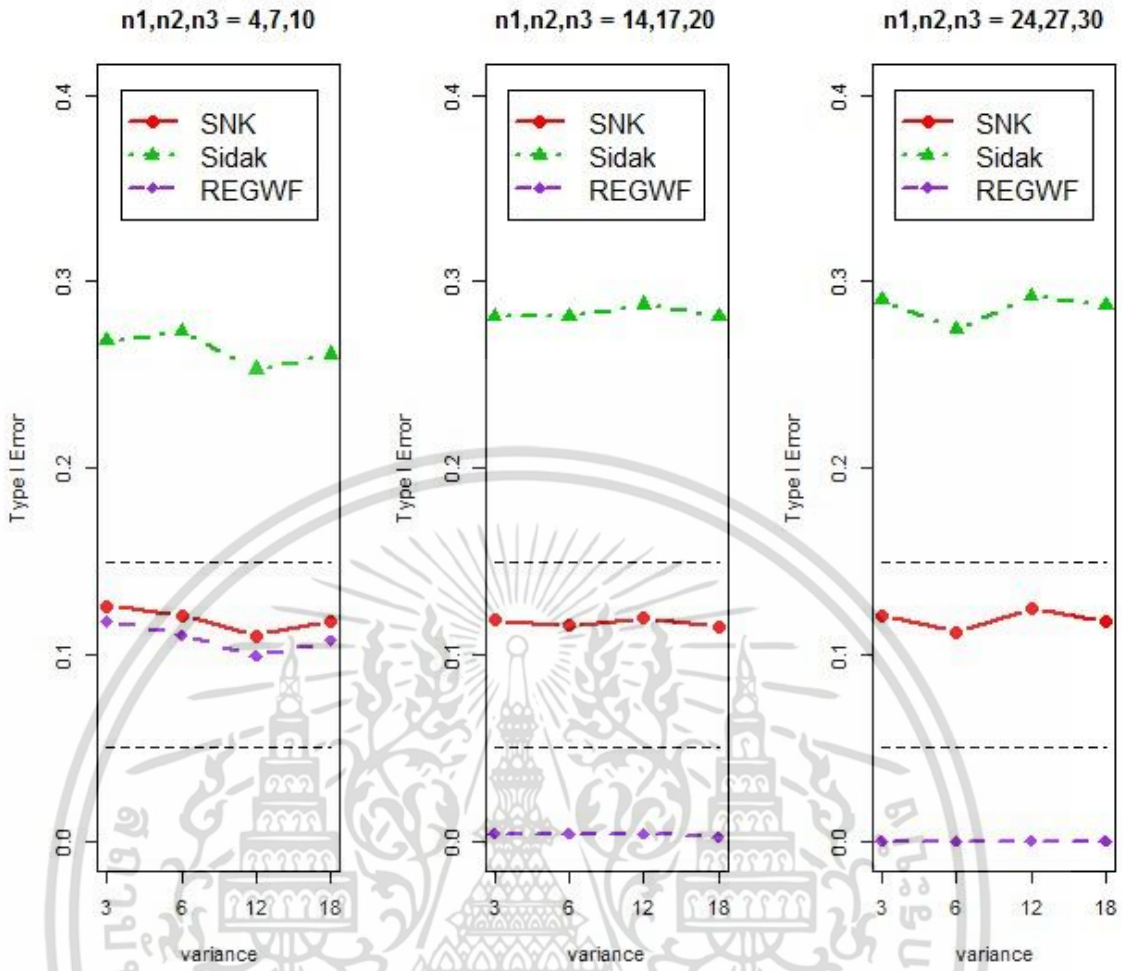
(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.05,0.15]

รูปที่ 4.11 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.11 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak และสถิติทดสอบของ R-E-G-WF ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.05,0.15]

รูปที่ 4.12 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.12 พบว่าสถิติทดสอบ Sidak ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบ SNK สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุกๆ สถานการณ์

และสถิติทดสอบ R-E-G-WF สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley ในบางสถานการณ์ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 4 7 และ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

การสรุปผลกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบจะแสดงในกรณีที่สถิติทดสอบสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น

4.2.1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.13 – 4.14

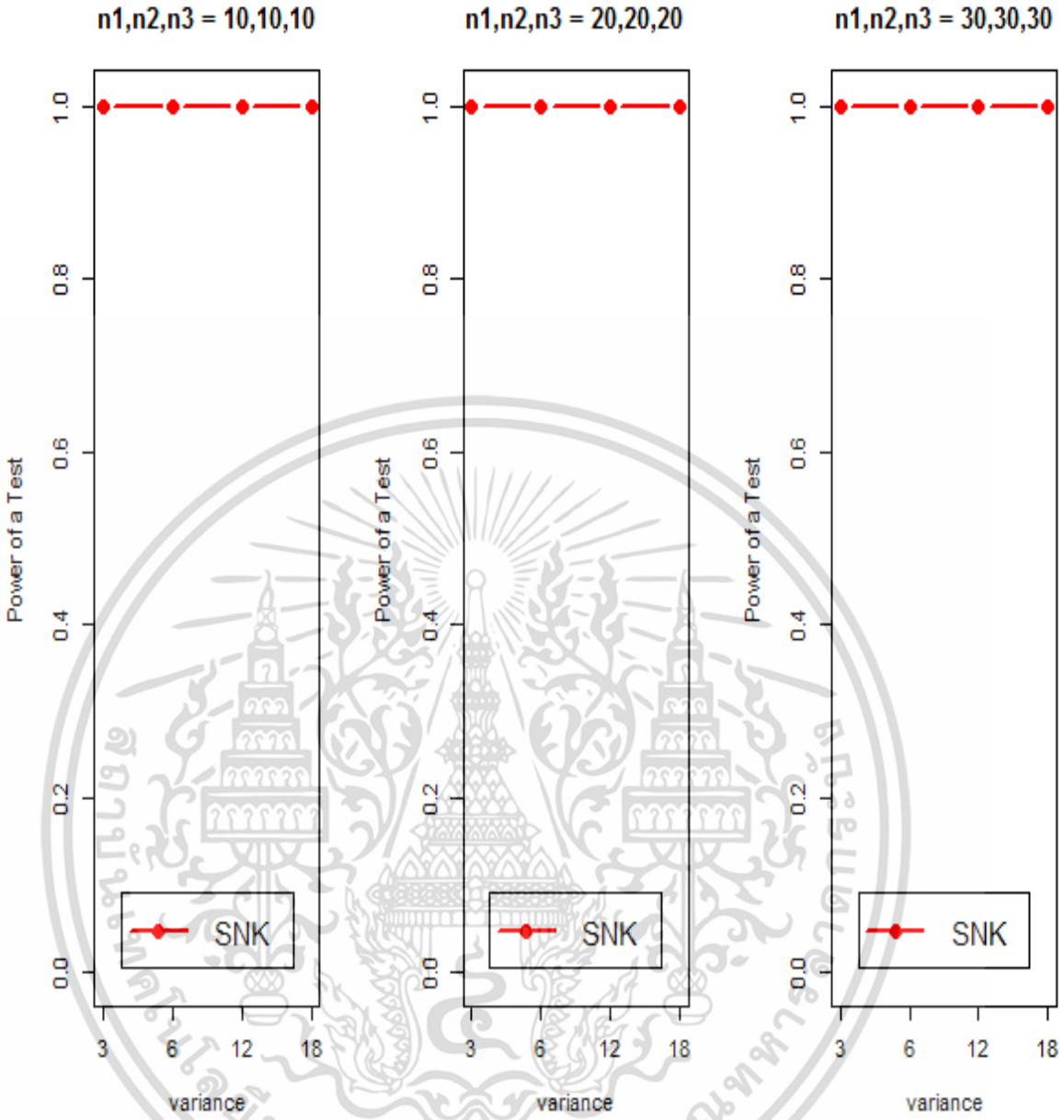
ตารางที่ 4.7 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	Gabriel	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-
6	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	Gabriel	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-
12	SNK	1*	1*	1*	0.9912*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	Gabriel	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	0.9896	-	-
18	SNK	0.9978*	1*	1*	0.9314*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	Gabriel	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	0.9192	-	-

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

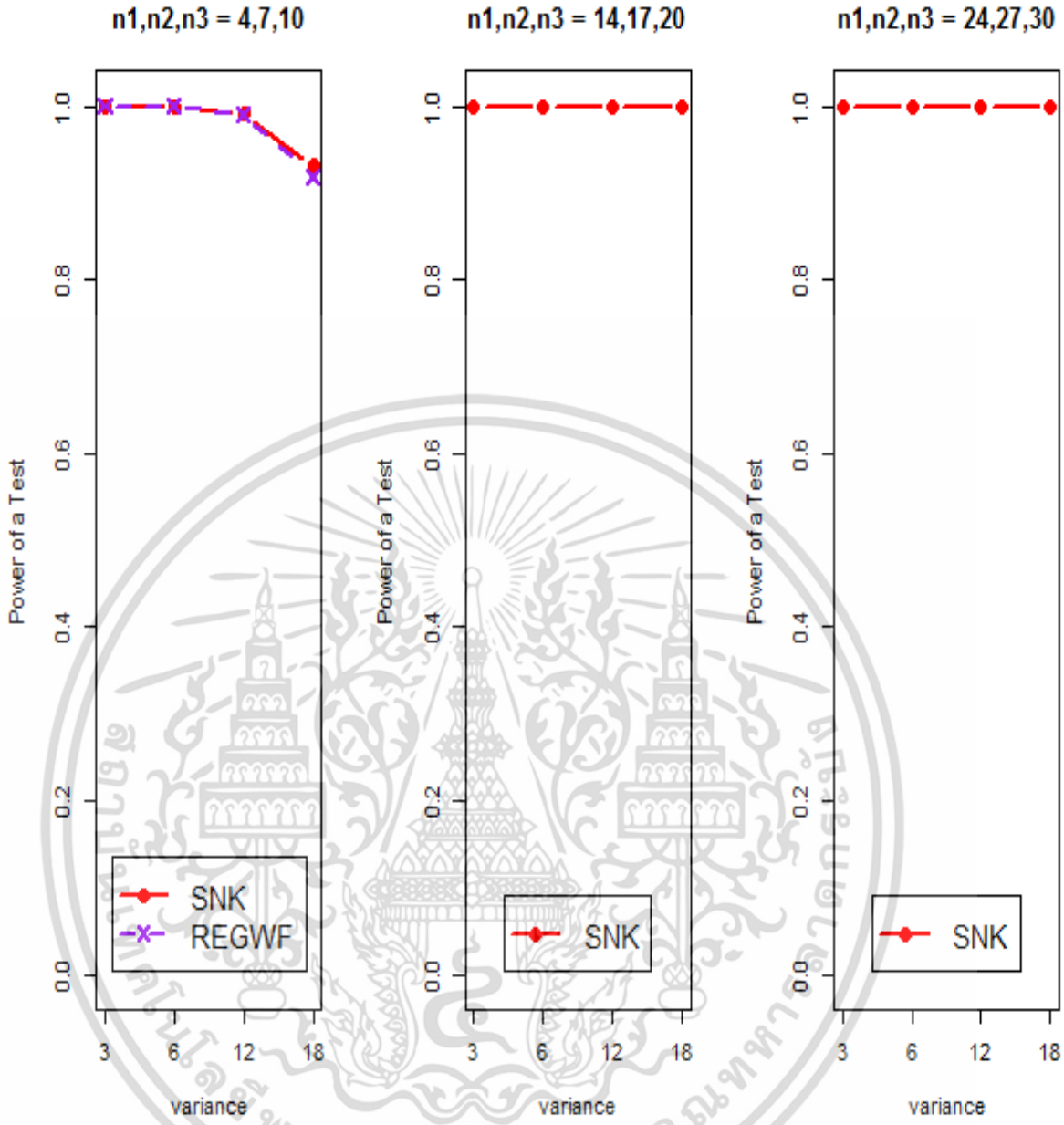
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.13 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (10,10,10) (20,20,20) และ(30,30,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.14 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (4,7,10) ความแปรปรวนเป็น 3 กับ 6 สถิติทดสอบทั้ง 2 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (14,17,20) และ (24,27,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.15 – 4.16

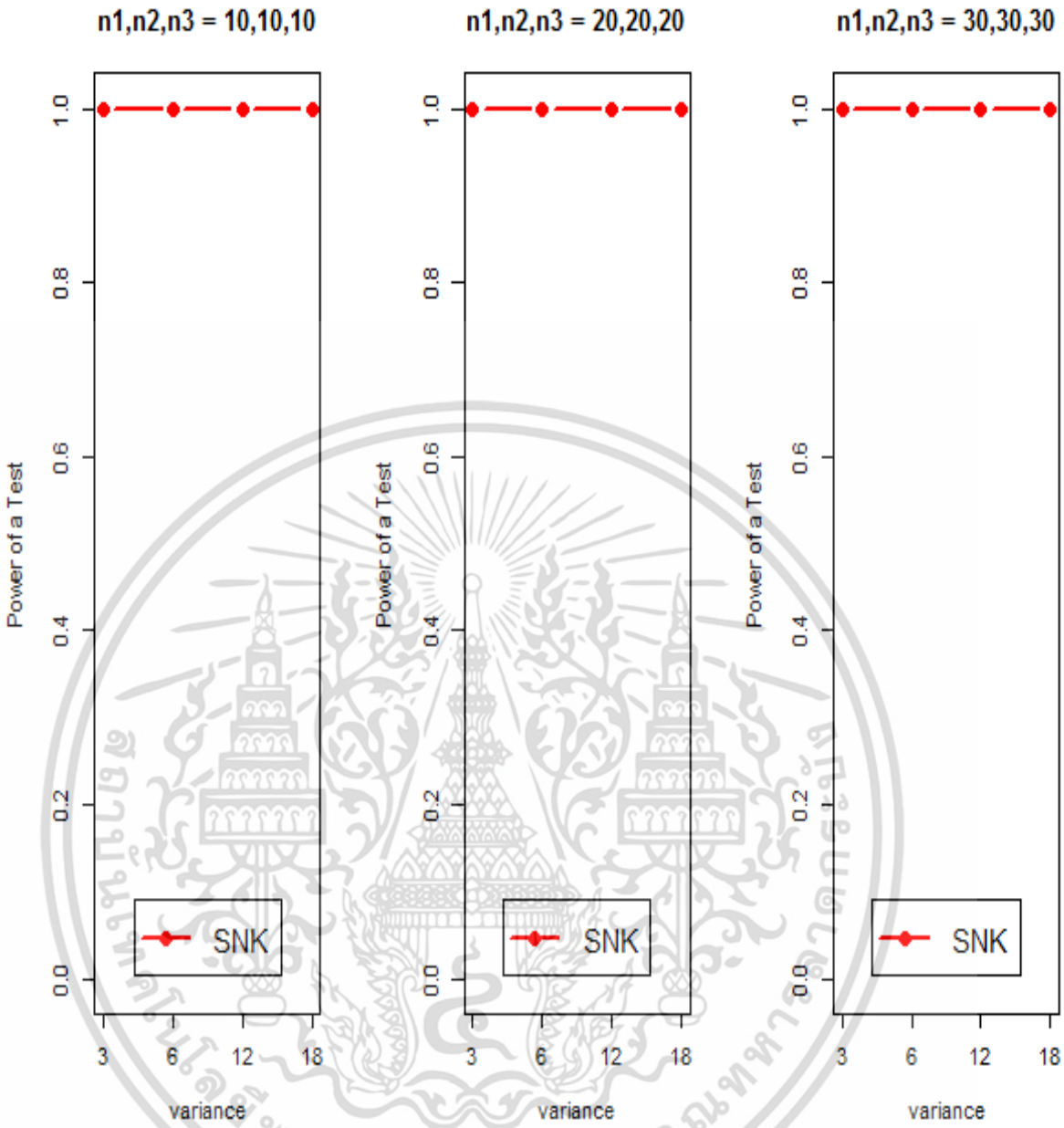
ตารางที่ 4.8 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	Gabriel	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	-	-	-
6	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	Gabriel	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	-	-	-
12	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	Gabriel	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	-	-	-
18	SNK	0.9998*	1*	1*	0.9982*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	Gabriel	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

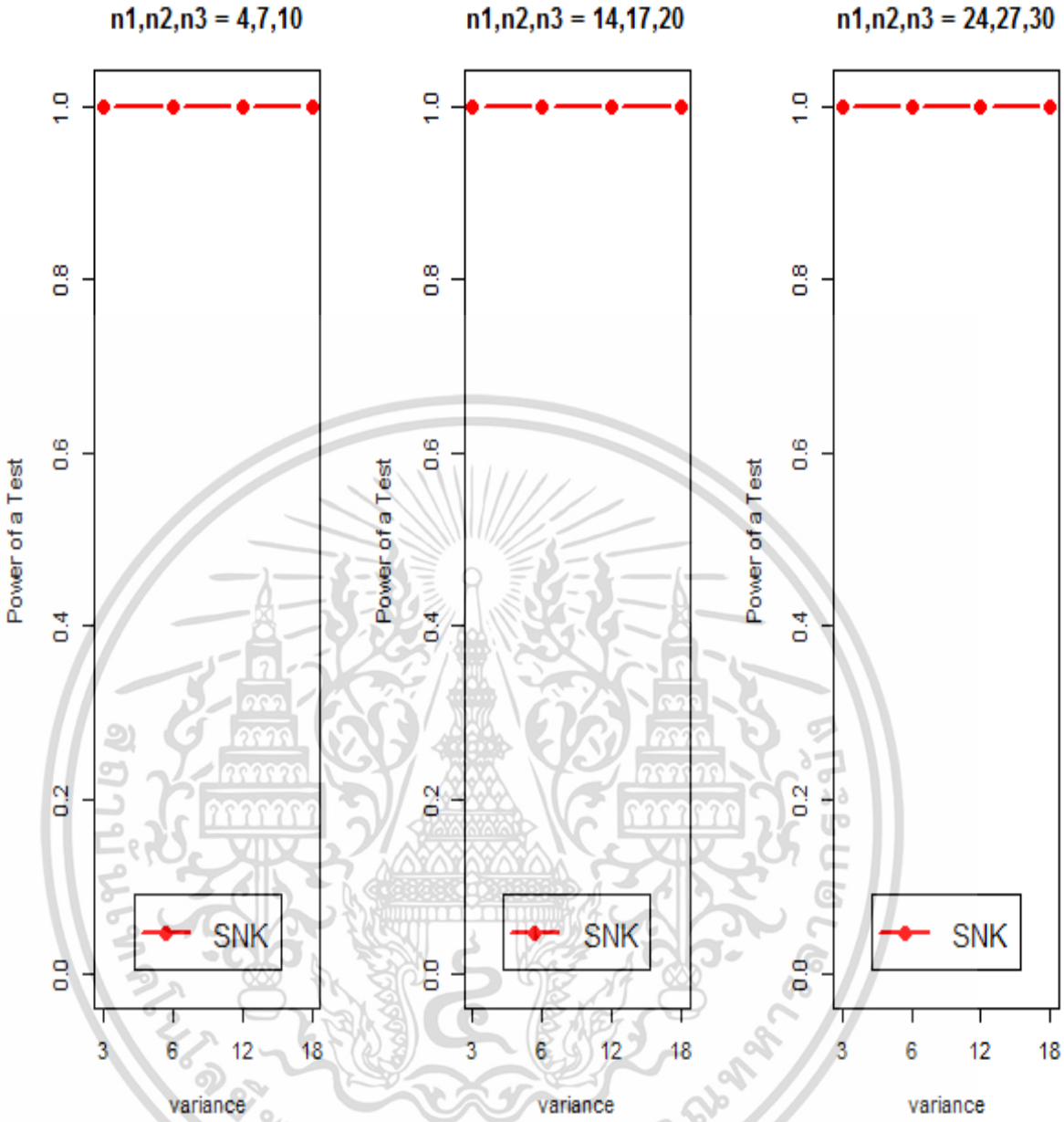
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.15 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (10,10,10) (20,20,20) และ(30,30,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.16 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (4,7,10) (14,17,20) และ(24,27,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.17 – 4.18

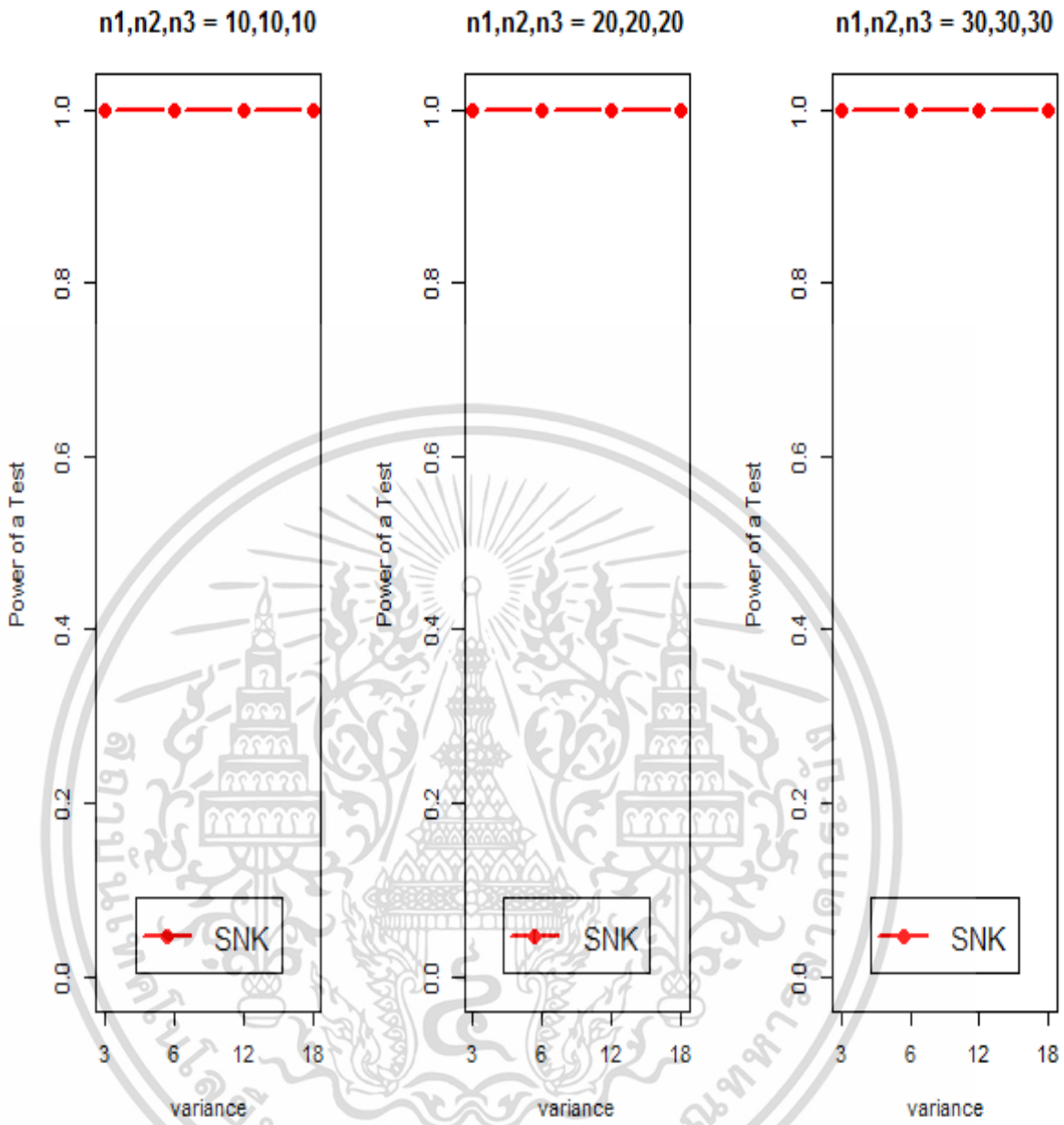
ตารางที่ 4.9 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-
6	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-
12	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-
18	SNK	1*	1*	1*	0.9948*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	0.9946	-	-

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

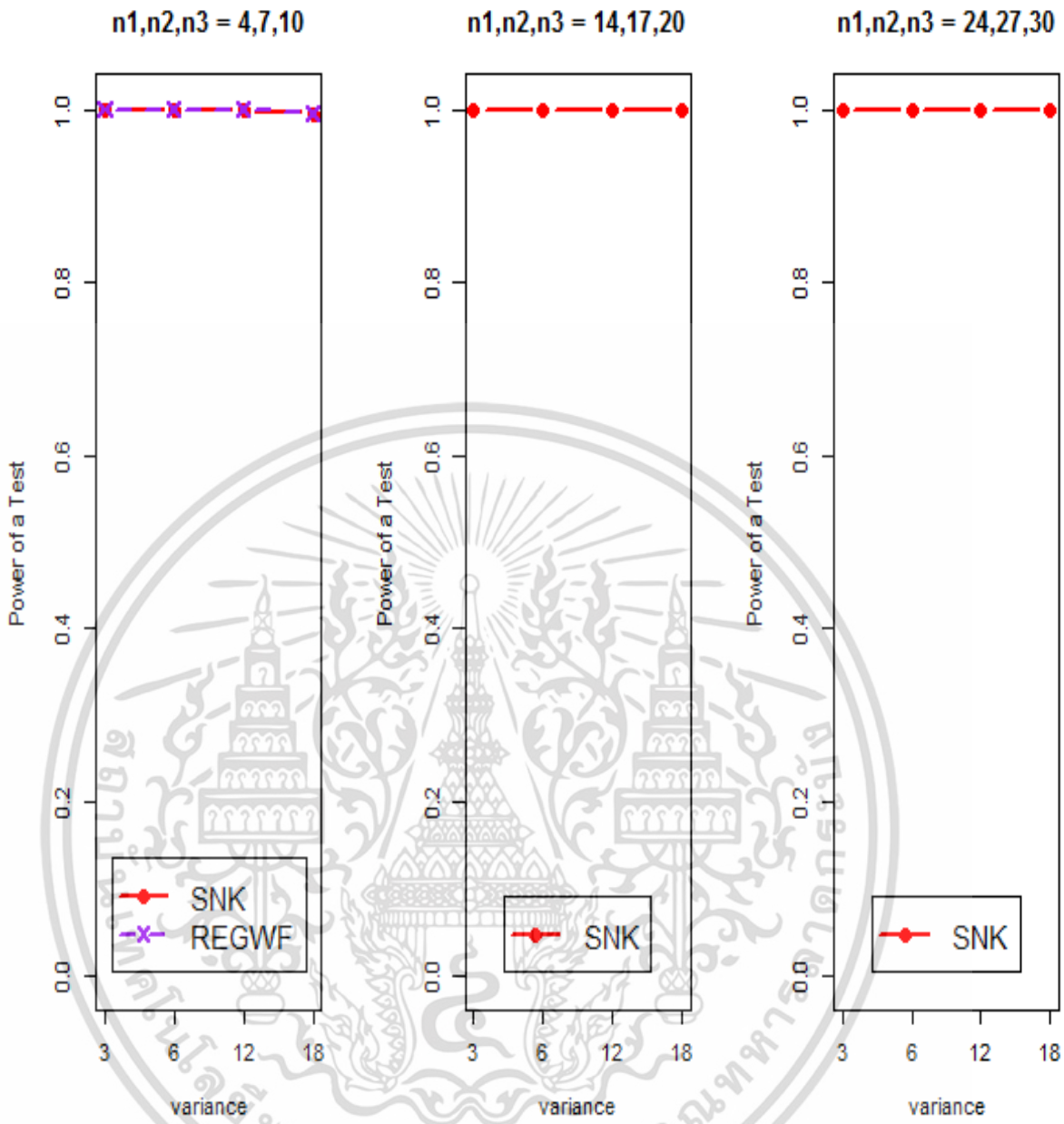
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.17 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (10,10,10) (20,20,20) และ(30,30,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.18 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (4,7,10) ความแปรปรวนเป็น 3 6 และ 12 สถิติทดสอบทั้ง 2 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (14,17,20) และ (24,27,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.19 – 4.20

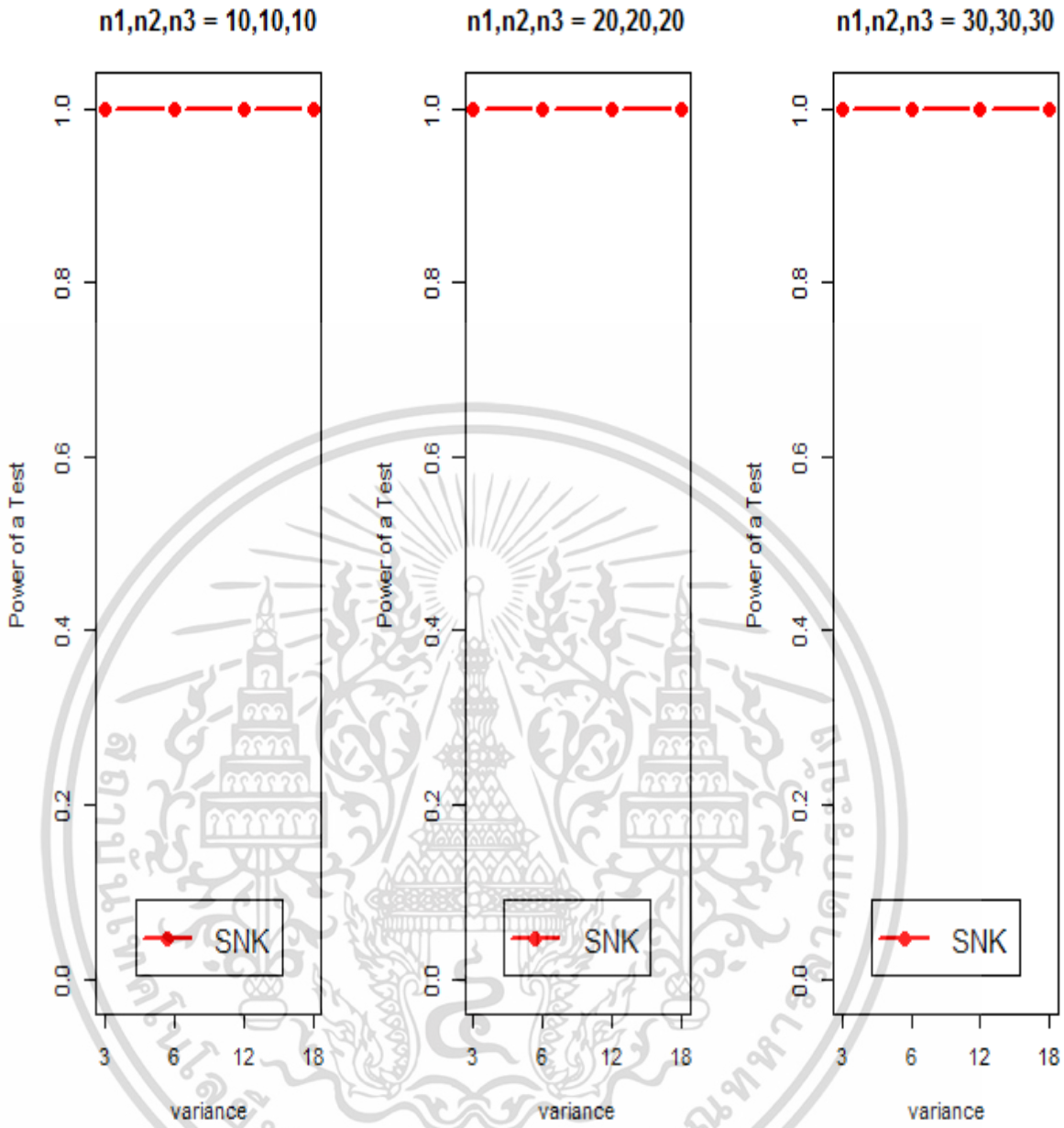
ตารางที่ 4.10 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-
6	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-
12	SNK	0.9996*	1*	1*	0.9816*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	0.9778	-	-
18	SNK	1*	1*	1*	0.9924*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	0.9888	-	-

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

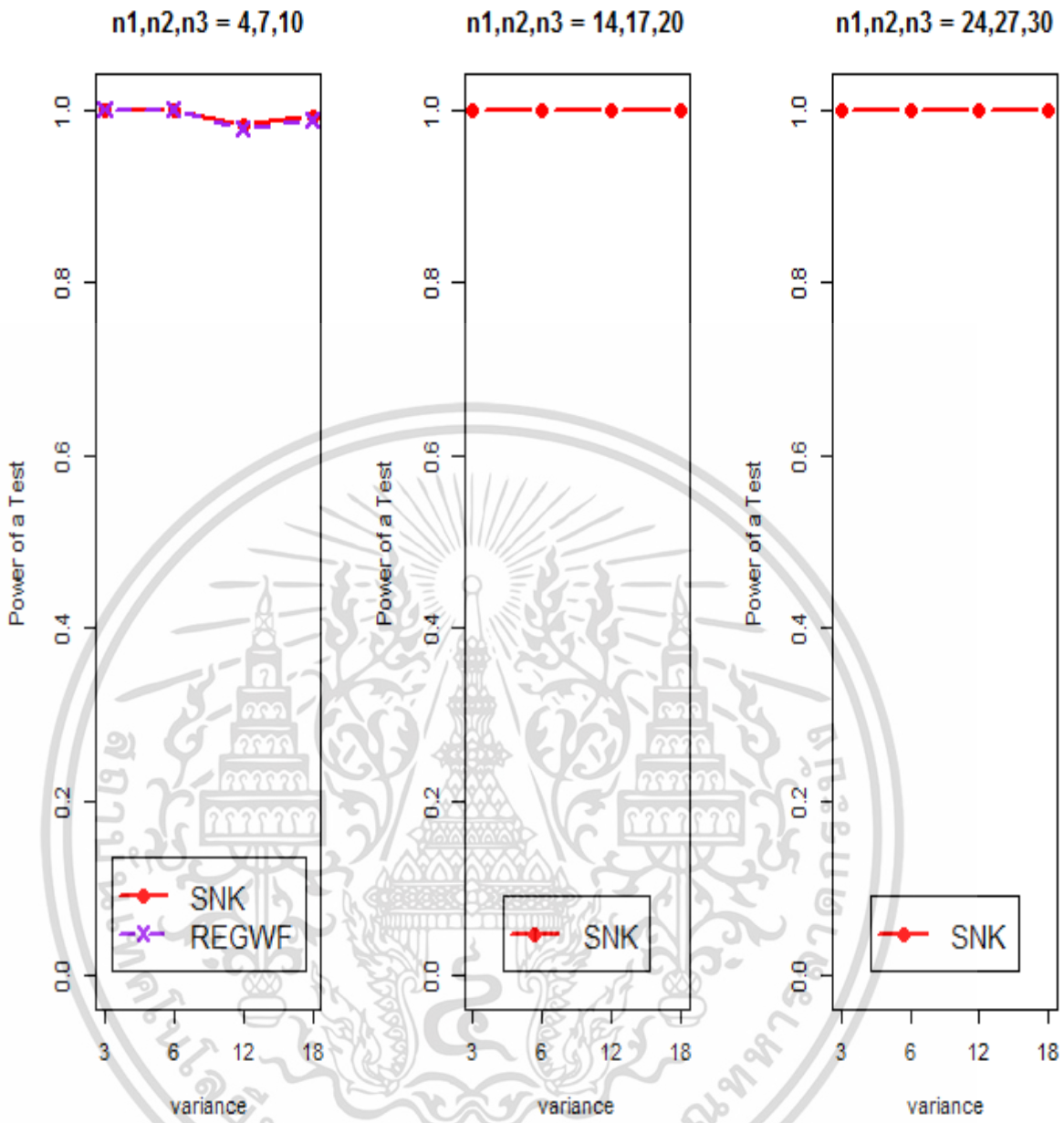
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.19 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (10,10,10) (20,20,20) และ(30,30,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจกแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.20 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (4,7,10) ความแปรปรวนเป็น 3 กับ 6 สถิติทดสอบทั้ง 2 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 เมื่อค่าความแปรปรวนเป็น 12 ค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง และเมื่อค่าความแปรปรวนเป็น 18 ค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นมาอีกครั้ง เมื่อขนาดตัวอย่าง (14,17,20) และ(24,27,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.21 – 4.22

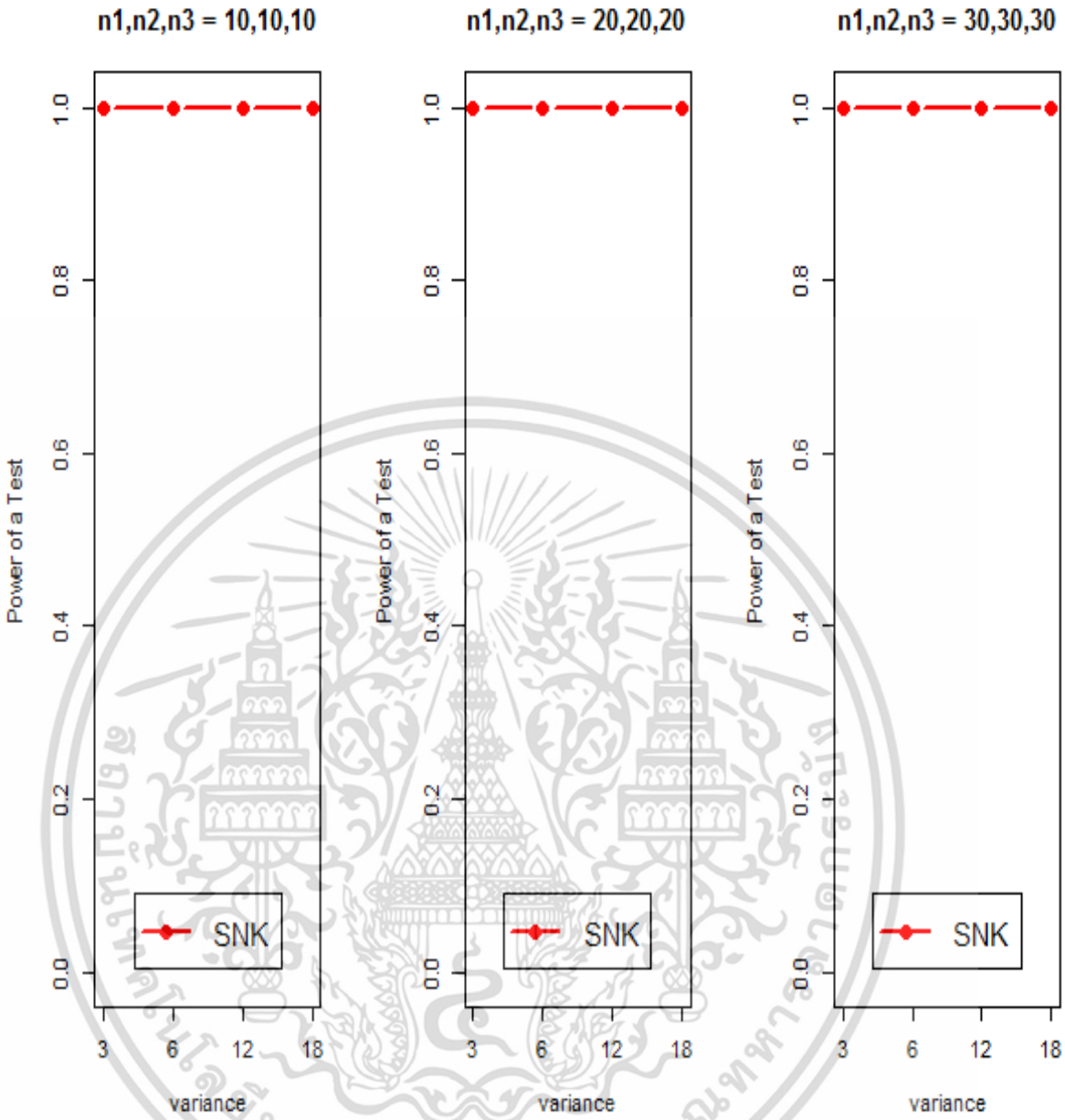
ตารางที่ 4.11 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	-	-	-
6	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	-	-	-
12	SNK	1*	1*	1*	0.9978*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	-	-	-
18	SNK	1*	1*	1*	0.9996*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

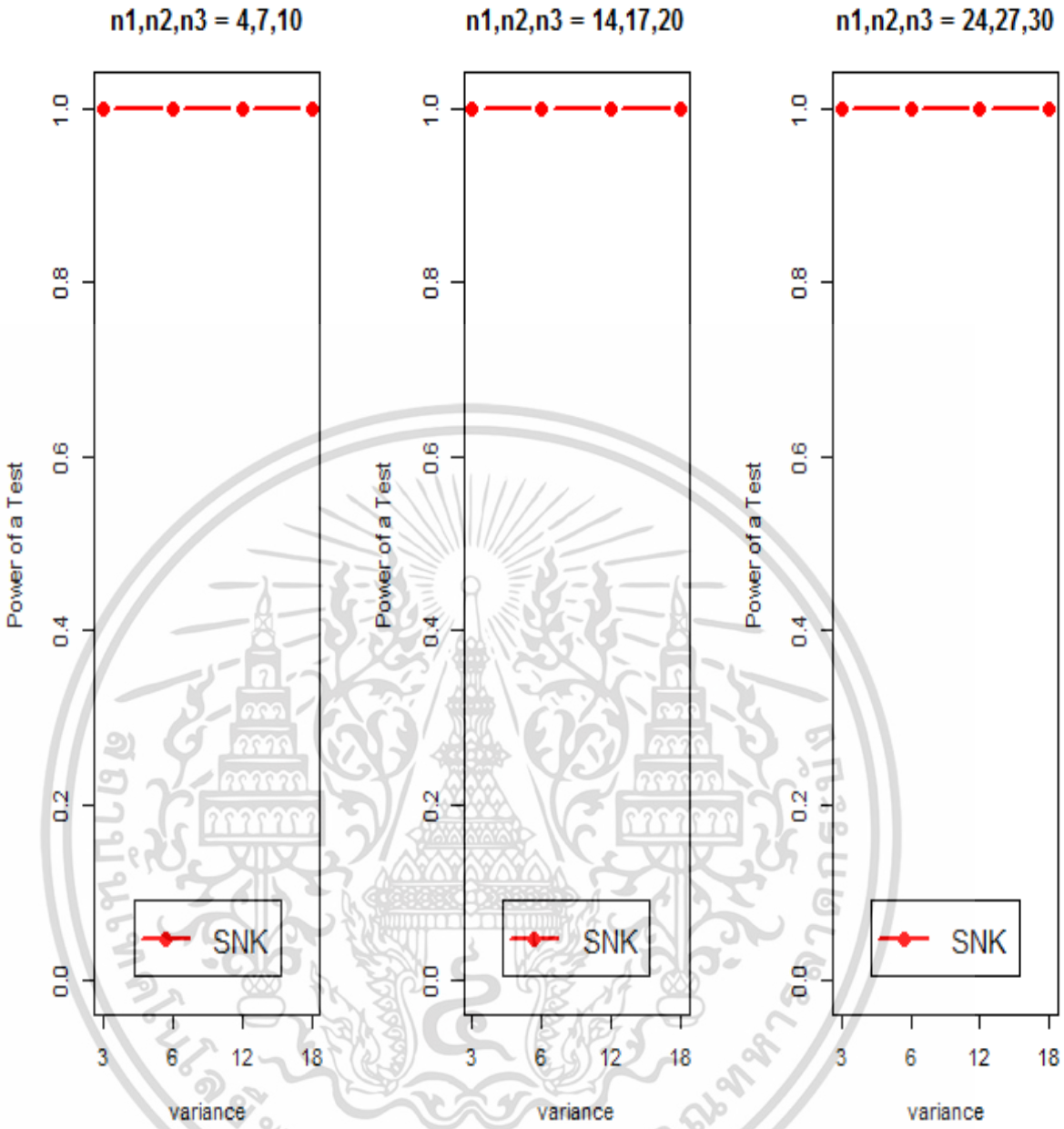
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.21 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (10,10,10) (20,20,20) และ(30,30,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.22 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (4,7,10) (14,17,20) และ(24,27,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.23 – 4.24

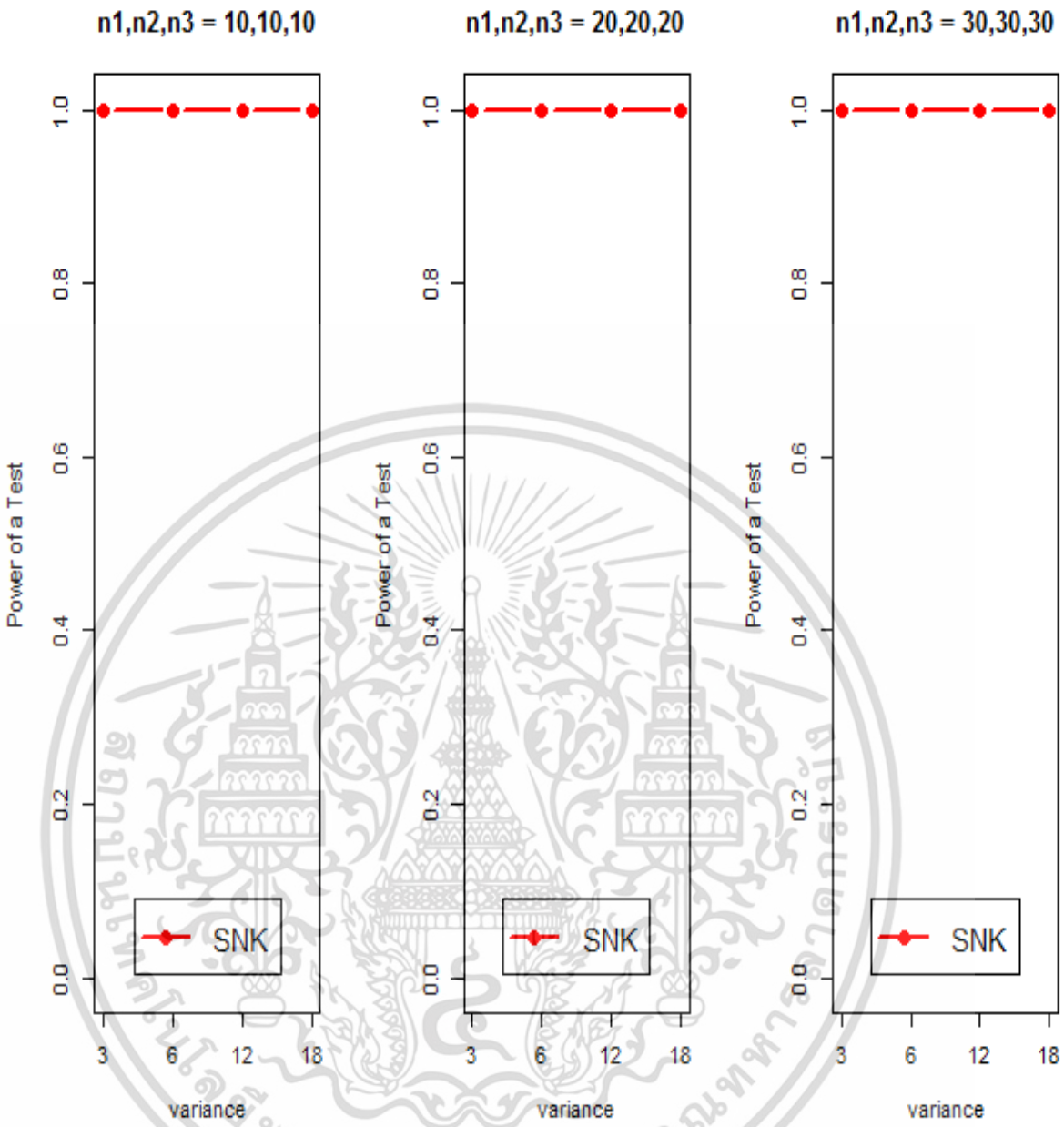
ตารางที่ 4.12 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
3	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-
6	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-
12	SNK	1*	1*	1*	0.9994*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	0.9992	-	-
18	SNK	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	Sidak	-	-	-	-	-	-
	R-E-G-WF	-	-	-	1*	-	-

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

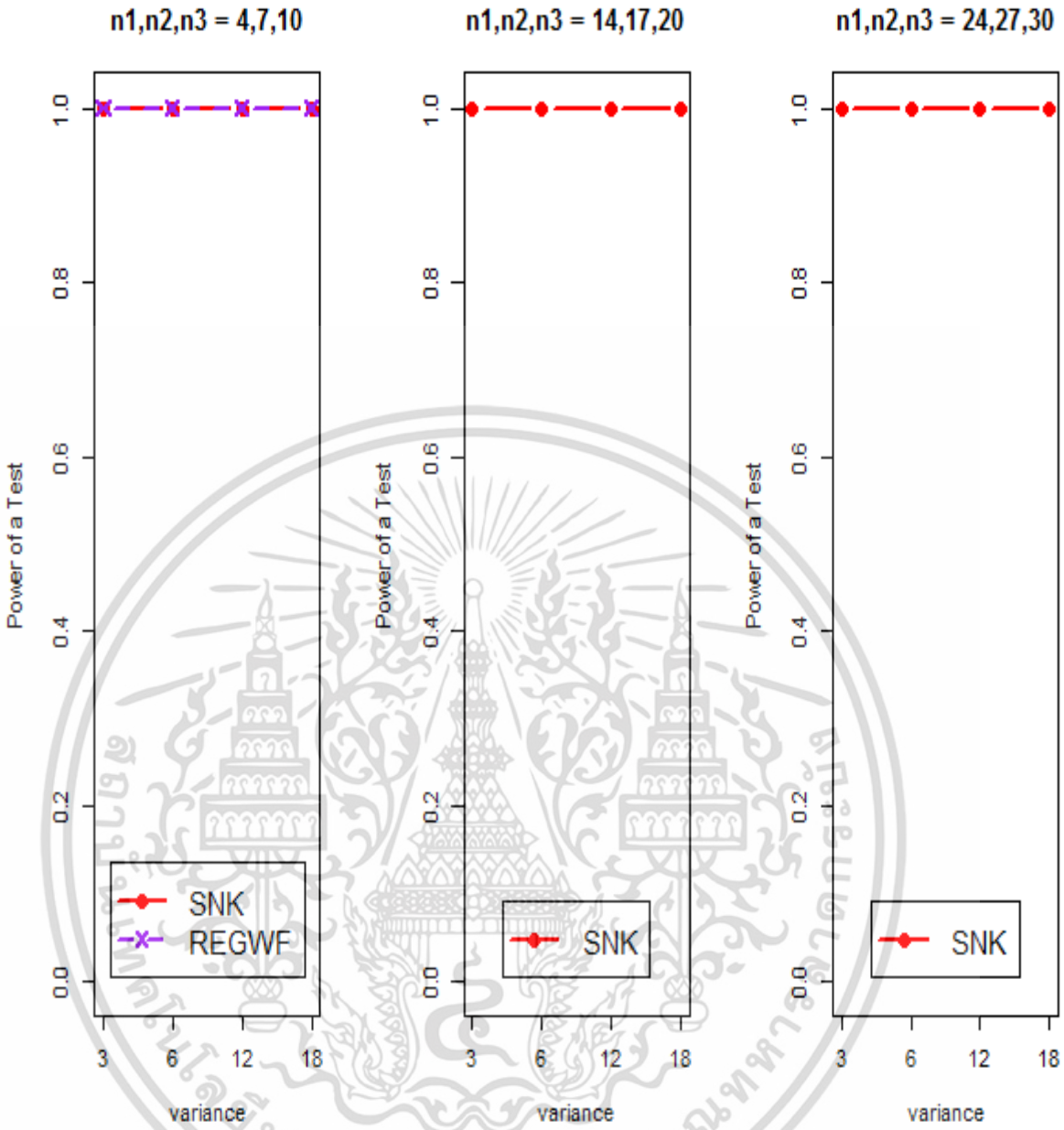
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.23 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (10,10,10) (20,20,20) และ(30,30,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.24 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (4,7,10) สถิติทดสอบทั้ง 2 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่ เมื่อขนาดตัวอย่าง (14,17,20) และ(24,27,30) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเป็น 1 ในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ คือ สถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) สถิติทดสอบของชิดาร์ก (Sidak's Test) สถิติทดสอบของกาเบรียล (Gabriel's Test) และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ (Ryan Einot Gabriel Welsch F test : R-E-G-WF Test) สรุปผลได้ดังนี้

5.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

ทั้งในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา ได้ผลสรุปเหมือนกัน คือ สถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท- กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่าง (4,7,10) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.1

แต่สถิติทดสอบของชิดาร์ก และสถิติทดสอบของกาเบรียล ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา

โดยสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 สถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา

ระดับนัยสำคัญ	ความแปรปรวน	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
0.01	3	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	6	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	12	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	18	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
0.05	3	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	6	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	12	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	18	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
0.1	3	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	6	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	12	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	18	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK

หมายเหตุ SNK หมายถึง สถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล
R-E-G-WF หมายถึง สถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท- กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ได้ผลสรุปคือ สถิติทดสอบสติวเดนท์-นิวแมน-คูล และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดร่วมกันที่ขนาดตัวอย่าง (4,7,10) ความแปรปรวนเป็น 3 และ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และความแปรปรวนเป็น 3 6 และ 12 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ส่วนในสถานการณ์อื่น ๆ สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ได้ผลสรุปคือ สถิติทดสอบสติวเดนท์-นิวแมน-คูล และสถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท-กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดร่วมกันที่ขนาดตัวอย่าง (4,7,10) ความแปรปรวนเป็น 3 และ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และความแปรปรวนเป็น 3 6 และ 18 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ส่วนในสถานการณ์อื่น ๆ สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

สรุปได้ว่าสถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถานการณ์ที่ศึกษา

โดยสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 สถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ

ระดับนัยสำคัญ	ความแปรปรวน	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
0.01	3	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	6	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	12	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	18	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
0.05	3	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	6	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	12	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	18	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
0.1	3	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	6	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	12	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	18	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK

หมายเหตุ SNK หมายถึง สถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล
R-E-G-WF หมายถึง สถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท- กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 สถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา

ระดับนัยสำคัญ	ความแปรปรวน	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(10,10,10)	(20,20,20)	(30,30,30)	(4,7,10)	(14,17,20)	(24,27,30)
0.01	3	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	6	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	12	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	18	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
0.05	3	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	6	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	12	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	18	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
0.1	3	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	6	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK
	12	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	18	SNK	SNK	SNK	SNK,R-E-G-WF	SNK	SNK

หมายเหตุ SNK หมายถึง สถิติทดสอบของสติวเดนท์-นิวแมน-คูล
R-E-G-WF หมายถึง สถิติทดสอบของไรอัน-ไอนอท- กาเบรียล-เวลสซ์-เอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

การวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ในการเลือกใช้สถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณที่เหมาะสม เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติหรือแกมมา กรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร คือสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล

5.3.2 ด้านการศึกษาวิจัย

1. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน ตัวอื่น ๆ เช่น Fisher's Least Significant Difference Test, Bonferroni's Test, Tukey's HSD Test, Duncan's New Multiple Range Test, Scheffe's Test, R–E–G–W Q Test, Tukey's–b Test, Hochberg's GT2 Test และ Waller–Duncan Test เป็นต้น

2. เนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเฉพาะกรณีที่ประชากรมีความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นจึงควรศึกษาเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของการเปรียบเทียบพหุคูณ เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากัน

3. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากันหรือไม่เป็นอิสระกัน เพื่อศึกษากำลังของการทดสอบ (Power of Test)

4. คำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบ โดยใช้หลักการคำนวณแบบอัตราความผิดพลาดและกำลังการทดสอบ แบบอื่น ๆ

5. ใช้เกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เกณฑ์อื่น ๆ เช่น เกณฑ์ของ Cochran (1947) เป็นต้น

6. ศึกษาในกรณีที่กำหนดขนาดตัวอย่างอื่น ๆ นอกเหนือจากที่ได้ศึกษาไปในงานวิจัยนี้ ทั้งขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยในกรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน อาจศึกษาในกรณีที่ขนาดตัวอย่างของแต่ละประชากรมีความแตกต่างกันอย่างมาก

7. ควรศึกษาในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงอื่น ๆ หรือมีการแจกแจงที่แตกต่างกันในแต่ละประชากร อาทิ ศึกษาในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงที (t distribution) หรือ ศึกษาในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงเอฟ (F distribution) เป็นต้น

8. ควรศึกษาในกรณีที่มีประชากรมากกว่า 3 ประชากร เช่น 4 5 และ 6 ประชากร หรือมากกว่า

9. ในทางปฏิบัติแล้วการเปรียบเทียบพหุคูณจะกระทำภายหลังเมื่อทราบว่าค่าสถิติทดสอบเอฟในการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีนัยสำคัญทางสถิติ และโดยทั่วไปผู้วิจัยควรตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนก่อนทำการวิเคราะห์ ดังนั้นควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนและภายหลังการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้น แต่ทั้งนี้ในการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นควรเลือกใช้สถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพในสถานการณ์นั้น ๆ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤตพล ธีรธนิตนันท์, กำชัย สุภัทรกุล, ปารณัท สุขเจริญ, โศภน พงษ์ชาลี. 2558. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน สำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์.**ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สาขาสถิติประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กษิภัท โชติกรวรกุล, จินดารัตน์ พึ่งพันธ์, เจษฎา บุตมะ และปัญทิมา นากกล่ำ. 2557. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบของบาร์ตเลต และสถิติทดสอบของเลวีน สำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน ในกรณี 2 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์**. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สาขาสถิติประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชูใจ คูหารัตนไชย. 2556. **สถิติเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นรา บูรณรัช 2543. **สถิติเพื่อการวิจัย**. สงขลา : ศุภกาญจน์พรินติ้งแอนเซอร์วิส

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

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. 2551. **การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท้อป.

ปุณยนุช พินชู. 2548. **การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์**. วิทยานิพนธ์สถิติการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555. **ความน่าจะเป็นและสถิติ**. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุทธ ไกยวรรณ์. 2543.**หลักสถิติวิจัยและการใช้โปรแกรม SPSS.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่3.กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2555. **ความน่าจะเป็น**. พิมพ์ครั้งที่ 4 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักท์.

สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2558. **การวางแผนแบบการทดลอง เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักท์.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2558. **พจนานุกรมศัพท์สถิติศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.

สิทธิชัย เจริญเศรษฐศิลป์. 2558. **เอกสารประกอบการสอนวิชาการวางแผนการทดลอง**. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bradley, J. V. **Robustness?**. *The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, Vol 31, Issue 2, November 1978, pages 144–152.

Casella, G. 2008. **Statistical Design**. New York : Springer Science.

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. 2013. **Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences**. 4th ed. Newbury Park, CA. : SAGE Publications.

Sahai, H. and Ageel, M. I. 2000. **The Analysis of Variance : Fixed, Random and Mixed Models**. New York : Springer Science.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

```
**********************************************************************************************
```

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตารางที่ 4.1)

```
**********************************************************************************************
library(userfriendlyscience)
library(ggplot2)
T2Table0.01=c(17.248,17.248,8.565,6.248,5.243,4.695,4.353,4.120,3.952,3.825,3.
726,3.647,3.582,3.528,3.482,3.443,3.443,3.379,3.379,3.329,3.329,3.329,3.329,3.
329,3.243,3.243,3.243,3.243,3.243,3.188,3.188,3.188,3.188,3.188,3.188,3.188,3.
188,3.188,3.188,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.
121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.056,3.056,3.056,3.
056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.
056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.
056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056)

T3Table0.01=c(5.99,5.99,5.99,5.99,5.11,4.61,4.30,4.08,3.92,3.80,3.71,3.63,3.63,3.
52,3.52,3.43,3.43,3.37,3.37,3.32,3.32,3.32,3.32,3.25,3.25,3.25,3.25,3.25,3.25,3.
18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.
12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.05,3.05,3.
05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.
05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.
05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05)

T4Table0.01=c(9087.31,148.25,45.39,26.67,19.84,16.45,14.47,13.18,12.28,11.62,1
1.11,10.71,10.38,10.11,9.89,9.7,9.53,9.39,9.27,9.15,9.06,8.97,8.89,8.82,8.75,8.6
9,8.63,8.58,8.54,8.49,8.45,8.42,8.38,8.35,8.32,8.29,8.26,8.23,8.21,8.19,8.17,8.1
4,8.13,8.11,8.09,8.07,8.06,8.04,8.03,8.01,8.00,7.98,7.97,7.96,7.95,7.94,7.93,7.9
2,7.91,7.90,7.89,7.88,7.87,7.86,7.85,7.85,7.84,7.83,7.82,7.82,7.81,7.80,7.80,7.7
9,7.78,7.78,7.77,7.77,7.76,7.76,7.75,7.75,7.74,7.74,7.73,7.73,7.72,7.72,7.71,
7.71,7.71,7.70,7.70,7.70,7.69,7.68,7.68,7.68,7.68,7.67)

library(agricolae)
M=5000
N=4
O=6
alpha=0.01
n1=c(10,20,30,4,14,24)
n2=c(10,20,30,7,17,27)
n3=c(10,20,30,10,20,30)
Mu1=c(6,6,6,6)
Mu2=c(6,6,6,6)
Mu3=c(6,6,6,6)
Var1=c(3,6,12,18)
Var2=c(3,6,12,18)
Var3=c(3,6,12,18
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
COUNT <-array(rep(0,4*4*6),dim=c(4,4,6))
for(j in 1:N)
{
 for(k in 1:O)
 {
  for(l in 1:M)
  {
      x1=rnorm(n1[k],Mu1[j],sqrt(Var1[j]))
      x2=rnorm(n2[k],Mu2[j],sqrt(Var2[j]))
      x3=rnorm(n3[k],Mu3[j],sqrt(Var3[j]))
      x=c(x1,x2,x3)
      d=stack(list(x1=x1,x2=x2,x3=x3))
      attach(d)
      md=aov(values~ind,data=d)
      df=df.residual(md)
      MS=deviance(md)/df
      v=((n1[k]+n2[k]+n3[k])-3)
      K=SNK.test(values,ind,df,MS,group=F)
      pvalueSNK=K$comparison$pvalue
      if((pvalueSNK[1]<=alpha)||(pvalueSNK[2]<=alpha)||(pvalueSNK[3]<=alpha))
      COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1

      Sidak12=(sqrt((MS/2)*(1/n1[k]+ 1/n2[k])))*T2Table0.01[v]
      Sidak13=(sqrt((MS/2)*(1/n1[k]+ 1/n3[k])))*T2Table0.01[v]
      Sidak23=(sqrt((MS/2)*(1/n2[k]+ 1/n3[k])))*T2Table0.01[v]
      Delta12=abs(mean(x1)-mean(x2))
      Delta13=abs(mean(x1)-mean(x3))
      Delta23=abs(mean(x2)-mean(x3))
      if((Sidak12<=Delta12)||(Sidak13<=Delta13)||(Sidak23<=Delta23))
      COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1

      Gabriel12=(sqrt((MS/2)*(1/n1[k]+ 1/n2[k])))*T3Table0.01[v]
      Gabriel13=(sqrt((MS/2)*(1/n1[k]+ 1/n3[k])))*T3Table0.01[v]
      Gabriel23=(sqrt((MS/2)*(1/n2[k]+ 1/n3[k])))*T3Table0.01[v]
      Delta12=abs(mean(x1)-mean(x2))
      Delta13=abs(mean(x1)-mean(x3))
      Delta23=abs(mean(x2)-mean(x3))
      if((Gabriel12<=Delta12)||(Gabriel13<=Delta13)||(Gabriel23<=Delta23))
      COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+

      REGWF12=((((n1*mean(x1)^2)+(n2*mean(x2)^2))-((((n1*mean(x1))+
              (n2*mean(x2)))^2)/(n1+n2)))/((3-1)*MS))
      REGWF13=((((n1*mean(x1)^2)+(n3*mean(x3)^2))-((((n1*mean(x1))+
              (n3*mean(x3)))^2)/(n1+n3)))/((3-1)*MS))
      REGWF23=((((n2*mean(x2)^2)+(n3*mean(x3)^2))-((((n2*mean(x2))+
              (n3*mean(x3)))^2)/(n2+n3)))/((3-1)*MS))
       Fl =T4Table0.01[v]
      if((Fl <=REGWF12)||(Fl <=REGWF13)||(Fl <=REGWF23))
      COUNT[j,4,k]=COUNT[j,4,k]+1
      detach(d)
  }
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
COUNT[1,,]=COUNT[1,,]/M
COUNT[2,,]=COUNT[2,,]/M
COUNT[3,,]=COUNT[3,,]/M
COUNT[4,,]=COUNT[4,,]/M
COUNT[1,,]
COUNT[2,,]
COUNT[3,,]
COUNT[4,,]
```

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับคำนวณกำลังการทดสอบ

ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตารางที่ 4.10)

****

```
library(userfriendlyscience)
library(ggplot2)
T2Table0.01=c(17.248,17.248,8.565,6.248,5.243,4.695,4.353,4.120,3.952,3.825,3.
726,3.647,3.582,3.528,3.482,3.443,3.443,3.379,3.379,3.329,3.329,3.329,3.329,3.
329,3.243,3.243,3.243,3.243,3.243,3.188,3.188,3.188,3.188,3.188,3.188,3.188,3.
188,3.188,3.188,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.
121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.121,3.056,3.056,3.056,3.
056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.
056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.
056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056,3.056)

T3Table0.01=c(5.99,5.99,5.99,5.99,5.11,4.61,4.30,4.08,3.92,3.80,3.71,3.63,3.63,3.
52,3.52,3.43,3.43,3.37,3.37,3.32,3.32,3.32,3.32,3.25,3.25,3.25,3.25,3.25,3.25,3.
18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.18,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.
12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.12,3.05,3.05,3.
05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.
05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.
05,3.05,3.05,3.05,3.05,3.05)

T4Table0.01=c(9087.31,148.25,45.39,26.67,19.84,16.45,14.47,13.18,12.28,11.62,1
1.11,10.71,10.38,10.11,9.89,9.7,9.53,9.39,9.27,9.15,9.06,8.97,8.89,8.82,8.75,8.6
9,8.63,8.58,8.54,8.49,8.45,8.42,8.38,8.35,8.32,8.29,8.26,8.23,8.21,8.19,8.17,8.1
4,8.13,8.11,8.09,8.07,8.06,8.04,8.03,8.01,8.00,7.98,7.97,7.96,7.95,7.94,7.93,7.9
2,7.91,7.90,7.89,7.88,7.87,7.86,7.85,7.85,7.84,7.83,7.82,7.82,7.81,7.80,7.80,7.7
9,7.78,7.78,7.77,7.77,7.76,7.76,7.75,7.75,7.74,7.74,7.73,7.73,7.72,7.72,7.71,
7.71,7.71,7.70,7.70,7.70,7.69,7.68,7.68,7.68,7.68,7.67)

library(agricolae)
M=5000
N=4
O=6
alpha=0.01
n1=c(10,20,30,4,14,24)
n2=c(10,20,30,7,17,27)
n3=c(10,20,30,10,20,30)
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Alpha1=c(12,6,3,2)
Alpha2=c(48,24,12,8)
Alpha3=c(106,54,27,18)
Beta1=c(1/2,1,2,3)
Beta2=c(1/4,1/2,1,3/2)
Beta3=c(1/6,1/3,2/3,4/3)
COUNT <-array(rep(0,4*4*6),dim=c(4,4,6))
for(j in 1:N)
{
 for(k in 1:O)
 {
  for(l in 1:M)
  {
      x1=rgamma(n1[k],Alpha1[j],1/(Beta1[j]))
      x2=rgamma(n2[k],Alpha2[j],1/(Beta2[j]))
      x3=rgamma(n3[k],Alpha3[j],1/(Beta3[j]))
      x=c(x1,x2,x3)
      d=stack(list(x1=x1,x2=x2,x3=x3))
      attach(d)
      md=aov(values~ind,data=d)
      df=df.residual(md)
      MS=deviance(md)/df
      v=((n1[k]+n2[k]+n3[k])-3)

      K=SNK.test(values,ind,df,MS,group=F)
      pvalueSNK=K$comparison$pvalue
      if((pvalueSNK[1]<=alpha)||(pvalueSNK[2]<=alpha)||(pvalueSNK[3] <=alpha))
      COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1

      Sidak12=(sqrt((MS/2)*(1/n1[k]+ 1/n2[k])))*T2Table0.01[v]
      Sidak13=(sqrt((MS/2)*(1/n1[k]+ 1/n3[k])))*T2Table0.01[v]
      Sidak23=(sqrt((MS/2)*(1/n2[k]+ 1/n3[k])))*T2Table0.01[v]
      Delta12=abs(mean(x1)-mean(x2))
      Delta13=abs(mean(x1)-mean(x3))
      Delta23=abs(mean(x2)-mean(x3))
      if((Sidak12<=Delta12)||(Sidak13<=Delta13)||(Sidak23<=Delta23))
      COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1

       Gabriel12=(sqrt((MS/2)*(1/n1[k]+ 1/n2[k])))*T3Table0.01[v]
      Gabriel13=(sqrt((MS/2)*(1/n1[k]+ 1/n3[k])))*T3Table0.01[v]
      Gabriel23=(sqrt((MS/2)*(1/n2[k]+ 1/n3[k])))*T3Table0.01[v]
      Delta12=abs(mean(x1)-mean(x2))
      Delta13=abs(mean(x1)-mean(x3))
      Delta23=abs(mean(x2)-mean(x3))
      if((Gabriel12<=Delta12)||(Gabriel13<=Delta13)||(Gabriel23<=Delta23))
      COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+1

      REGWF12=((((n1*mean(x1)^2)+(n2*mean(x2)^2))-((((n1*mean(x1))+
        (n2*mean(x2)))^2)/(n1+n2)))/((3-1)*MS))
      REGWF13=((((n1*mean(x1)^2)+(n3*mean(x3)^2))-((((n1*mean(x1))+
       (n3*mean(x3)))^2)/(n1+n3)))/((3-1)*MS))
      REGWF23=((((n2*mean(x2)^2)+(n3*mean(x3)^2))-((((n2*mean(x2))+
        (n3*mean(x3)))^2)/(n2+n3)))/((3-1)*MS))
       Fl =T4Table0.01[v]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      if((Fl <=REGWF12)||(Fl <=REGWF13)||(Fl <=REGWF23))
      COUNT[j,4,k]=COUNT[j,4,k]+1
      detach(d)
  }
 }
}
COUNT[1,,]=COUNT[1,,]/M
COUNT[2,,]=COUNT[2,,]/M
COUNT[3,,]=COUNT[3,,]/M
COUNT[4,,]=COUNT[4,,]/M
COUNT[1,,]
COUNT[2,,]
COUNT[3,,]
COUNT[4,,]
```

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟการแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ (รูปที่ 3.1)

****

```
x=seq(-6,18,length.out =10000)
plot(x,dnorm(x,6,sqrt(3)),col="orange",lwd=4,type="l",lty=1,ylim=c(0,0.
25),ylab="Density",main="Normal Probability Density Function")
lines(x,dnorm(x,6,sqrt(6)),lty =5,col =3,lwd =4,type ="l")
lines(x,dnorm(x,6,sqrt(12)),lty =3, col ="purple",lwd =4.5,type ="l")
lines(x,dnorm(x,6,sqrt(18)),lty =6,col ="red",lwd =4,type ="l")
labels =c("N(6,3)","N(6,6)","N(6,12)","N(6,18)")
colors =c("orange",3,"purple","red")
A =c(1,5,3,6)
legend("topright",inset =0.03,labels,lwd =3,lty =A,col =colors)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟการแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา (รูปที่ 3.2)

****

```
x=seq(0,25,length.out =10000)
plot(x,dgamma(x,12,2),col="orange",lwd=4,type="l",lty=1,ylim=c(0,0.25),
ylab="Density",main="Gamma Probability Density Function")
lines(x,dgamma(x,6,1),lty =5,col =3,lwd =4,type ="l")
lines(x,dgamma(x,3,1/2),lty =3,col ="purple",lwd =4.5,type ="l")
lines(x,dgamma(x,2,1/3),lty =6,col ="red",lwd =4,type ="l")
labels =c("Gamma(12,1/2)", "Gamma(6,1)","Gamma(3,2)", "Gamma(2,3)")
colors =c("orange",3,"purple","red")
A =c(1,5,3,6)
legend("topright",inset =0.03,labels,lwd =3,lty =A,col =colors)
```

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (รูปที่ 4.1)

****

```
BradleyUpper=rep(0.015,4)
BradleyLower =rep(0.005,4)
SNK1   =c(0.0098,0.0110,0.0118,0.0106)
Sidak1    =c(0.0704,0.0718,0.0804,0.0742)
Gabriel1=c(0.0696,0.0714,0.0790,0.0738)
REGWF1 =c(0.0004,0.0006,0.0018,0.0012)
SNK2  =c(0.0114,0.0128,0.0102,0.0114)
Sidak2 =c(0.0768,0.0836,0.0770,0.0770)
Gabriel2=c(0.0770,0.0836,0.0774,0.0770)
REGWF2 =c(0.0000,0.0000,0.0000,0.0000)
SNK3  =c(0.0100,0.0122,0.0122,0.0120)
Sidak3 =c(0.0850,0.0842,0.0792,0.0846)
Gabriel3=c(0.0856,0.0852,0.0798,0.0854)
REGWF3 =c(0.0000,0.0000,0.0000,0.0000)
y    =c('3','6','12','18')
x    =seq(1,4)
par(mfrow=c(1,3))

plot(x,SNK1,type="b" ,lty=1,lwd =2,col =2,xaxt ="n",ylim =
c(0.0000,0.12),main ="n1,n2,n3 =10,10,10",xlab ="variance",ylab="Type I
Error",pch =16,cex=1.5)
lines(x,Sidak1,type ="b",lty =4,lwd =2,col =3,pch =17,cex=1.5)
lines(x,Gabriel1,type ="b",lty =5,lwd =2,col ="brown",pch =4,cex=1.5)
lines(x,REGWF1,type ="b",lty =2,lwd =2,col ="purple",pch = 18,cex=1.5)
lines(x,BradleyUpper,type ="l",lwd =1,lty =2)
lines(x,BradleyLower,type ="l",lwd =1,lty =2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
axis(1, at =1:4, labels =y)
labels =c("SNK","Sidak","Gabriel","REGWF")
lwdd=c(2,2,2,2)
ltyy=c(1,4,5,2)
colors =c(2,3,"brown","purple")
pchh =c(16,17,4,18)
legend("top",inset =0.03,labels,lwd =lwdd,lty =ltyy,col =colors,pch =
pchh,cex=1.4)

plot(x,SNK2,type="b" ,lty=1,lwd =2,col =2,xaxt ="n",ylim =
c(0.0000,0.12),main ="n1,n2,n3 =20,20,20",xlab ="variance",ylab ="Type I
Error",pch =16,cex=1.5)
lines(x,Sidak2,type ="b",lty =4,lwd =2,col =3,pch =17,cex=1.5)
lines(x,Gabriel2,type ="b",lty =5,lwd =2,col ="brown",pch =4,cex=1.5)
lines(x,REGWF2,type ="b",lty =2,lwd =2,col ="purple",pch = 18,cex=1.5)
lines(x,BradleyUpper,type ="l",lwd =1,lty =2)
lines(x,BradleyLower,type ="l",lwd =1,lty =2)
axis(1, at =1:4, labels =y)
labels =c("SNK","Sidak","Gabriel","REGWF")
lwdd=c(2,2,2,2)
ltyy=c(1,4,5,2)
colors =c(2,3,"brown","purple")
pchh =c(16,17,4,18)
legend("top",inset =0.03,labels,lwd =lwdd,lty =ltyy,col =colors,pch =
pchh,cex=1.4)

plot(x,SNK3,type="b" ,lty=1,lwd =2,col =2,xaxt ="n",ylim =
c(0.0000,0.12),main ="n1,n2,n3 =30,30,30",xlab ="variance",ylab ="Type I
Error",pch =16,cex=1.5)
lines(x,Sidak3,type ="b",lty =4,lwd =2,col =3,pch =17,cex=1.5)
lines(x,Gabriel3,type ="b",lty =5,lwd =2,col ="brown",pch =4,cex=1.5)
lines(x,REGWF3,type ="b",lty =2,lwd =2,col ="purple",pch = 18,cex=1.5)
lines(x,BradleyUpper,type ="l",lwd =1,lty =2)
lines(x,BradleyLower,type ="l",lwd =1,lty =2)
axis(1, at =1:4, labels =y)
labels =c("SNK","Sidak","Gabriel","REGWF")
lwdd=c(2,2,2,2)
ltyy=c(1,4,5,2)
colors =c(2,3,"brown","purple")
pchh =c(16,17,4,18)
legend("top",inset =0.03,labels,lwd =lwdd,lty =ltyy,col =colors,pch =
pchh,cex=1.4)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

****

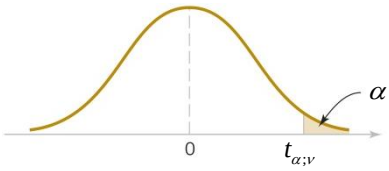
คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ
กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
(รูปที่ 4.14)

****

```
SNK1   =c(1,1,0.9912,0.9314)
REGWF1 =c(1,1,0.9896,0.9192)
SNK2   =c(1,1,1,1)
SNK3   =c(1,1,1,1)
y      =c('3','6','12','18')
x      =seq(1,4)
par(mfrow=c(1,3))

plot(x,SNK1,type ="b",lty =1,lwd =2,col =2,xaxt ="n",ylim =c(0,1),main =
"n1,n2,n3 =4,7,10",xlab ="variance",ylab ="Power of a Test",pch =
16,cex=1.5)
lines(x,REGWF1,type ="b",lty =2,lwd =2,col ="purple",pch =4,cex=1.5)
axis(1, at =1:4, labels =y)
labels =c("SNK","REGWF")
lwdd=c(2,2)
ltyy=c(1,2)
colors =c(2,"purple")
pchh =c(16,4)
legend("bottom",inset =0.04,labels,lwd =lwdd,lty =ltyy,col =colors,pch =
pchh,cex=1.4)


plot(x,SNK2,type ="b",lty =1,lwd =2,col =2,xaxt ="n",ylim =c(0,1),main =
"n1,n2,n3 =14,17,20",xlab ="variance",ylab ="Power of a Test",pch =
16,cex=1.5)
axis(1, at =1:4, labels =y)
labels =c("SNK")
lwdd=c(2)
ltyy=c(1)
colors =c(2)
pchh =c(16)
legend("bottom",inset =0.04,labels,lwd =lwdd,lty =ltyy,col =colors,pch =
pchh,cex=1.4)


plot(x,SNK2,type ="b",lty =1,lwd =2,col =2,xaxt ="n",ylim =c(0,1),main =
"n1,n2,n3 =24,27,30",xlab ="variance",ylab ="Power of a Test",pch =
16,cex=1.5)
axis(1, at =1:4, labels =y)
labels =c("SNK")
lwdd=c(2)
ltyy=c(1)
colors =c(2)
pchh =c(16)
legend("bottom",inset =0.04,labels,lwd =lwdd,lty =ltyy,col =colors,pch =
pchh,cex=1.4)
```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาที่ได้รับการคุ้มครองให้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

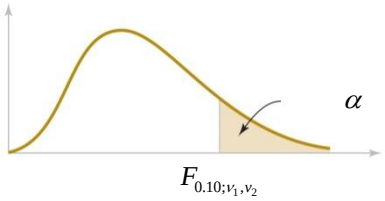


ตารางที่ 1 การแจกแจงที

	α									
ν	.40	.25	.10	.05	.025	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	.3249	1.000	3.0777	6.3138	12.706	31.820	63.656	127.32	318.31	636.62
2	.2887	.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9646	9.9248	14.089	22.327	31.599
3	.2767	.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8409	7.4533	10.215	12.924
4	.2707	.7407	1.5332	2.1318	2.7764	3.7469	4.6041	5.5976	7.1732	8.6103
5	.2672	.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321	4.7733	5.8934	6.8688
6	.2648	.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074	4.3168	5.2076	5.9588
7	.2632	.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995	4.0293	4.7853	5.4079
8	.2619	.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554	3.8325	4.5008	5.0413
9	.2610	.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498	3.6897	4.2968	4.7809
10	.2602	.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693	3.5814	4.1437	4.5869
11	.2596	.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058	3.4966	4.0247	4.4370
12	.2590	.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545	3.4284	3.9296	4.3178
13	.2586	.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123	3.3725	3.8520	4.2208
14	.2582	.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768	3.3257	3.7874	4.1405
15	.2579	.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467	3.2860	3.7328	4.0728
16	.2576	.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208	3.2520	3.6862	4.0150
17	.2573	.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982	3.2225	3.6458	3.9651
18	.2571	.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784	3.1966	3.6105	3.9216
19	.2569	.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609	3.1737	3.5794	3.8834
20	.2567	.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453	3.1534	3.5518	3.8495
21	.2566	.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314	3.1352	3.5272	3.8193
22	.2564	.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188	3.1188	3.5050	3.7921
23	.2563	.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073	3.1040	3.4850	3.7676
24	.2562	.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7969	3.0905	3.4668	3.7454
25	.2561	.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874	3.0782	3.4502	3.7251
26	.2560	.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787	3.0669	3.4350	3.7066
27	.2559	.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707	3.0565	3.4210	3.6896
28	.2558	.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633	3.0469	3.4082	3.6739
29	.2557	.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564	3.0380	3.3962	3.6594
30	.2556	.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500	3.0298	3.3852	3.6460
40	.2550	.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045	2.9712	3.3069	3.5510
50	.2547	.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778	2.9370	3.2614	3.4960
60	.2545	.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603	2.9146	3.2317	3.4602
70	.2543	.6780	1.2938	1.6669	1.9944	2.3808	2.6479	2.8987	3.2108	3.4350
80	.2542	.6776	1.2922	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387	2.8870	3.1953	3.4163
90	.2541	.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316	2.8779	3.1833	3.4019
100	.2540	.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259	2.8707	3.1737	3.3905
250	.2536	.6755	1.2849	1.6510	1.9695	2.3414	2.5956	2.8322	3.1232	3.3299
500	.2535	.6750	1.2832	1.6479	1.9647	2.3338	2.5857	2.8195	3.1066	3.3101
∞	.2533	.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3264	2.5758	2.8070	3.0902	3.2905

ผลิตโดยโปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

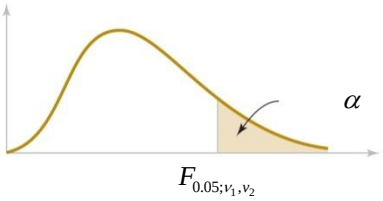


ตารางที่ 2 การแจกแจงเอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

	ν_1											
ν_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	39.863	49.500	53.593	55.833	57.240	58.204	58.906	59.439	59.858	60.195	60.473	60.705
2	8.5263	9.0000	9.1618	9.2434	9.2926	9.3255	9.3491	9.3668	9.3805	9.3916	9.4006	9.4081
3	5.5383	5.4624	5.3908	5.3426	5.3092	5.2847	5.2662	5.2517	5.2400	5.2304	5.2224	5.2156
4	4.5448	4.3246	4.1909	4.1073	4.0506	4.0097	3.9790	3.9549	3.9357	3.9199	3.9067	3.8955
5	4.0604	3.7797	3.6195	3.5202	3.4530	3.4045	3.3679	3.3393	3.3163	3.2974	3.2816	3.2682
6	3.7760	3.4633	3.2888	3.1808	3.1075	3.0546	3.0145	2.9830	2.9577	2.9369	2.9195	2.9047
7	3.5894	3.2574	3.0741	2.9605	2.8833	2.8274	2.7849	2.7516	2.7247	2.7025	2.6839	2.6681
8	3.4579	3.1131	2.9238	2.8064	2.7264	2.6683	2.6241	2.5893	2.5612	2.5380	2.5186	2.5020
9	3.3603	3.0065	2.8129	2.6927	2.6106	2.5509	2.5053	2.4694	2.4403	2.4163	2.3961	2.3789
10	3.2850	2.9245	2.7277	2.6053	2.5216	2.4606	2.4140	2.3772	2.3473	2.3226	2.3018	2.2841
11	3.2252	2.8595	2.6602	2.5362	2.4512	2.3891	2.3416	2.3040	2.2735	2.2482	2.2269	2.2087
12	3.1765	2.8068	2.6055	2.4801	2.3940	2.3310	2.2828	2.2446	2.2135	2.1878	2.1660	2.1474
13	3.1362	2.7632	2.5603	2.4337	2.3467	2.2830	2.2341	2.1954	2.1638	2.1376	2.1155	2.0966
14	3.1022	2.7265	2.5222	2.3947	2.3069	2.2426	2.1931	2.1539	2.1220	2.0954	2.0730	2.0537
15	3.0732	2.6952	2.4898	2.3614	2.2730	2.2081	2.1582	2.1185	2.0862	2.0593	2.0366	2.0171
16	3.0481	2.6682	2.4618	2.3327	2.2438	2.1783	2.1280	2.0880	2.0553	2.0281	2.0051	1.9854
17	3.0262	2.6446	2.4374	2.3077	2.2183	2.1524	2.1017	2.0613	2.0284	2.0009	1.9777	1.9577
18	3.0070	2.6239	2.4160	2.2858	2.1958	2.1296	2.0785	2.0379	2.0047	1.9770	1.9535	1.9333
19	2.9899	2.6056	2.3970	2.2663	2.1760	2.1094	2.0580	2.0171	1.9836	1.9557	1.9321	1.9117
20	2.9747	2.5893	2.3801	2.2489	2.1582	2.0913	2.0397	1.9985	1.9649	1.9367	1.9129	1.8924
21	2.9610	2.5746	2.3649	2.2333	2.1423	2.0751	2.0233	1.9819	1.9480	1.9197	1.8956	1.8750
22	2.9486	2.5613	2.3512	2.2193	2.1279	2.0605	2.0084	1.9668	1.9327	1.9043	1.8801	1.8593
23	2.9374	2.5493	2.3387	2.2065	2.1149	2.0472	1.9949	1.9531	1.9189	1.8903	1.8659	1.8450
24	2.9271	2.5383	2.3274	2.1949	2.1030	2.0351	1.9826	1.9407	1.9063	1.8775	1.8530	1.8319
25	2.9177	2.5283	2.3170	2.1842	2.0922	2.0241	1.9714	1.9292	1.8947	1.8658	1.8412	1.8200
26	2.9091	2.5191	2.3075	2.1745	2.0822	2.0139	1.9610	1.9188	1.8841	1.8550	1.8303	1.8090
27	2.9012	2.5106	2.2987	2.1655	2.0730	2.0045	1.9515	1.9091	1.8743	1.8451	1.8203	1.7989
28	2.8938	2.5028	2.2906	2.1571	2.0645	1.9959	1.9427	1.9001	1.8652	1.8359	1.8110	1.7895
29	2.8870	2.4955	2.2831	2.1494	2.0566	1.9878	1.9345	1.8918	1.8568	1.8274	1.8024	1.7808
30	2.8807	2.4887	2.2761	2.1422	2.0492	1.9803	1.9269	1.8841	1.8490	1.8195	1.7944	1.7727
40	2.8354	2.4404	2.2261	2.0910	1.9968	1.9269	1.8725	1.8289	1.7929	1.7627	1.7369	1.7146
50	2.8087	2.4120	2.1967	2.0608	1.9660	1.8954	1.8405	1.7963	1.7598	1.7292	1.7029	1.6802
60	2.7911	2.3933	2.1774	2.0410	1.9457	1.8747	1.8194	1.7748	1.7380	1.7070	1.6805	1.6574
70	2.7786	2.3800	2.1637	2.0269	1.9313	1.8600	1.8044	1.7596	1.7225	1.6913	1.6645	1.6413
80	2.7693	2.3701	2.1535	2.0165	1.9206	1.8491	1.7933	1.7483	1.7110	1.6796	1.6526	1.6292
90	2.7621	2.3625	2.1457	2.0084	1.9123	1.8406	1.7847	1.7395	1.7021	1.6705	1.6434	1.6199
100	2.7564	2.3564	2.1394	2.0019	1.9057	1.8339	1.7778	1.7324	1.6949	1.6632	1.6360	1.6124
250	2.7257	2.3239	2.1058	1.9675	1.8705	1.7978	1.7409	1.6949	1.6567	1.6244	1.5965	1.5723
500	2.7156	2.3132	2.0948	1.9561	1.8588	1.7859	1.7288	1.6825	1.6441	1.6115	1.5835	1.5590
∞	2.7055	2.3026	2.0838	1.9449	1.8473	1.7741	1.7167	1.6702	1.6315	1.5987	1.5705	1.5458

ผลิตโดยโปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

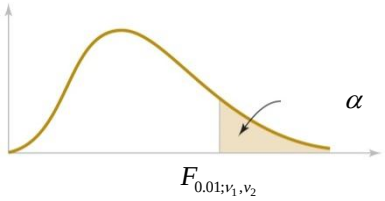


ตารางที่ 2 การแจกแจงเอฟ (ต่อ) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	ν_1											
ν_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	242.98	243.91
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.413
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8867	8.8452	8.8123	8.7855	8.7633	8.7446
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3882	6.2561	6.1631	6.0942	6.0410	5.9988	5.9644	5.9358	5.9117
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725	4.7351	4.7040	4.6777
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2067	4.1468	4.0990	4.0600	4.0274	3.9999
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767	3.6365	3.6030	3.5747
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8379	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881	3.3472	3.3130	3.2839
9	5.1174	4.2565	3.8625	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789	3.1373	3.1025	3.0729
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4781	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204	2.9782	2.9430	2.9130
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.9480	2.8962	2.8536	2.8179	2.7876
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964	2.7534	2.7173	2.6866
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144	2.6710	2.6347	2.6037
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1123	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458	2.6022	2.5655	2.5342
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876	2.5437	2.5068	2.4753
16	4.4940	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377	2.4935	2.4564	2.4247
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.8100	2.6987	2.6143	2.5480	2.4943	2.4499	2.4126	2.3807
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563	2.4117	2.3742	2.3421
19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227	2.3779	2.3402	2.3080
20	4.3512	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.5990	2.5140	2.4471	2.3928	2.3479	2.3100	2.2776
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.3660	2.3210	2.2829	2.2504
22	4.3010	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419	2.2967	2.2585	2.2258
23	4.2793	3.4221	3.0280	2.7955	2.6400	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201	2.2747	2.2364	2.2036
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002	2.2547	2.2163	2.1834
25	4.2417	3.3852	2.9912	2.7587	2.6030	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821	2.2365	2.1979	2.1649
26	4.2252	3.3690	2.9752	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655	2.2197	2.1811	2.1479
27	4.2100	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501	2.2043	2.1655	2.1323
28	4.1960	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.2360	2.1900	2.1512	2.1179
29	4.1830	3.3277	2.9340	2.7014	2.5454	2.4324	2.3463	2.2783	2.2229	2.1768	2.1379	2.1045
30	4.1709	3.3158	2.9223	2.6896	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107	2.1646	2.1256	2.0921
40	4.0847	3.2317	2.8387	2.6060	2.4495	2.3359	2.2490	2.1802	2.1240	2.0772	2.0376	2.0035
50	4.0343	3.1826	2.7900	2.5572	2.4004	2.2864	2.1992	2.1299	2.0734	2.0261	1.9861	1.9515
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2541	2.1665	2.0970	2.0401	1.9926	1.9522	1.9174
70	3.9778	3.1277	2.7355	2.5027	2.3456	2.2312	2.1435	2.0737	2.0166	1.9689	1.9283	1.8932
80	3.9604	3.1108	2.7188	2.4859	2.3287	2.2142	2.1263	2.0564	1.9991	1.9512	1.9105	1.8753
90	3.9469	3.0977	2.7058	2.4729	2.3157	2.2011	2.1131	2.0430	1.9856	1.9376	1.8967	1.8613
100	3.9361	3.0873	2.6955	2.4626	2.3053	2.1906	2.1025	2.0323	1.9748	1.9267	1.8857	1.8503
250	3.8789	3.0319	2.6407	2.4078	2.2501	2.1350	2.0463	1.9756	1.9174	1.8687	1.8271	1.7910
500	3.8601	3.0138	2.6227	2.3898	2.2320	2.1167	2.0279	1.9569	1.8986	1.8496	1.8078	1.7716
∞	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0986	2.0096	1.9384	1.8799	1.8307	1.7886	1.7522

ผลิตโดยโปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 2 การแจกแจงเอฟ (ต่อ) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

	ν_1											
ν_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4052.2	4999.5	5403.4	5624.6	5763.6	5859.0	5928.4	5981.1	6022.5	6055.8	6083.3	6106.3
2	98.503	99.000	99.166	99.249	99.299	99.333	99.356	99.374	99.388	99.399	99.408	99.416
3	34.116	30.817	29.457	28.710	28.237	27.911	27.672	27.489	27.345	27.229	27.133	27.052
4	21.198	18.000	16.694	15.977	15.522	15.207	14.976	14.799	14.659	14.546	14.452	14.374
5	16.258	13.274	12.060	11.392	10.967	10.672	10.456	10.289	10.158	10.051	9.9626	9.8883
6	13.745	10.925	9.7795	9.1483	8.7459	8.4661	8.2600	8.1017	7.9761	7.8741	7.7896	7.7183
7	12.246	9.5466	8.4513	7.8466	7.4604	7.1914	6.9928	6.8400	6.7188	6.6201	6.5382	6.4691
8	11.259	8.6491	7.5910	7.0061	6.6318	6.3707	6.1776	6.0289	5.9106	5.8143	5.7343	5.6667
9	10.561	8.0215	6.9919	6.4221	6.0569	5.8018	5.6129	5.4671	5.3511	5.2565	5.1779	5.1114
10	10.044	7.5594	6.5523	5.9943	5.6363	5.3858	5.2001	5.0567	4.9424	4.8491	4.7715	4.7059
11	9.6460	7.2057	6.2167	5.6683	5.3160	5.0692	4.8861	4.7445	4.6315	4.5393	4.4624	4.3974
12	9.3302	6.9266	5.9525	5.4120	5.0643	4.8206	4.6395	4.4994	4.3875	4.2961	4.2198	4.1553
13	9.0738	6.7010	5.7394	5.2053	4.8616	4.6204	4.4410	4.3021	4.1911	4.1003	4.0245	3.9603
14	8.8616	6.5149	5.5639	5.0354	4.6950	4.4558	4.2779	4.1399	4.0297	3.9394	3.8640	3.8001
15	8.6831	6.3589	5.4170	4.8932	4.5556	4.3183	4.1415	4.0045	3.8948	3.8049	3.7299	3.6662
16	8.5310	6.2262	5.2922	4.7726	4.4374	4.2016	4.0259	3.8896	3.7804	3.6909	3.6162	3.5527
17	8.3997	6.1121	5.1850	4.6690	4.3359	4.1015	3.9267	3.7910	3.6822	3.5931	3.5185	3.4552
18	8.2854	6.0129	5.0919	4.5790	4.2479	4.0146	3.8406	3.7054	3.5971	3.5082	3.4338	3.3706
19	8.1849	5.9259	5.0103	4.5003	4.1708	3.9386	3.7653	3.6305	3.5225	3.4338	3.3596	3.2965
20	8.0960	5.8489	4.9382	4.4307	4.1027	3.8714	3.6987	3.5644	3.4567	3.3682	3.2941	3.2311
21	8.0166	5.7804	4.8740	4.3688	4.0421	3.8117	3.6396	3.5056	3.3981	3.3098	3.2359	3.1730
22	7.9454	5.7190	4.8166	4.3134	3.9880	3.7583	3.5867	3.4530	3.3458	3.2576	3.1837	3.1209
23	7.8811	5.6637	4.7649	4.2636	3.9392	3.7102	3.5390	3.4057	3.2986	3.2106	3.1368	3.0740
24	7.8229	5.6136	4.7181	4.2184	3.8951	3.6667	3.4959	3.3629	3.2560	3.1681	3.0944	3.0316
25	7.7698	5.5680	4.6755	4.1774	3.8550	3.6272	3.4568	3.3239	3.2172	3.1294	3.0558	2.9931
26	7.7213	5.5263	4.6366	4.1400	3.8183	3.5911	3.4210	3.2884	3.1818	3.0941	3.0205	2.9578
27	7.6767	5.4881	4.6009	4.1056	3.7848	3.5580	3.3882	3.2558	3.1494	3.0618	2.9882	2.9256
28	7.6356	5.4529	4.5681	4.0740	3.7539	3.5276	3.3581	3.2259	3.1195	3.0320	2.9585	2.8959
29	7.5977	5.4204	4.5378	4.0449	3.7254	3.4995	3.3303	3.1982	3.0920	3.0045	2.9311	2.8685
30	7.5625	5.3903	4.5097	4.0179	3.6990	3.4735	3.3045	3.1726	3.0665	2.9791	2.9057	2.8431
40	7.3141	5.1785	4.3126	3.8283	3.5138	3.2910	3.1238	2.9930	2.8876	2.8005	2.7274	2.6648
50	7.1706	5.0566	4.1993	3.7195	3.4077	3.1864	3.0202	2.8900	2.7850	2.6981	2.6250	2.5625
60	7.0771	4.9774	4.1259	3.6490	3.3389	3.1187	2.9530	2.8233	2.7185	2.6318	2.5587	2.4961
70	7.0114	4.9219	4.0744	3.5996	3.2907	3.0712	2.9060	2.7765	2.6719	2.5852	2.5122	2.4496
80	6.9627	4.8807	4.0363	3.5631	3.2550	3.0361	2.8713	2.7420	2.6374	2.5508	2.4777	2.4151
90	6.9251	4.8491	4.0070	3.5350	3.2276	3.0091	2.8445	2.7154	2.6109	2.5243	2.4513	2.3886
100	6.8953	4.8239	3.9837	3.5127	3.2059	2.9877	2.8233	2.6943	2.5898	2.5033	2.4302	2.3676
250	6.7373	4.6911	3.8609	3.3950	3.0912	2.8748	2.7114	2.5830	2.4789	2.3925	2.3193	2.2565
500	6.6858	4.6478	3.8210	3.3569	3.0540	2.8381	2.6751	2.5469	2.4429	2.3565	2.2833	2.2204
∞	6.6349	4.6052	3.7816	3.3192	3.0173	2.8020	2.6393	2.5113	2.4073	2.3209	2.2477	2.1847

ผลิตโดยโปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์

		p										
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	.10	4.1282	5.7326	6.7725	7.5375	8.1391	8.6325	9.0493	9.4091	9.7249	10.006	10.259
	.05	6.0796	8.3308	9.7990	10.881	11.734	12.435	13.028	13.542	13.994	14.396	14.759
	.01	13.902	19.015	22.564	25.372	27.757	29.856	31.730	33.412	34.926	36.293	37.533
3	.10	3.3282	4.4674	5.1990	5.7376	6.1620	6.5110	6.8064	7.0619	7.2867	7.4870	7.6674
	.05	4.5007	5.9097	6.8245	7.5017	8.0371	8.4783	8.8525	9.1766	9.4620	9.7166	9.9460
	.01	8.2603	10.620	12.170	13.322	14.239	14.998	15.646	16.212	16.713	17.164	17.573
4	.10	3.0149	3.9756	4.5863	5.0348	5.3883	5.6791	5.9255	6.1389	6.3267	6.4943	6.6453
	.05	3.9265	5.0402	5.7571	6.2870	6.7064	7.0526	7.3465	7.6015	7.8263	8.0271	8.2083
	.01	6.5114	8.1198	9.1729	9.9583	10.583	11.101	11.542	11.925	12.263	12.565	12.839
5	.10	2.8497	3.7171	4.2636	4.6638	4.9790	5.2382	5.4579	5.6483	5.8159	5.9655	6.1004
	.05	3.6354	4.6017	5.2183	5.6731	6.0329	6.3299	6.5823	6.8014	6.9947	7.1674	7.3234
	.01	5.7023	6.9757	7.8042	8.4215	8.9131	9.3209	9.6687	9.9715	10.239	10.479	10.696
6	.10	2.7481	3.5584	4.0651	4.4352	4.7262	4.9655	5.1683	5.3440	5.4988	5.6369	5.7616
	.05	3.4605	4.3392	4.8956	5.3049	5.6284	5.8953	6.1222	6.3192	6.4931	6.6485	6.7890
	.01	5.2431	6.3305	7.0333	7.5560	7.9723	8.3177	8.6125	8.8693	9.0966	9.3003	9.4847
7	.10	2.6793	3.4512	3.9309	4.2803	4.5548	4.7803	4.9714	5.1369	5.2827	5.4128	5.5302
	.05	3.3441	4.1649	4.6813	5.0601	5.3591	5.6057	5.8153	5.9973	6.1579	6.3016	6.4314
	.01	4.9490	5.9193	6.5424	7.0050	7.3730	7.6784	7.9390	8.1662	8.3674	8.5477	8.7110
8	.10	2.6298	3.3740	3.8342	4.1685	4.4308	4.6462	4.8287	4.9867	5.1258	5.2500	5.3621
	.05	3.2612	4.0410	4.5288	4.8858	5.1672	5.3991	5.5962	5.7673	5.9183	6.0533	6.1753
	.01	4.7452	5.6354	6.2038	6.6248	6.9594	7.2369	7.4738	7.6803	7.8632	8.0272	8.1757
9	.10	2.5924	3.3158	3.7611	4.0841	4.3371	4.5447	4.7205	4.8727	5.0067	5.1264	5.2343
	.05	3.1992	3.9485	4.4149	4.7554	5.0235	5.2444	5.4319	5.5947	5.7384	5.8669	5.9830
	.01	4.5960	5.4280	5.9567	6.3473	6.6574	6.9145	7.1339	7.3251	7.4945	7.6463	7.7839
10	.10	2.5632	3.2703	3.7041	4.0180	4.2637	4.4652	4.6357	4.7833	4.9132	5.0292	5.1338
	.05	3.1511	3.8768	4.3266	4.6543	4.9120	5.1242	5.3042	5.4605	5.5984	5.7217	5.8331
	.01	4.4820	5.2702	5.7686	6.1361	6.4275	6.6690	6.8749	7.0544	7.2133	7.3559	7.4850
11	.10	2.5398	3.2338	3.6583	3.9649	4.2047	4.4012	4.5674	4.7112	4.8378	4.9508	5.0527
	.05	3.1127	3.8196	4.2561	4.5736	4.8230	5.0281	5.2021	5.3531	5.4863	5.6054	5.7130
	.01	4.3923	5.1460	5.6208	5.9701	6.2468	6.4759	6.6713	6.8414	6.9921	7.1272	7.2497
12	.10	2.5205	3.2039	3.6207	3.9214	4.1562	4.3485	4.5112	4.6518	4.7757	4.8861	4.9858
	.05	3.0813	3.7729	4.1987	4.5077	4.7502	4.9496	5.1187	5.2653	5.3946	5.5102	5.6146
	.01	4.3198	5.0459	5.5016	5.8363	6.1011	6.3202	6.5069	6.6696	6.8136	6.9426	7.0596
13	.10	2.5045	3.1790	3.5893	3.8849	4.1156	4.3045	4.4641	4.6021	4.7236	4.8320	4.9297
	.05	3.0552	3.7341	4.1509	4.4529	4.6897	4.8842	5.0491	5.1921	5.3181	5.4308	5.5326
	.01	4.2600	4.9635	5.4036	5.7262	5.9812	6.1920	6.3717	6.5280	6.6664	6.7905	6.9029
14	.10	2.4909	3.1578	3.5627	3.8540	4.0812	4.2671	4.4241	4.5599	4.6793	4.7859	4.8819
	.05	3.0332	3.7014	4.1105	4.4066	4.6385	4.8290	4.9903	5.1301	5.2534	5.3636	5.4631
	.01	4.2099	4.8945	5.3215	5.6340	5.8808	6.0847	6.2583	6.4095	6.5432	6.6631	6.7716
15	.10	2.4792	3.1397	3.5399	3.8275	4.0517	4.2349	4.3897	4.5235	4.6412	4.7462	4.8408
	.05	3.0143	3.6734	4.0760	4.3670	4.5947	4.7816	4.9399	5.0770	5.1979	5.3059	5.4034
	.01	4.1673	4.8359	5.2518	5.5558	5.7956	5.9936	6.1621	6.3087	6.4384	6.5547	6.6600
16	.10	2.4691	3.1240	3.5201	3.8045	4.0260	4.2070	4.3598	4.4919	4.6081	4.7116	4.8050
	.05	2.9980	3.6491	4.0461	4.3327	4.5568	4.7406	4.8962	5.0310	5.1498	5.2559	5.3517
	.01	4.1306	4.7855	5.1919	5.4885	5.7223	5.9152	6.0793	6.2221	6.3483	6.4615	6.5639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (ต่อ)

		p										
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	.10	2.4602	3.1102	3.5027	3.7843	4.0035	4.1825	4.3336	4.4642	4.5789	4.6813	4.7735
	.05	2.9837	3.6280	4.0200	4.3027	4.5237	4.7048	4.8580	4.9907	5.1077	5.2121	5.3064
	.01	4.0987	4.7418	5.1399	5.4301	5.6586	5.8471	6.0074	6.1468	6.2700	6.3804	6.4804
18	.10	2.4523	3.0980	3.4874	3.7665	3.9836	4.1608	4.3104	4.4396	4.5532	4.6544	4.7457
	.05	2.9712	3.6093	3.9970	4.2763	4.4944	4.6731	4.8243	4.9552	5.0705	5.1735	5.2664
	.01	4.0707	4.7034	5.0942	5.3788	5.6028	5.7874	5.9443	6.0807	6.2013	6.3093	6.4071
19	.10	2.4454	3.0872	3.4738	3.7506	3.9658	4.1415	4.2897	4.4177	4.5302	4.6305	4.7208
	.05	2.9600	3.5927	3.9766	4.2528	4.4685	4.6450	4.7944	4.9236	5.0375	5.1391	5.2308
	.01	4.0460	4.6694	5.0539	5.3336	5.5535	5.7346	5.8886	6.0223	6.1406	6.2465	6.3423
20	.10	2.4391	3.0775	3.4615	3.7364	3.9500	4.1243	4.2712	4.3981	4.5096	4.6090	4.6985
	.05	2.9500	3.5779	3.9583	4.2319	4.4452	4.6199	4.7676	4.8954	5.0079	5.1083	5.1990
	.01	4.0239	4.6392	5.0180	5.2933	5.5095	5.6876	5.8389	5.9703	6.0865	6.1905	6.2846
21	.10	2.4335	3.0688	3.4505	3.7236	3.9357	4.1087	4.2545	4.3804	4.4910	4.5896	4.6784
	.05	2.9410	3.5646	3.9419	4.2130	4.4244	4.5973	4.7435	4.8699	4.9813	5.0806	5.1703
	.01	4.0041	4.6122	4.9859	5.2572	5.4702	5.6455	5.7944	5.9238	6.0380	6.1403	6.2328
22	.10	2.4284	3.0609	3.4406	3.7120	3.9227	4.0946	4.2394	4.3644	4.4742	4.5720	4.6602
	.05	2.9329	3.5526	3.9270	4.1959	4.4055	4.5769	4.7217	4.8469	4.9572	5.0555	5.1443
	.01	3.9863	4.5878	4.9569	5.2246	5.4348	5.6076	5.7544	5.8818	5.9943	6.0950	6.1862
23	.10	2.4238	3.0537	3.4315	3.7015	3.9109	4.0817	4.2256	4.3498	4.4588	4.5560	4.6435
	.05	2.9255	3.5417	3.9136	4.1805	4.3883	4.5583	4.7018	4.8260	4.9353	5.0327	5.1207
	.01	3.9702	4.5657	4.9307	5.1952	5.4027	5.5733	5.7181	5.8438	5.9547	6.0541	6.1439
24	.10	2.4196	3.0471	3.4233	3.6918	3.9002	4.0700	4.2130	4.3364	4.4448	4.5413	4.6283
	.05	2.9188	3.5317	3.9013	4.1663	4.3727	4.5413	4.6838	4.8069	4.9153	5.0119	5.0991
	.01	3.9555	4.5456	4.9068	5.1684	5.3735	5.5420	5.6850	5.8092	5.9187	6.0168	6.1054
25	.10	2.4157	3.0411	3.4157	3.6830	3.8903	4.0592	4.2014	4.3241	4.4319	4.5279	4.6143
	.05	2.9126	3.5226	3.8900	4.1534	4.3583	4.5258	4.6672	4.7894	4.8969	4.9928	5.0793
	.01	3.9420	4.5272	4.8850	5.1439	5.3468	5.5135	5.6549	5.7775	5.8858	5.9827	6.0703
26	.10	2.4121	3.0356	3.4087	3.6749	3.8812	4.0492	4.1908	4.3129	4.4200	4.5155	4.6015
	.05	2.9070	3.5142	3.8796	4.1415	4.3451	4.5115	4.6519	4.7733	4.8800	4.9753	5.0611
	.01	3.9297	4.5104	4.8650	5.1215	5.3223	5.4873	5.6272	5.7485	5.8556	5.9514	6.0380
27	.10	2.4088	3.0305	3.4023	3.6673	3.8728	4.0401	4.1809	4.3024	4.4091	4.5040	4.5895
	.05	2.9017	3.5064	3.8701	4.1305	4.3329	4.4983	4.6378	4.7584	4.8644	4.9590	5.0443
	.01	3.9183	4.4948	4.8466	5.1008	5.2998	5.4632	5.6017	5.7218	5.8278	5.9226	6.0083
28	.10	2.4058	3.0257	3.3963	3.6604	3.8650	4.0316	4.1718	4.2927	4.3989	4.4934	4.5785
	.05	2.8969	3.4993	3.8612	4.1203	4.3217	4.4861	4.6248	4.7446	4.8500	4.9440	5.0287
	.01	3.9078	4.4805	4.8296	5.0817	5.2790	5.4409	5.5782	5.6972	5.8021	5.8960	5.9809
29	.10	2.4029	3.0213	3.3907	3.6539	3.8577	4.0237	4.1633	4.2837	4.3894	4.4835	4.5682
	.05	2.8924	3.4926	3.8530	4.1109	4.3112	4.4747	4.6127	4.7318	4.8366	4.9300	5.0143
	.01	3.8981	4.4672	4.8138	5.0640	5.2597	5.4203	5.5564	5.6743	5.7784	5.8714	5.9555
30	.10	2.4003	3.0172	3.3856	3.6479	3.8510	4.0163	4.1554	4.2754	4.3806	4.4743	4.5587
	.05	2.8882	3.4864	3.8454	4.1021	4.3015	4.4642	4.6014	4.7199	4.8241	4.9170	5.0008
	.01	3.8891	4.4549	4.7992	5.0476	5.2418	5.4012	5.5361	5.6531	5.7563	5.8485	5.9318
40	.10	2.3813	2.9878	3.3485	3.6046	3.8025	3.9633	4.0985	4.2149	4.3170	4.4078	4.4895
	.05	2.8582	3.4421	3.7907	4.0391	4.2316	4.3885	4.5205	4.6345	4.7345	4.8236	4.9039
	.01	3.8247	4.3672	4.6951	4.9308	5.1145	5.2648	5.3920	5.5020	5.5989	5.6855	5.7636

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (ต่อ)

		p										
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	.10	2.3701	2.9704	3.3265	3.5789	3.7737	3.9319	4.0647	4.1789	4.2791	4.3681	4.4482
	.05	2.8405	3.4159	3.7584	4.0020	4.1904	4.3437	4.4727	4.5839	4.6814	4.7683	4.8465
	.01	3.7870	4.3159	4.6343	4.8625	5.0401	5.1852	5.3078	5.4137	5.5069	5.5902	5.6652
60	.10	2.3627	2.9589	3.3119	3.5619	3.7546	3.9110	4.0422	4.1551	4.2539	4.3418	4.4208
	.05	2.8288	3.3987	3.7371	3.9774	4.1632	4.3141	4.4411	4.5504	4.6463	4.7317	4.8085
	.01	3.7622	4.2822	4.5944	4.8178	4.9913	5.1330	5.2525	5.3558	5.4466	5.5276	5.6007
70	.10	2.3574	2.9507	3.3016	3.5498	3.7411	3.8961	4.0262	4.1381	4.2360	4.3230	4.4013
	.05	2.8206	3.3864	3.7220	3.9600	4.1438	4.2932	4.4186	4.5267	4.6214	4.7056	4.7815
	.01	3.7447	4.2584	4.5663	4.7862	4.9569	5.0961	5.2135	5.3149	5.4040	5.4834	5.5551
80	.10	2.3534	2.9446	3.2938	3.5408	3.7309	3.8850	4.0143	4.1254	4.2226	4.3090	4.3866
	.05	2.8144	3.3773	3.7107	3.9470	4.1294	4.2775	4.4019	4.5089	4.6028	4.6862	4.7613
	.01	3.7317	4.2407	4.5453	4.7627	4.9313	5.0687	5.1845	5.2845	5.3723	5.4506	5.5211
90	.10	2.3504	2.9399	3.2878	3.5338	3.7231	3.8764	4.0050	4.1155	4.2122	4.2981	4.3753
	.05	2.8096	3.3702	3.7020	3.9370	4.1182	4.2654	4.3889	4.4952	4.5883	4.6711	4.7456
	.01	3.7216	4.2271	4.5291	4.7445	4.9115	5.0475	5.1621	5.2610	5.3478	5.4252	5.4949
100	.10	2.3479	2.9361	3.2831	3.5282	3.7168	3.8695	3.9976	4.1076	4.2039	4.2894	4.3662
	.05	2.8058	3.3646	3.6950	3.9289	4.1093	4.2557	4.3785	4.4842	4.5768	4.6591	4.7331
	.01	3.7136	4.2162	4.5163	4.7301	4.8957	5.0306	5.1442	5.2422	5.3283	5.4050	5.4740
250	.10	2.3348	2.9158	3.2574	3.4981	3.6830	3.8326	3.9578	4.0652	4.1591	4.2424	4.3172
	.05	2.7853	3.3344	3.6577	3.8860	4.0616	4.2038	4.3230	4.4253	4.5150	4.5945	4.6660
	.01	3.6708	4.1582	4.4476	4.6531	4.8118	4.9408	5.0492	5.1426	5.2245	5.2973	5.3629
500	.10	2.3305	2.9091	3.2489	3.4882	3.6719	3.8203	3.9445	4.0511	4.1442	4.2268	4.3009
	.05	2.7785	3.3244	3.6454	3.8718	4.0458	4.1866	4.3046	4.4059	4.4945	4.5732	4.6438
	.01	3.6567	4.1392	4.4251	4.6279	4.7843	4.9114	5.0181	5.1099	5.1904	5.2620	5.3264
∞	.10	2.3262	2.9024	3.2404	3.4783	3.6607	3.8081	3.9313	4.0370	4.1293	4.2112	4.2846
	.05	2.7718	3.3145	3.6332	3.8577	4.0301	4.1696	4.2863	4.3865	4.4741	4.5519	4.6217
	.01	3.6428	4.1203	4.4028	4.6028	4.7570	4.8822	4.9872	5.0775	5.1566	5.2270	5.2902

ผลิตโดยโปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 Percentage Points of the Dunn- Multiple Comparison Test

Error		Number of Comparisons (C)												
df	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
2	.10	4.243	5.243	6.081	6.816	7.480	8.090	8.656	9.188	9.691	11.890	13.741	15.371	16.845
	.05	6.164	7.582	8.774	9.823	10.769	11.639	12.449	13.208	13.927	17.072	19.721	22.054	24.163
	.01	14.071	17.248	19.925	22.282	24.413	26.372	28.196	29.908	31.528	38.620	44.598	49.865	54.626
3	.10	3.149	3.690	4.115	4.471	4.780	5.055	5.304	5.532	5.744	6.627	7.326	7.914	8.427
	.05	4.156	4.826	5.355	5.799	6.185	6.529	6.842	7.128	7.394	8.505	9.387	10.129	10.778
	.01	7.447	8.565	9.453	10.201	10.853	11.436	11.966	12.453	12.904	14.796	16.300	17.569	18.678
4	.10	2.751	3.150	3.452	3.699	3.909	4.093	4.257	4.406	4.542	5.097	5.521	5.870	6.169
	.05	3.481	3.941	4.290	4.577	4.822	5.036	5.228	5.402	5.562	6.214	6.714	7.127	7.480
	.01	5.594	6.248	6.751	7.166	7.520	7.832	8.112	8.367	8.600	9.556	10.294	10.902	11.424
5	.10	2.549	2.882	3.129	3.327	3.493	3.638	3.765	3.880	3.985	4.403	4.718	4.972	5.187
	.05	3.152	3.518	3.791	4.012	4.197	4.358	4.501	4.630	4.747	5.219	5.573	5.861	6.105
	.01	4.771	5.243	5.599	5.888	6.133	6.346	6.535	6.706	6.862	7.491	7.968	8.355	8.684
6	.10	2.428	2.723	2.939	3.110	3.253	3.376	3.484	3.580	3.668	4.015	4.272	4.477	4.649
	.05	2.959	3.274	3.505	3.690	3.845	3.978	4.095	4.200	4.296	4.675	4..956	5.182	5.372
	.01	4.315	4.695	4.977	5.203	5.394	5.559	5.704	5.835	5.954	6.428	6.782	7.068	7.308
7	.10	2.347	2.618	2.814	2.969	3.097	3.206	3.302	3.388	3.465	3.768	3.990	4.167	4.314
	.05	2.832	3.115	3.321	3.484	3.620	3.736	3.838	3.929	4.011	4.336	4.574	4.764	4.923
	.01	4.027	4.353	4.591	4.782	4.941	5.078	5.198	5.306	5.404	5.791	6.077	6.306	6.497
8	.10	2.289	2.544	2.726	2.869	2.987	3.088	3.176	3.254	3.324	3.598	3.798	3.955	4.086
	.05	2.743	3.005	3.193	3.342	3.464	3.569	3.661	3.743	3.816	4.105	4.316	4.482	4.621
	.01	3.831	4.120	4.331	4.498	4.637	4.756	4.860	4.953	5.038	5.370	5.613	5.807	5.969
9	.10	2.246	2.488	2.661	2.796	2.907	3.001	3.083	3.155	3.221	3.474	3.658	3.802	3.921
	.05	2.677	2.923	3.099	3.237	3.351	3.448	3.532	3.607	3.675	3.938	4.129	4.280	4.405
	.01	3.688	3.952	4.143	4.294	4.419	4.526	4.619	4.703	4.778	5.072	5.287	5.457	5.598
10	.10	2.213	2.446	2.611	2.739	2.845	2.934	3.012	3.080	3.142	3.380	3.552	3.686	3.796
	.05	2.626	2.860	3.027	3.157	3.264	3.355	3.434	3.505	3.568	3.813	3.989	4.128	4.243
	.01	3.580	3.825	4.002	4.141	2.256	4.354	4.439	4.515	4.584	4.852	5.046	5.199	5.326
11	.10	2.186	2.412	2.571	2.695	2.796	2.881	2.955	3.021	3.079	3.306	3.468	3.595	3.699
	.05	2.586	2.811	2.970	3.094	3.196	3.283	3.358	3.424	3.484	3.715	3.880	4.010	4.117
	.01	3.495	3.726	3.892	4.022	4.129	4.221	4.300	4.371	4.434	4.682	4.860	5.001	5.117
12	.10	2.164	2.384	2.539	2.658	2.756	2.838	2.910	2.973	3.029	3.247	3.402	3.522	3.621
	.05	2.553	2.770	2.924	3.044	3.141	3.224	3.296	3.359	3.416	3.636	3.793	3.916	4.017
	.01	3.427	3.647	3.804	3.927	4.029	4.114	4.189	4.256	4.315	4.547	4.714	4.845	4.953
13	.10	2.146	2.361	2.512	2.628	2.723	2.803	2.872	2.933	2.988	3.196	3.347	3.463	3.557
	.05	2.526	2.737	2.886	3.002	3.096	3.176	3.245	3.306	3.361	3.571	3.722	3.839	3.935
	.01	3.371	3.582	3.733	3.850	3.946	4.028	4.099	4.162	4.218	4.438	4.595	4.718	4.819
14	.10	2.131	2.342	2.489	2.603	2.696	2.774	2.841	2.900	2.953	3.157	3.301	3.413	3.504
	.05	2.503	2.709	2.854	2.967	3.058	3.135	3.202	3.261	3.314	3.518	3.662	3.775	3.867
	.01	3.324	3.528	3.673	3.785	3.878	3.956	4.024	4.084	4.138	4.347	4.497	4.614	4.710

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 Percentage Points of the Dunn- Multiple Comparison Test (ต่อ)

Error		Number of Comparisons (C)												
df	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
15	.10	2.118	2.325	2.470	2.582	2.672	2.748	2.814	2.872	2.924	3.122	3.262	3.370	3.459
	.05	2.483	2.685	2.827	2.937	3.026	3.101	3.166	3.224	3.275	3.472	3.612	3.721	3.810
	.01	3.285	3.482	3.622	3.731	3.820	3.895	3.961	4.019	4.071	4.271	4.414	4.526	4.618
16	.10	2.106	2.311	2.453	2.563	2.652	2.726	2.791	2.848	2.898	3.092	3.228	3.334	3.420
	.05	2.467	2.665	2.804	2.911	2.998	3.072	3.135	3.191	3.241	3.433	3.569	3.675	3.761
	.01	3.251	3.443	3.579	3.684	3.771	3.844	3.907	3.963	4.013	4.206	4.344	4.451	4.540
18	.10	2.088	2.287	2.426	2.532	2.619	2.691	2.753	2.808	2.857	3.043	3.174	3.275	3.358
	.05	2.439	2.631	2.766	2.869	2.953	3.024	3.085	3.138	3.186	3.370	3.499	3.599	3.681
	.01	3.195	3.379	3.508	3.609	3.691	3.760	3.820	3.872	3.920	4.102	4.231	4.332	4.414
20	.10	2.073	2.269	2.405	2.508	2.593	2.663	2.724	2.777	2.824	3.005	3.132	3.229	3.309
	.05	2.417	2.605	2.736	2.836	2.918	2.986	3.045	3.097	3.143	3.320	3.445	3.541	3.620
	.01	3.152	3.329	3.454	3.550	3.629	3.695	3.752	3.802	3.848	4.021	4.144	4.239	4.317
25	.10	2.047	2.236	2.367	2.466	2.547	2.614	2.672	2.722	2.767	2.938	3.058	3.149	3.224
	.05	2.379	2.558	2.683	2.779	2.856	2.921	2.976	3.025	3.069	3.235	3.351	3.440	3.513
	.01	3.077	3.243	3.359	3.449	3.521	3.583	3.635	3.682	3.723	3.882	3.995	4.081	4.152
30	.10	2.030	2.215	2.342	2.439	2.517	2.582	2.638	2.687	2.731	2.895	3.010	3.098	3.169
	.05	2.354	2.528	2.649	2.742	2.816	2.878	2.932	2.979	3.021	3.180	3.291	3.376	3.445
	.01	3.029	3.188	3.298	3.384	3.453	3.511	3.561	3.605	3.644	3.794	3.900	3.981	4.048
40	.10	2.009	2.189	2.312	2.406	2.481	2.544	2.597	2.644	2.686	2.843	2.952	3.036	3.103
	.05	2.323	2.492	2.608	2.696	2.768	2.827	2.878	2.923	2.963	3.113	3.218	3.298	3.363
	.01	2.970	3.121	3.225	3.305	3.370	3.425	3.472	3.513	3.549	3.689	3.787	3.862	3.923
60	.10	1.989	2.163	2.283	2.373	2.446	2.506	2.558	2.603	2.643	2.793	2.897	2.976	3.040
	.05	2.294	2.456	2.568	2.653	2.721	2.777	2.826	2.869	2.906	3.049	3.148	3.223	3.284
	.01	2.914	3.056	3.155	3.230	3.291	3.342	3.386	3.425	3.459	3.589	3.679	3.749	3.805
120	.10	1.968	2.138	2.254	2.342	2.411	2.469	2.519	2.562	2.600	2.744	2.843	2.918	2.978
	.05	2.265	2.422	2.529	2.610	2.675	2.729	2.776	2.816	2.852	2.987	3.081	3.152	3.209
	.01	2.859	2.994	3.087	3.158	3.215	3.263	3.304	3.340	3.372	3.493	3.577	3.641	3.693
∞	.10	1.949	2.114	2.226	2.311	2.378	2.434	2.482	2.523	2.560	2.697	2.791	2.862	2.920
	.05	2.237	2.388	2.491	2.569	2.631	2.683	2.727	2.766	2.300	2.928	3.016	3.083	3.137
	.01	2.806	2.934	3.022	3.089	3.143	3.186	3.226	3.260	3.289	3.402	3.480	3.539	3.587

Journal of the American Statistical Association, 1977, 72, 531-534, with permission of the author, P.A. Games, and the editor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 Percentage Point of the Studentized Maximum Modulus Distribution

Error		Number of Comparisons (C)							
df	α	2	3	4	5	6	10	15	21
4	.05	3.38	3.74	4.00	4.20	4.37	4.82	5.17	5.45
	.01	5.46	5.99	6.36	6.66	6.90	7.57	8.09	8.51
5	.05	3.09	3.40	3.62	3.79	3.93	4.31	4.61	4.85
	.01	4.70	5.11	5.40	5.63	5.81	6.33	6.74	7.08
6	.05	2.92	3.19	3.39	3.54	3.66	4.01	4.28	4.49
	.01	4.27	4.61	4.86	5.05	5.20	5.64	5.99	6.27
7	.05	2.80	3.06	3.24	3.38	3.49	3.80	4.05	4.25
	.01	4.00	4.30	4.51	4.68	4.81	5.20	5.50	5.75
8	.05	2.72	2.96	3.13	3.26	3.36	3.66	3.89	4.08
	.01	3.81	4.08	4.27	4.42	4.55	4.89	5.17	5.39
9	.05	2.66	2.89	3.05	3.17	3.27	3.55	3.77	3.95
	.01	3.67	3.92	4.10	4.24	4.35	4.67	4.92	5.13
10	.05	2.61	2.83	2.98	3.10	3.20	3.47	3.68	3.85
	.01	3.57	3.80	3.97	4.10	4.10	4.50	4.74	4.93
11	.05	2.57	2.78	2.93	3.05	3.14	3.40	3.60	3.77
	.01	3.48	3.71	3.87	3.99	4.09	4.37	4.59	4.78
12	.05	2.54	2.75	2.89	3.00	3.09	3.34	3.54	3.70
	.01	3.42	3.63	3.78	3.90	4.00	4.26	4.48	4.65
14	.05	2.49	2.69	2.83	2.94	3.02	3.26	3.45	3.60
	.01	3.32	3.52	3.66	3.77	3.85	4.10	4.30	4.46
16	.05	2.46	2.65	2.78	2.89	2.97	3.20	3.38	3.52
	.01	3.25	3.43	3.57	3.67	3.75	3.99	4.17	4.32
18	.05	2.43	2.62	2.75	2.85	2.93	3.15	3.32	3.46
	.01	3.19	3.37	3.50	3.60	3.68	3.90	4.07	4.22
20	.05	2.41	2.59	2.72	2.82	2.90	3.11	3.28	3.42
	.01	3.15	3.32	2.45	3.54	3.62	3.83	4.00	4.14
24	.05	2.38	2.56	2.68	2.77	2.85	3.06	3.22	3.35
	.01	3.09	3.25	3.37	3.46	3.53	3.73	3.89	4.02
30	.05	2.35	2.52	2.64	2.73	2.80	3.00	3.16	3.29
	.01	3.03	3.18	3.29	3.38	3.45	3.64	3.78	3.91
40	.05	2.32	2.49	2.60	2.69	2.76	2.95	3.10	3.22
	.01	2.97	3.12	3.22	3.30	3.37	3.54	3.68	3.80
60	.05	2.29	2.45	2.56	2.65	2.72	2.90	3.04	3.16
	.01	2.91	3.05	3.15	3.23	3.29	3.46	3.59	3.69
∞	.05	2.24	2.39	2.49	2.57	2.63	2.80	2.93	3.03
	.01	2.81	2.93	3.02	3.09	3.14	3.29	3.40	3.49

จาก R.E. Bechhofer and C.W. Dunnett (1982), Mutiple comparisons for orthogonal contrasts : Examples and table, Technometrics, 213-222. Reprinted with permission from Technometrics.

Copyright 1982 by the American Statistical Association and the American Society for Quality Control. All rig
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง