การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์

AN EFFICIENCY COMPARISON OF MULTIPLE COMPARISON TEST IN CASE OF HOMOGENEITY OF VARIANCE FOR THREE POPULATIONS BY USING R PROGRAM

กฤตพล ธีรธนิตนันท์

กำชัย สุภัทรกุล

ปารณัท สุขเจริญ

โศภน พงษ์ชาลี

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์

AN EFFICIENCY COMPARISON OF MULTIPLE COMPARISON TEST IN CASE OF HOMOGENEITY OF VARIANCE FOR THREE POPULATIONS BY USING R PROGRAM

กฤตพล ธีรธนิตนันท์
กำชัย สุภัทรกุล
ปารณัท สุขเจริญ
โศภน พงษ์ชาลี

b.00265569
i.....
TB00152

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN EFFICIENCY COMPARISON OF MULTIPLE COMPARISON TEST IN CASE OF HOMOGENEITY OF VARIANCE FOR THREE POPULATIONS BY USING R PROGRAM

KRITTAPON THERATANITNAN
KUMCHAI SUPHATARAKUL
PARANUT SUKCHAROEN
SOPON PONGCHALEE

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 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์ An Efficiency Comparison of Multiple Comparison Test in Case of Homogeneity of Variance for Three Populations by Using R Program		
ชื่อนักศึกษา	นายกฤตพล	ธีรธนิตนันท์	55051688
	นายกำชัย	สุภัทรกุล	55051694
	นายปารณัท	สุขเจริญ	55051768
	นายโศภน	พงษ์ชาลี	55051825
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร อาจารย์ที่ปรึกษา	
รศ.อุมาพร จันทศร กรรมการ	
ผศ.ดลชาติ ตันติวานิช กรรมการ	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์		
ชื่อนักศึกษา	นายกฤตพล	ธีรธนิตนันท์	55051688
	นายกำชัย	สุภัทรกุล	55051694
	นายปารณัท	สุขเจริญ	55051768
	นายโศภน	พงษ์ชาลี	55051825
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร		

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของฟิชเชอร์โดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี สถิติทดสอบของทูกีย์ สถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล และสถิติทดสอบของเชฟเฟ สำหรับทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยศึกษาจากข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ (5,5,5) (10,10,10) (30,30,30) (5,6,7) (10,12,14) และ (30,34,38) ในการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กำหนดค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ (4,4,4) และการคำนวณกำลังการทดสอบ กำหนดค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ (4,8,12) โดยที่ความแปรปรวนของแต่ละประชากรกำหนดเป็น 2 4 8 และ 16 ตามลำดับ กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1 ใช้โปรแกรมอาร์ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล ทำการจำลองข้อมูลซ้ำ 5,000 รอบในแต่ละสถานการณ์

ผลการวิจัยพบว่าสถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี สถิติทดสอบของทูกีย์ สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล และสถิติทดสอบของเชฟเฟ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบ พบว่าสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถานการณ์ที่ศึกษา และพบว่ากำลังการทดสอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นหรือความแปรปรวนลดลง

คำสำคัญ : การเปรียบเทียบพหุคูณ กำลังการทดสอบ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สถิติทดสอบของเชฟเฟ สถิติทดสอบของทูกีย์ สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี สถิติทดสอบของฟิชเชอร์โดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล สถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	An Efficiency Comparison of Multiple Comparison Test in Case of Homogeneity of Variance for Three Populations by Using R Program		
Students	Mr.Krittapon	Theratanitnan	55051688
	Mr.Kumchai	Suphatarakul	55051694
	Mr.Paranut	Sukcharoen	55051768
	Mr.Sopon	Pongchalee	55051825
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)		
Department	Statistics		
Academic Year	2015		
Advisor	Assistant Professor Dr.Autcha Araveeporn		

ABSTRACT

This research is a simulating research that aimed to study and to compare the efficiency of Fisher's least significant difference test, Bonferroni's test, Tukey's test, Duncan's new multiple range test, Student–Newman–Keul's test, and Scheffe's 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 (5,5,5), (10,10,10), (30,30,30), (5,6,7), (10,12,14), and (30,34,38). The population mean are set equal to (4,4,4) for calculating probability of type I error, and set equal to (4,8,12) for calculating power of a test. The population variances of each population are set equal to 2, 4, 8, and 16. 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 Bonferroni's test, Tukey's test, Student–Newman–Keul's test and Scheffe's test can control probability of type I error in all 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 or variance decreased.

Keywords : Multiple Comparison, Power of a Test, Probability of Type I Error, Scheffe's Test, Tukey's Test, Bonferroni's Test, Fisher's Least Significant Difference Test, Student–Newman–Keul's Test, Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

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

ขอขอบพระคุณ รศ.อุมาพร จันทศร และผศ.ดลชาติ ตันติวานิช คณะกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำข้อบกพร่อง ทำให้ปัญหาพิเศษนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์ ผศ.ดร.สิทธิชัย เจริญเศรษฐศิลป์ และคณาจารย์ภาควิชาสถิติทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณอัจฉรา แผ้วบาง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดาและมารดาของผู้จัดทำปัญหาพิเศษที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการทำงานมาโดยตลอดจนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นายกฤตพล ธีรธนิตนันท์
นายกำชัย สุภัทรกุล
นายปารณัท สุขเจริญ
นายโศภน พงษ์ชาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การแจกแจงของข้อมูล	5
2.1.1 การแจกแจงปรกติ	5
2.1.3 การแจกแจงแกมมา	8
2.2 การทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป	10
2.3 สถิติทดสอบการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากร	17
2.3.1 สถิติทดสอบของฟิชเชอร์โดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด	20
2.3.2 สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี	23
2.3.3 สถิติทดสอบของทูกีย์	25
2.3.4 สถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน	27
2.3.5 สถิติทดสอบของสตีวเดนต์–นิวแมน–คูล	30
2.3.6 สถิติทดสอบของเชฟเฟ	32
2.4 เกณฑ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบ	34
2.4.1 อัตราความผิดพลาด	35
2.4.2 เกณฑ์พิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1	36
2.4.3 ประเภทของกำลังการทดสอบ	37
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 การวางแผนการวิจัย	41
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 53

4.1.1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ 53

4.1.2 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา 63

4.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ 72

4.2.1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ 72

4.2.2 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา 81

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 90

5.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ 91

5.3 ข้อเสนอแนะ 92

5.3.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ 92

5.3.2 ด้านการศึกษาวิจัย 92

บรรณานุกรม 94

ภาคผนวก 97

ภาคผนวก ก คำสั่งโปรแกรมอาร์ ที่ใช้ในการวิจัย 98

ภาคผนวก ข ตารางสถิติ 105

ตารางที่ 1 การแจกแจงที 105

ตารางที่ 2 การแจกแจงเอฟ 106

ตารางที่ 3 ค่าวิกฤตของบอนเฟอร์โรนี 109

ตารางที่ 4 ค่าวิกฤตของพิสัยสตูเดนต์ไดซ์ 112

ตารางที่ 5 ค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคน 115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	3
2.1	รูปแบบค่าสังเกตของตัวอย่างสุ่มสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว	11
2.2	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว กรณีข้อมูลไม่ได้มาจากการทดลอง	14
2.3	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว กรณีข้อมูลได้มาจากการทดลอง	14
2.4	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับข้อมูลผลผลิตข้าวโพด	16
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นจริงของสมมุติฐานว่างและการสรุปผล	34
2.6	เกณฑ์ของ Bradley จำแนกตามระดับนัยสำคัญ	36
3.1	ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	41
3.2	พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สำหรับการแจกแจงปรกติ	41
3.3	พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สำหรับการแจกแจงแกมมา	42
3.4	พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงปรกติ	44
3.5	พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงแกมมา	46
4.1	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	54
4.2	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	57
4.3	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	60
4.4	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	63
4.5	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	66
4.6	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	69
4.7	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	72
4.8	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	75
4.9	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	78
4.10	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.11	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	84
4.12	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	87
5.1	สถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา	90
5.2	สถิติทดสอบที่มีกำลังทดสอบสูงที่สุด ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ μ และ σ^2	6
2.2	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (10,4) (10,8) และ (10,16)	7
2.3	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (5,8) (10,8) และ (15,8)	7
2.4	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ α เป็น 2 3 และ 4 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ β เป็น 4	9
2.5	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ α เป็น 4 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ β เป็น 2 3 และ 4	9
3.1	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,2) (4,4) (4,8) และ (4,16)	42
3.2	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (8,1/2) (4,1) (2,2) และ (1,4)	43
3.3	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,2) (8,2) และ (12,2)	44
3.4	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,4) (8,4) และ (12,4)	45
3.5	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,8) (8,8) และ (12,8)	45
3.6	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,16) (8,16) และ (12,16)	46
3.7	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (8,1/2) (32,1/4) และ (72,1/6)	47
3.8	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (4,1) (16,1/2) และ (36,1/3)	47
3.9	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (2,2) (8,1) และ (18,2/3)	48
3.10	การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (1,4) (4,2) และ (9,4/3)	48
3.11	แผนผังแสดงลำดับวิธีการดำเนินการวิจัย	52
4.1	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.2	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	56
4.3	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	58
4.4	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	59
4.5	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	61
4.6	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	62
4.7	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	64
4.8	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	65
4.9	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	67
4.10	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	68
4.11	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	70
4.12	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	71
4.13	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	73
4.14	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	74
4.15	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	76
4.16	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	77
4.17	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	79
4.18	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.19	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	82
4.20	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจกแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	83
4.21	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	85
4.22	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	86
4.23	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	88
4.24	กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาได้บางส่วนจากประชากรและใช้วิธีการทางสถิติทำการหาข้อสรุปเกี่ยวกับประชากรนั้น ๆ โดยทั่วไปแล้วกรณีศึกษาในเชิงอนุมานจะทำการประมาณค่าหรือทดสอบสมมุติฐาน เกี่ยวกับพารามิเตอร์ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะบางประการหรือธรรมชาติของประชากร จึงสามารถกล่าวได้ว่าสิ่งสำคัญสำหรับการอนุมานเชิงสถิตินั้นได้แก่ การประมาณค่า (Estimation) และการทดสอบสมมุติฐาน (Test of Hypothesis) (กษิภัท และคณะ, 2557, น.1)

ในการทดสอบสมมุติฐานเพื่อทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป นิยมใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ ซึ่งมีข้อกำหนดเบื้องต้น (Assumption) คือ ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากันหรือคงที่ และข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่เป็นอิสระกัน ภายหลังการทดสอบแล้วถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรไม่มีความแตกต่างกัน แต่ถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟ มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างน้อย 1 คู่ ที่มีความแตกต่างกัน การสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนยังไม่สามารถบอกได้ว่ามีประชากรคู่ไหนบ้างที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ผู้วิจัยต้องทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) เพื่อตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกัน

โดยทั่วไปแล้วการเปรียบเทียบพหุคูณจะกระทำภายหลังเมื่อทราบว่าค่าสถิติทดสอบเอฟ มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งทำให้อาจเรียกการเปรียบเทียบพหุคูณว่าการเปรียบเทียบภายหลัง (Posteriori Comparison or Post Hoc Analysis) สถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ มีอยู่หลายสถิติทดสอบ เช่น สถิติทดสอบของฟิชเชอร์โดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด (Fisher's Least Significant Difference Test : LSD) สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test) สถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey's Test) สถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) และสถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's Test) เป็นต้น (สายชล, 2558)

จากการเรียนในวิชาการวางแผนแบบการทดลอง (Experimental Designs) ผู้วิจัยพบว่าภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วถ้าผลการทดสอบสมมุติฐานปรากฏว่าค่าสถิติทดสอบเอฟมีนัยสำคัญหรือเกิดการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง (H_0) จะทำการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยใช้สถิติทดสอบใดสถิติทดสอบหนึ่งเท่านั้น ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่าถ้าใช้สถิติทดสอบอื่นแล้วพบว่าผลการทดสอบไม่สอดคล้องกัน เราควรเลือกใช้ผลการทดสอบจากสถิติทดสอบใด ผู้วิจัยคาดว่าควรจะต้องมีแนวทางในการเลือกใช้สถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณเป็นกรณี ๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบพหุคูณ และตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นต่าง ๆ มักนิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ MINITAB หรือ SPSS ในการวิเคราะห์ โดยในโปรแกรมสำเร็จรูปทั้งสองโปรแกรมจะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน โปรแกรม MINITAB จะมีความสามารถในการวิเคราะห์แผนการทดลองที่ซับซ้อนได้ดี และมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายกว่าโปรแกรม SPSS แต่สำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ โปรแกรม SPSS จะมีสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณให้ผู้ใช้ได้เลือกใช้มากกว่าโปรแกรม MINTAB โดยทั้งสองโปรแกรมล้วนเป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ (Commercial Software) ทำให้ผู้ใช้งานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งโปรแกรม

ในปัจจุบันโปรแกรมอาร์ (R) ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ไม่มีลิขสิทธิ์ (Open Source Software) ซึ่งผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีผ่านทางอินเตอร์เน็ต โดยสามารถดาวน์โหลดและติดตั้งในคอมพิวเตอร์ได้ทุกเครื่องที่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้อย่างหลากหลาย แล้วสามารถใช้ในการจำลองข้อมูลและวิเคราะห์ผลตามความต้องการของผู้ใช้ได้อีก เนื่องจากโปรแกรมอาร์เป็นโปรแกรมที่ไม่มีลิขสิทธิ์ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้มีผู้คิดค้นดัดแปลง Source Code หรือชุดคำสั่งต่าง ๆ ในรูปแบบแพ็กเกจ (Package) โดยผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดชุดคำสั่งเหล่านั้นมาติดตั้งเพิ่มเติมในโปรแกรมได้อย่างอิสระและไม่เสียค่าใช้จ่าย ซึ่งแตกต่างจากโปรแกรม MINITAB และ SPSS ที่ผู้ใช้ไม่สามารถเพิ่มชุดคำสั่งใด ๆ ภายในโปรแกรมได้เลย

ดังนั้นในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของฟิชเชอร์ สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี สถิติทดสอบของทูกีย์ สถิติทดสอบของดันแคน สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล และสถิติทดสอบของเชฟเฟ สำหรับทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์ ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ด้วยสถิติทดสอบของฟิชเชอร์ สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี สถิติทดสอบของทูกีย์ สถิติทดสอบของดันแคน สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล และสถิติทดสอบของเชฟเฟ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ด้วยสถิติทดสอบของฟิชเชอร์ สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี สถิติทดสอบของทูกีย์ สถิติทดสอบของดันแคน สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล และสถิติทดสอบของเชฟเฟ

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ ของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ด้วยสถิติทดสอบของฟิชเชอร์ สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี สถิติทดสอบของทูกีย์ สถิติทดสอบของดันแคน สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล และสถิติทดสอบของเชฟเฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ด้วยสถิติทดสอบของฟิชเชอร์ สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี สถิติทดสอบของทูกีย์ สถิติทดสอบของดันแคน สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล และสถิติทดสอบของเชฟเฟ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร

1.3.2 กำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 3 ประชากร

1.3.3 ศึกษาในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)	
เท่ากัน	ไม่เท่ากัน
(5,5,5) , (10,10,10) , (30,30,30)	(5,6,7) , (10,12,14) , (30,34,38)

1.3.4 ในทุกขนาดตัวอย่างจากจากตารางที่ 1.1 จะศึกษาจากข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 โดยมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น ดังนี้

$$f\left(x;\mu,\sigma^2\right) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2} & -\infty < x < \infty\,,\ -\infty < \mu < \infty\,,\ \sigma^2 > 0 \\ 0 & x \text{ เป็นค่าอื่น ๆ} \end{cases}$$

และ การแจกแจงแกมมา ด้วยพารามิเตอร์ α และ β โดยมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น ดังนี้

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

1.3.5 ในการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กำหนดค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเท่ากับ 4 โดยที่ความแปรปรวนเท่ากับ 2 4 8 และ 16 ตามลำดับ

1.3.6 ในการคำนวณกำลังการทดสอบ กำหนดระยะห่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเป็น 4 โดยที่ความแปรปรวนเท่ากับ 2 4 8 และ 16 ตามลำดับ

1.3.7 ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกสถานการณ์ กำหนดระดับนัยสำคัญในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1

1.3.8 ใช้โปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.2 ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรมอาร์ โดยกำหนดให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 3 ประชากร โดยมีการแจกแจง ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และขนาดตัวอย่างเป็นไปตามขอบเขตของการวิจัย

1.4.2 ทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 6 สถิติทดสอบ และบันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่าง ทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

1.4.3 หาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่าง 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 ตามลำดับ จะสรุปว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

1.4.5 จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรมอาร์ โดยกำหนดให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันทั้ง 3 ประชากร โดยมีการแจกแจง ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และขนาดตัวอย่างเป็นไปตามขอบเขตของการวิจัย

1.4.6 ทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 6 สถิติทดสอบ และบันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่าง ทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

1.4.7 หากำลังการทดสอบ โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่างหารด้วย 5,000

1.4.8 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ โดยสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Probability of Type I Error) หมายถึง ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง เมื่อสมมุติฐานว่างเป็นจริง เขียนแทนด้วย α

1.5.2 กำลังการทดสอบ (Power of a Test) หมายถึง ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง เมื่อสมมุติฐานว่างไม่เป็นจริง เขียนแทนด้วย $1-\beta$

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ

1.6.2 ทำให้สามารถเลือกใช้สถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ในแต่ละสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) มักนิยมทดสอบภายหลังเมื่อทราบว่าค่าสถิติทดสอบเอฟ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) มีนัยสำคัญทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป โดยมีข้อกำหนดเบื้องต้น (Assumption) คือ ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากันหรือคงที่ และข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่เป็นอิสระกัน

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแจกแจงต่าง ๆ ของข้อมูล การทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป และสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน

2.1 การแจกแจงของข้อมูล

โดยทั่วไปการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรหรือการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติจะมีข้อกำหนดเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลที่สุ่มได้นั้นมาจากประชากรที่ทราบล่วงหน้าว่ามีลักษณะการแจกแจงแบบใดแบบหนึ่ง เช่น การแจกแจงปรกติ การแจกแจงปัวซง หรือการแจกแจงแกมมา เป็นต้น

เนื่องจากในความเป็นจริงข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์อาจไม่ได้มีการแจกแจงปรกติเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการแจกแจง 2 ลักษณะ คือ ในกรณีที่ลักษณะข้อมูลเป็นแบบสมมาตรใช้การแจกแจงปรกติ และกรณีที่ลักษณะข้อมูลไม่สมมาตรใช้การแจกแจงแกมมา ซึ่งแต่ละการแจกแจงมีรายละเอียด ดังนี้

2.1.1 การแจกแจงปรกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีค่าต่อเนื่องที่สำคัญที่สุดคือการแจกแจงปรกติ ซึ่งเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีค่าส่วนมากใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มนั้น โดยจะมีค่าของตัวแปรสุ่มที่มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอย่างมากเป็นส่วนน้อย

การแจกแจงปรกติเกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.1733 (พ.ศ.2276) โดยนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ อับราฮัม เดอ มัวร์ (Abraham De Moivre) ซึ่งเขาได้ใช้โค้งการแจกแจงปรกติประมาณค่าความน่าจะเป็นที่เกี่ยวกับการโยนเหรียญจนนำไปสู่การประมาณผลรวมของตัวแปรสุ่มทวินาม ต่อมาในปี ค.ศ.1809 (พ.ศ.2352) คาร์ล ฟรีดริค เกาส์ (Gauss) นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้คิดค้นโค้งการแจกแจงปรกติจากการศึกษาเรื่องความคลาดเคลื่อนในการวัดปริมาณเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง การแจกแจงปรกติมีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า “การแจกแจงแบบเกาส์” (Gaussian distribution) และในระหว่างกลางศตวรรษที่ 19 นักสถิติชาวอังกฤษชื่อ คาร์ล เพียร์สัน (Karl Person) ได้ใช้โค้งการแจกแจงปรกติอธิบายลักษณะของข้อมูลส่วนใหญ่ ที่จะมีลักษณะเป็นโค้งระฆังคว่ำเกาส์เชียนและโดยเฉพาะเมื่อมีผู้คิดค้นทฤษฎีบทขีดจำกัดส่วนกลาง (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

$$f\left(x;\mu,\sigma^2\right) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2} & -\infty < x < \infty\,,\ -\infty < \mu < \infty\,,\ \sigma^2 > 0 \\ 0 & x \text{ เป็นค่าอื่น ๆ} \end{cases}$$

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

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

$$E(X) = \mu$$
$$V(X) = \sigma^2$$

คุณสมบัติของโค้งการแจกแจงปรกติ

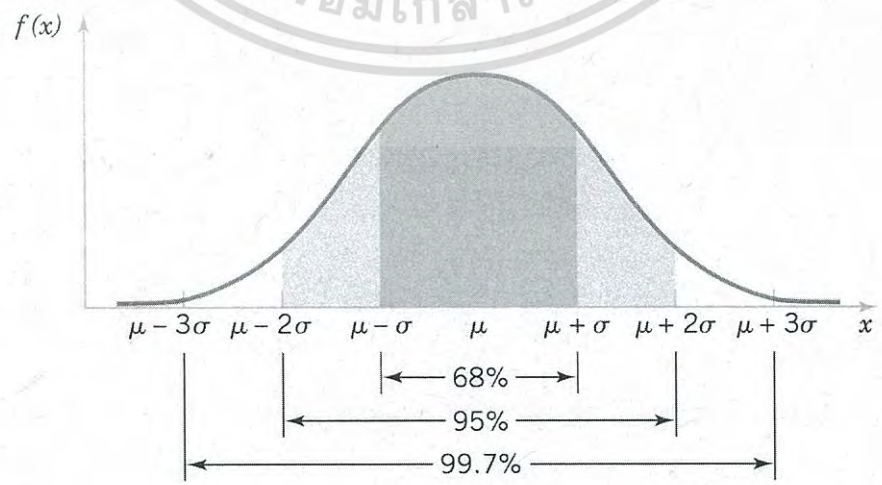
1. เส้นโค้งปรกติจะสมมาตรรอบจุดค่าเฉลี่ย μ โดยมีค่าเฉลี่ย μ เป็นจุดกึ่งกลาง ซึ่งแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยที่ครึ่งหนึ่ง (50%) ของพื้นที่ใต้โค้งปรกติจะอยู่ทางด้านขวาของจุดกึ่งกลาง และอีกครึ่งหนึ่ง (50%) ของพื้นที่ใต้โค้งปรกติจะอยู่ทางด้านซ้ายของจุดกึ่งกลาง

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

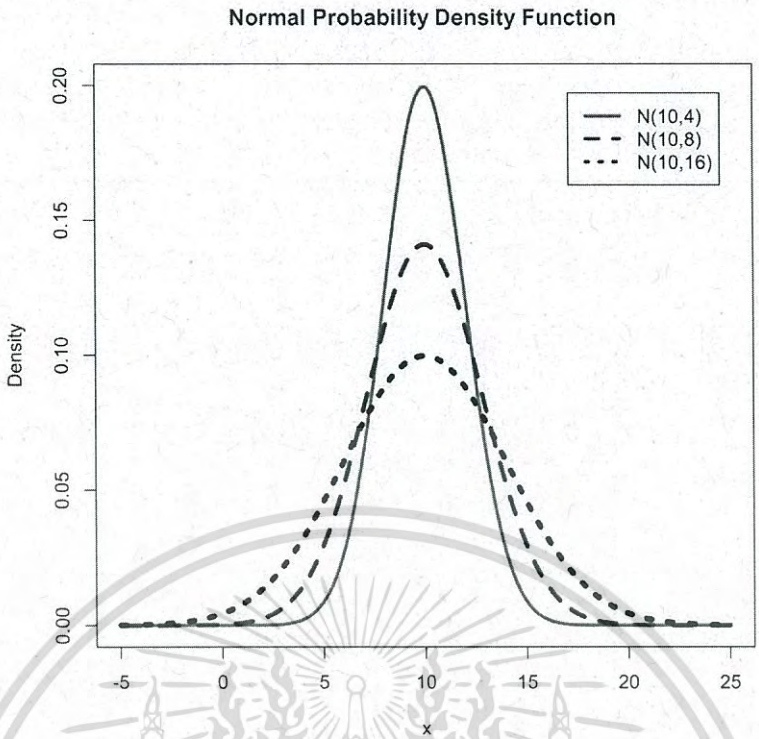
4. พารามิเตอร์ μ เป็นพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (Location Parameter) ทำให้โค้งปรกติมีจุดกึ่งกลางคือ μ ดังรูปที่ 2.3

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

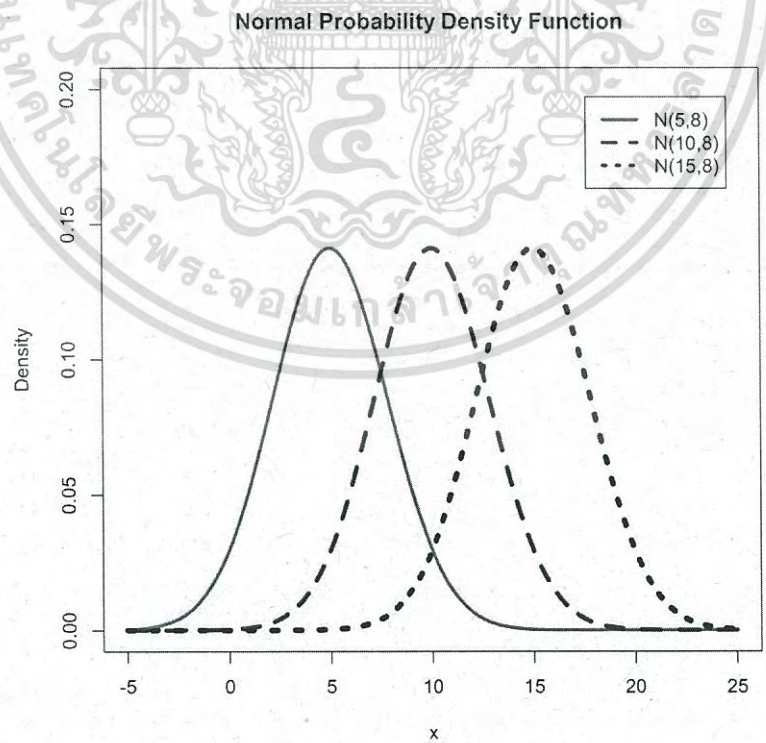


รูปที่ 2.1 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ μ และ σ^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (10,4) (10,8) และ (10,16)



รูปที่ 2.3 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (5,8) (10,8) และ (15,8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution)

การแจกแจงแกมมาเป็นส่วนขยายจากการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง เนื่องจากตัวแปรสุ่มแบบเลขชี้กำลังแสดงถึงระยะเวลาของการรอคอยจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเป็นครั้งแรก แต่ตัวแปรสุ่มแบบแกมมาแสดงถึงระยะเวลาของการรอคอยจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ที่สนใจครบ α ครั้ง ตัวแปรสุ่มทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในลักษณะรูปทั่วไปและรูปเฉพาะของกันและกัน กล่าวคือตัวแปรสุ่มแบบเลขชี้กำลังเป็นรูปเฉพาะของตัวแปรสุ่มแบบแกมมา ส่วนตัวแปรสุ่มแบบแกมมาจะเป็นรูปทั่วไปของตัวแปรสุ่มแบบเลขชี้กำลัง (สายชล, 2555, น.364)

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

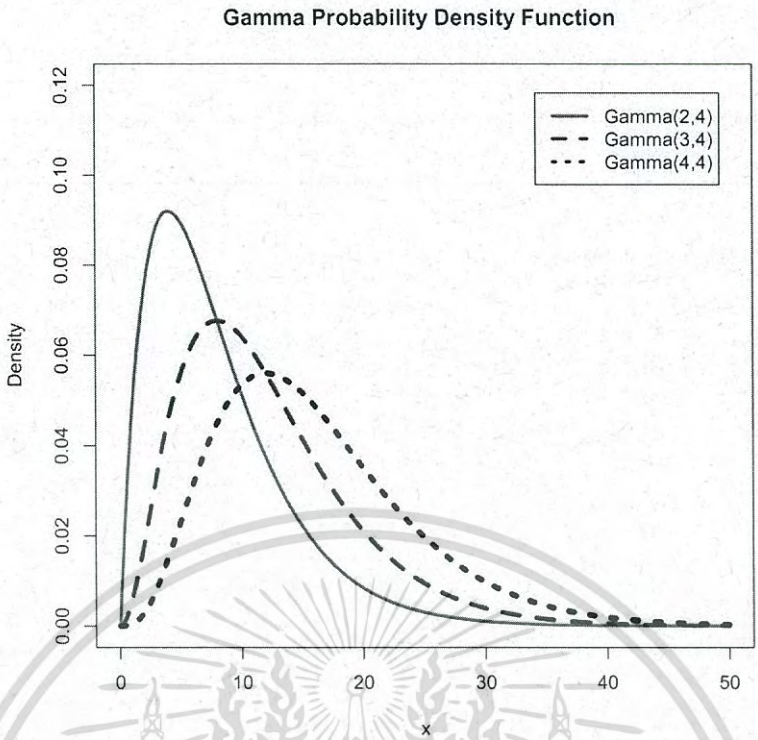
$$E(X) = \alpha\beta$$
$$V(X) = \alpha\beta^2$$

โดยกรณีพิเศษสำหรับการแจกแจงแกมมา มีดังนี้

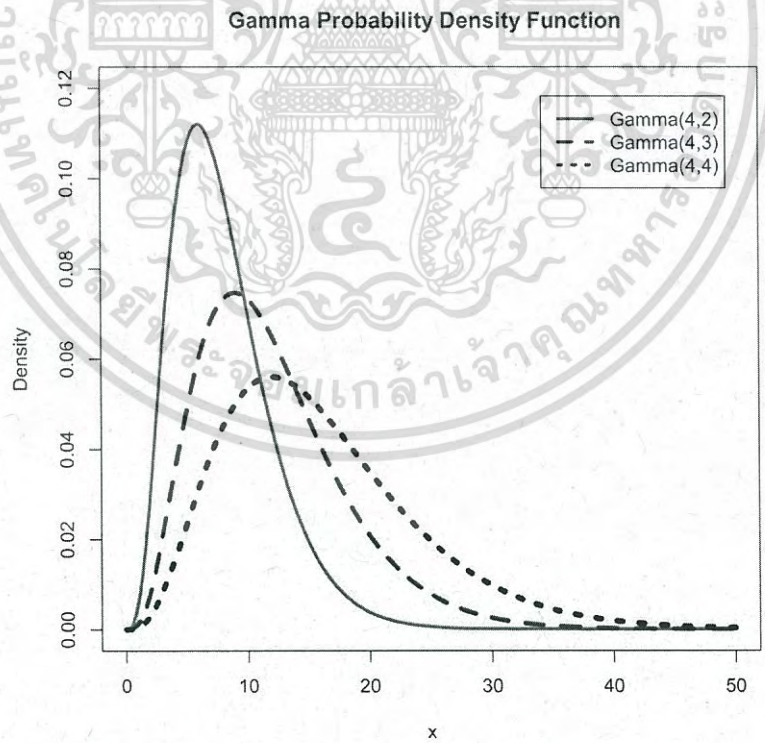
1. ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา ด้วยค่าพารามิเตอร์ $\alpha=1$ และ β แล้วตัวแปรสุ่ม X จะมี**การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง** (Exponential Distribution) ด้วยค่าพารามิเตอร์ β หรือ $X \sim Exponential(\beta)$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ α เป็น 2 3 และ 4 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ β เป็น 4



รูปที่ 2.5 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ α เป็น 4 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ β เป็น 2 3 และ 4

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, น.63)

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

แต่ถ้าข้อมูลที่นำมาทดสอบเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ตัวอย่างเช่น ในการปลูกข้าวโพด 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ A B และ C ผู้ทดลองต้องการเปรียบเทียบผลผลิตว่าสายพันธุ์ไหนให้ผลผลิตที่ดีกว่า จึงทำการเพาะปลูกในดินที่มีความสม่ำเสมอกันและมีการดูแลเหมือน ๆ กัน ข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดเป็นข้อมูลจากการทดลอง ในกรณีนี้เราจะไม่เรียกสายพันธุ์ข้าวโพดแต่ละสายพันธุ์ว่าประชากร แต่จะเรียกว่า **ทรีตเมนต์ (Treatment)** เรียกขนาดตัวอย่างหรือจำนวนครั้งในการทดลองของแต่ละสายพันธุ์ว่า **จำนวนซ้ำ (Replicate)** และเรียกผลผลิตของข้าวโพดที่ได้รับในแต่ละสายพันธุ์ว่า **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		
1	y_{11}	y_{12}	⋯	y_{1j}	⋯	y_{1n}	$y_{1\bullet}$	$\bar{y}_{1\bullet}$
2	y_{21}	y_{22}	⋯	y_{2j}	⋯	y_{2n}	$y_{2\bullet}$	$\bar{y}_{2\bullet}$
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
i	y_{i1}	y_{i2}	⋯	y_{ij}	⋯	y_{in}	$y_{i\bullet}$	$\bar{y}_{i\bullet}$
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
a	y_{a1}	y_{a2}	⋯	y_{aj}	⋯	y_{an}	$y_{a\bullet}$	$\bar{y}_{a\bullet}$
รวม							$y_{\bullet\bullet}$	$\bar{y}_{\bullet\bullet}$

เมื่อ y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j ที่ได้รับจากประชากรที่ i

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

$\bar{y}_{i\bullet} = \frac{y_{i\bullet}}{n_i}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมดที่ได้รับจากประชากรที่ i

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

$\bar{y}_{\bullet\bullet} = \frac{y_{\bullet\bullet}}{N}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

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

สำหรับการทดสอบสมมุติฐานโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way analysis of variance) สมมุติฐานทางสถิติที่ต้องการทดสอบคือ

สมมุติฐาน

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

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

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

ถ้า **ปฏิเสธสมมุติฐานว่าง** 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 กับค่าเฉลี่ยของประชากร เรียกว่า **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 ผลบวกกำลังสองของทรีตเมนต์ (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 $SST = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \frac{y_{\bullet\bullet}^2}{N}$

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

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

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

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i}(\bar{y}_{i\cdot}-\bar{y}_{\cdot\cdot})^2 \Big/ (a-1)}{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij}-\bar{y}_{i\cdot})^2 \Big/ (N-a)}$$

เขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อค่าสถิติทดสอบ 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 2.2–2.3

ตารางที่ 2.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว กรณีข้อมูลไม่ได้มาจากการทดลอง

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		

ตารางที่ 2.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว กรณีข้อมูลได้มาจากการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน (Source of Variation)	องศาเสรี (Degree of Freedom)	ผลบวกกำลังสอง (Sum of Squares)	กำลังสองเฉลี่ย (Mean Squares)	F
ระหว่างทรีตเมนต์ (Between Treatment)	$a-1$	$SSTr$	$MSTr$	$\frac{MSTr}{MSE}$
ภายในทรีตเมนต์ หรือความคลาดเคลื่อน (Within Treatment or Experimental Error)	$N-a$	SSE	MSE	
รวม (Total)	$N-1$	SST		

ความแตกต่างระหว่างตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3 เป็นความแตกต่างของการเรียกชื่อและสัญลักษณ์เท่านั้นดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในส่วนสูตรการคำนวณค่าสถิตต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน ต่อไปนี้การกล่าวถึงสถิติตัวใด ในกรณีที่ข้อมูลจะได้มาจากการทดลองหรือไม่ก็ตาม ให้ดูเทียบเคียงความหมายได้จากตารางที่ 2.2 และ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2.1 ในการปลูกข้าวโพด 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ A B และ C ผู้ทดลองต้องการเปรียบเทียบผลผลิตว่าสายพันธุ์ไหนให้ผลผลิตที่ดีกว่า จึงทำการเพาะปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ลงในดินที่มีความสม่ำเสมอกันและมีการดูแลรักษาเหมือน ๆ กัน ทั้ง 15 แปลง เมื่อครบกำหนดเก็บเกี่ยวผู้ทดลองได้ชั่งน้ำหนักผลผลิต (หน่วย : กิโลกรัม) ในแต่ละแปลง ได้ผลดังนี้

สายพันธุ์	ผลผลิตต่อแปลง					ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน
	1	2	3	4	5	$y_{i\bullet}$	$\bar{y}_{i\bullet}$	S_i^2
A	3.9	3.8	6.5	5.9	3.3	23.4	4.68	2.022
B	5.7	7.1	6.4	6.0	5.8	31.0	6.20	0.325
C	8.3	6.9	8.3	5.6	7.1	36.2	7.24	1.268
รวม						90.6	6.04	2.217

สมมุติว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นทั้ง 3 ข้อ จงทดสอบว่าข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ให้ผลผลิตข้าวโพดโดยเฉลี่ยแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีทำ

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

$H_1: \ \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 ค่าของ $i \neq j$ โดยที่ $i, j = 1, 2, 3$

คำนวณค่าผลบวกกำลังสอง

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

$$= (3.9)^2 + (3.8)^2 + \cdots + (7.1)^2 - \frac{90.6^2}{15}$$

$$= 31.036$$

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

$$= \frac{(23.4)^2 + (31)^2 + (36.2)^2}{5} - \frac{90.6^2}{15}$$

$$= 16.576$$

$$SSE = SST - SSTr$$

$$= 31.036 - 16.576$$

$$= 14.46$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่ากำลังสองเฉลี่ย

$$MSTr = \frac{SSTr}{a-1} = \frac{16.576}{3-1} = 8.288$$

$$MSE = \frac{SSE}{N-a} = \frac{14.46}{15-3} = 1.205$$

ผลการวิเคราะห์สรุปเป็นตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับข้อมูลผลผลิตข้าวโพด

แหล่งความแปรปรวน	*df*	*SS*	*MS*	*F*
สายพันธุ์	2	16.576	8.288	6.878
ความคลาดเคลื่อน	12	14.46	1.205	
รวม	14	31.036		

จากภาคผนวก ข ตารางที่ 2 จะได้ว่า $F_{0.05;2,12} = 3.8853$ เพราะว่า $F = 6.878$ มีค่ามากกว่า 3.8853 จึงปฏิเสธสมมุติฐานว่าง นั่นคือข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่สายพันธุ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สถิติทดสอบการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากร

ในการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ในการทดสอบสมมุติฐานถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟไม่มีนัยสำคัญทางสถิติหรือเกิดการยอมรับสมมุติฐานว่าง แสดงว่าไม่มีค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดที่มีความแตกต่างกัน แต่ถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟมีนัยสำคัญทางสถิติหรือเกิดการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างน้อย 1 คู่ ที่มีความแตกต่างกัน การสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวนี้ยังไม่สามารถบอกได้ว่ามีประชากรคู่ไหนบ้างที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรเป็นขั้นต่อไป โดยสามารถแบ่งวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ (สิทธิชัย, 2558, น.35)

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 ในขณะที่การเปรียบเทียบที่ไม่ได้ว่างแผนไว้ล่วงหน้า จำนวนคู่ของการเปรียบเทียบจะมีมากขึ้นกว่าการเปรียบเทียบที่มีการวางแผนล่วงหน้า

2. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรที่ไม่มีการวางแผนล่วงหน้า (Unplanned Multiple Comparisons)

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

เมื่อผลการทดสอบสมมุติฐานดังกล่าวพบว่าปฏิเสธสมมุติฐานว่าง จึงทดสอบขั้นต่อไปด้วยการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ซึ่งจำนวนคู่ของการเปรียบเทียบจะมีจำนวนเท่ากับกฎของการเลือกคือ $^aC_2$ เมื่อ a คือ จำนวนค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งหมดที่ต้องการทำการเปรียบเทียบ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Kirk (2013, p.165) กล่าวว่า โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ (multiple comparison procedures) จะใช้ตัวสถิติตัวใดตัวหนึ่งจาก 3 ตัวสถิตินี้

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

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

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

เมื่อ $\hat{\psi}$ คือ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

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

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

c_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการเปรียบเทียบที่ i

$\bar{Y}_{i\bullet}$ 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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 และในแต่ละครั้งของการเปรียบเทียบจะมีสมมุติฐานทางสถิติดังนี้

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

และตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 จะลดรูป (simplifies) เป็นดังนี้

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

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

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

โดยข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ จะเหมือนกับข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือ

1. ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ
2. ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากันหรือคงที่
3. ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่เป็นอิสระกัน

และอาจเลือกใช้สถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 สถิติทดสอบของฟิชเชอร์โดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด (Fisher's Least Significant Difference Test : LSD)

สถิติทดสอบ LSD ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดคู่หนึ่ง ถ้ามีค่าเฉลี่ยหลายคู่มักใช้เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรที่อยู่ติดกันทีละคู่ เมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งหมดถูกจัดเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

สมมุติว่าจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้สถิติทดสอบเอฟ พบว่าเกิดการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง เราต้องการที่จะทดสอบว่า $H_0:\ \mu_i = \mu_j$ ทุก $i \neq j$ ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยใช้การทดสอบที (t-test) ในกรณีความแปรปรวนทั้งสองประชากรไม่แตกต่างกัน $\left(\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2\right)$ โดยที่ตัวสถิติทดสอบคือ

$$t = \frac{\bar{y}_{1\bullet} - \bar{y}_{2\bullet}}{\sqrt{S_p^2\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}}$$

และพิจารณา

$$\begin{aligned} S_p^2 &= \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \\ &= \frac{\sum_{j=1}^{n_1}\left(y_{1j}-\bar{y}_{1\bullet}\right)^2 + \sum_{j=1}^{n_2}\left(y_{2j}-\bar{y}_{2\bullet}\right)^2}{n_1+n_2-2} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{n_i}\left(y_{ij}-\bar{y}_{i\bullet}\right)^2}{n_1+n_2-2} \\ &= \frac{SSE}{N-a} \\ &= MSE \end{aligned}$$

นั่นคือ

$$t = \frac{\bar{y}_{1\bullet} - \bar{y}_{2\bullet}}{\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}}$$

และในการทดสอบ $H_0:\ \mu_i = \mu_j$ คู่ของ μ_i และ μ_j จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ถ้าหาก

$$|t| \geq t_{\frac{\alpha}{2};n_1+n_2-2}$$

หรือ

$$|\bar{y}_{1\bullet} - \bar{y}_{2\bullet}| \geq t_{\frac{\alpha}{2};n_1+n_2-2}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}$$

ดังนั้นจำนวน $LSD = t_{\frac{\alpha}{2};n_1+n_2-2}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}$ เรียกว่า "ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด (Least Significant Difference)" (ปารเมศ, 2545, น.93) และตัวสถิติทดสอบสำหรับการทดสอบของฟิชเชอร์โดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสถิติทดสอบ

$$t = \frac{\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}}{\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}}$$

เขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ $|t| \geq t_{\frac{\alpha}{2};\nu}$

เมื่อ $t_{\frac{\alpha}{2};\nu}$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางการแจกแจงที (ภาคผนวก ข ตารางที่ 1) ที่ระดับนัยสำคัญ $\frac{\alpha}{2}$ และ ν เป็นจำนวนองศาเสรีของความคลาดเคลื่อน

MSE คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

n_i, n_j คือ ขนาดตัวอย่างของประชากรที่ i และ j ที่ต้องการเปรียบเทียบ ตามลำดับ

เพราะว่าจะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ

$$|t| \geq t_{\frac{\alpha}{2};\nu}$$

นั่นคือ $$\left|\frac{\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}}{\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}}\right| \geq t_{\frac{\alpha}{2};\nu}$$

เนื่องจากค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนและขนาดตัวอย่างมีค่าเป็นบวกเสมอ จึงทำให้ตัวส่วนของตัวสถิติทดสอบมีค่าเป็นบวกเสมอด้วย

ดังนั้น $$\frac{\left|\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}\right|}{\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}} \geq t_{\frac{\alpha}{2};\nu}$$

จะได้ว่าจะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ

$$\left|\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}\right| \geq t_{\frac{\alpha}{2};\nu}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย้ายข้างอสมการข้างต้นแสดงให้เห็นว่า เพื่อความสะดวกอาจคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$LSD_{\alpha} = t_{\frac{\alpha}{2};\nu}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

โดยจะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ

$$\left|\bar{y}_{i\bullet}-\bar{y}_{j\bullet}\right| \geq LSD_{\alpha}$$

และจะเป็นไปในทำนองนี้ทุกตัวสถิติทดสอบ

ในการใช้สถิติทดสอบ LSD จะต้องใช้อย่างระมัดระวัง เนื่องจากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างประชากร ตัวสถิติทดสอบจะมีการแจกแจงทีจริงก็ต่อเมื่อมีจำนวนประชากรทั้งหมดเพียง 2 ประชากรเท่านั้น (สายชล, 2558, น.104)

ตัวอย่างที่ 2.2 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยใช้สถิติทดสอบ LSD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$LSD_{\alpha} = t_{\frac{\alpha}{2};\nu}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ว่า $t_{0.025;12} = 2.1788$ และขนาดตัวอย่างคือ $n_1 = n_2 = n_3 = 5$

ดังนั้น $$LSD_{0.05} = 2.1788\sqrt{1.205\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}$$

$$= 1.5127$$

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร

$\left\|\bar{y}_{1\bullet}-\bar{y}_{2\bullet}\right\|$	=	$\left\|4.68-6.20\right\|$	=	1.52	>	1.5127 *
$\left\|\bar{y}_{1\bullet}-\bar{y}_{3\bullet}\right\|$	=	$\left\|4.68-7.24\right\|$	=	2.56	>	1.5127 *
$\left\|\bar{y}_{2\bullet}-\bar{y}_{3\bullet}\right\|$	=	$\left\|6.20-7.24\right\|$	=	1.04	<	1.5127

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการแสดงผลของการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรรายคู่ สามารถแสดงได้โดยการจัดเรียงค่าเฉลี่ยของประชากรที่ใช้ในการเปรียบเทียบ แล้วขีดเส้นร่วมใต้ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน หรือการให้อักษร โดยให้อักษรตัวเดียวกันหรือร่วมกันแก่ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนี้

สายพันธุ์	A	B	C
น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย	4.68	6.20	7.24
		———	
หรือ	a	b	b

ดังนั้นข้าวโพดสายพันธุ์ B และ C ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3.2 สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test)

สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนีพัฒนามาจากสถิติทดสอบ LSD โดยจะนำจำนวนคู่ของประชากรที่ใช้ในการเปรียบเทียบมาพิจารณาในการหาค่าวิกฤตด้วย จากการใช้การทดสอบที (t–test) สำหรับทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณี 2 ประชากร จะพบว่าการกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเป็น α แต่ในการเปรียบเทียบพหุคูณจะต้องทำการทดสอบ $H_0 : \mu_i = \mu_j$ พร้อมกันถึง ${}^aC_2$ คู่ ทำให้ระดับนัยสำคัญรวมของการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น (มากกว่า α) หรือกล่าวได้ว่าระดับนัยสำคัญ α จะเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนคู่ของการเปรียบเทียบ (S) เพิ่มขึ้น หรือเมื่อจำนวนประชากร (a) เพิ่มขึ้น เช่น $a=3$ จำนวนคู่การเปรียบเทียบในการทดสอบสมมุติฐานคือ 3 คู่การเปรียบเทียบทำให้ระดับนัยสำคัญรวมของการทดสอบเป็น $1-(1-\alpha)^3$ เช่น $\alpha=0.05$ จะพบว่าระดับนัยสำคัญรวมของการทดสอบจำนวน 3 คู่ คือ $1-(1-0.05)^3=0.1426$ ซึ่งมากกว่า $\alpha=0.05$ ที่กำหนดไว้เดิม แต่สถิติทดสอบ LSD ยังคงใช้ระดับนัยสำคัญ α เท่าที่กำหนดเดิมสำหรับใช้ในการทดสอบ $H_0 : \mu_i = \mu_j$ พร้อมกันถึง ${}^aC_2 = \frac{a!}{2!(a-2)!} = \frac{a(a-1)}{2}$ คู่ ซึ่งอาจจะทำให้การสรุปผลไม่ถูกต้อง สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนีจึงแก้ไขข้อเสียดังกล่าวของสถิติทดสอบ LSD โดยปรับค่า α ของการทดสอบแต่ละคู่เป็น $\alpha^* = \frac{\alpha}{S} = \frac{\alpha}{{}^aC_2} = \frac{2\alpha}{a(a-1)}$

ถ้าใช้สถิติทดสอบ LSD จะทำให้มีโอกาสปฏิเสธสมมุติฐานว่างมากกว่าการใช้สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี เนื่องจากสถิติทดสอบ LSD มีระดับนัยสำคัญในแต่ละการทดสอบเป็น α ส่วนสถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนีเป็น $\frac{2\alpha}{a(a-1)}$ (สายชล, 2558, น.108)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสถิติทดสอบ

$$tB = \frac{\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}}{\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}}$$

เขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ $|\ tB\ | \geq t_{\frac{\alpha}{2S};\nu}$

เมื่อ $t_{\frac{\alpha}{2S};\nu}$ คือ ค่าที่เปิดจากตารางค่าวิกฤตของบอนเฟอร์โรนี (ภาคผนวก ข ตารางที่ 3) และ S เป็นจำนวนคู่การเปรียบเทียบ โดยใช้จำนวนองศาเสรีของความคลาดเคลื่อน ν หรืออาจเปิดจากตารางการแจกแจงที (ภาคผนวก ข ตารางที่ 1) ได้ตามปกติ โดยที่ค่าของ $\frac{\alpha}{2S}$ ที่ไม่ปรากฏในตารางให้ประมาณค่าด้วยวิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์ (Interpolation)

MSE คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

n_i, n_j คือ ขนาดตัวอย่างของประชากรที่ i และ j ที่ต้องการเปรียบเทียบ ตามลำดับ

หรือเพื่อความสะดวกอาจคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$B_\alpha = t_{\frac{\alpha}{2S};\nu}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

โดยจะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ

$$\left|\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}\right| \geq B_\alpha$$

ตัวอย่างที่ 2.3 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยใช้สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$B_\alpha = t_{\frac{\alpha}{2S};\nu}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

จำนวนคู่ของการเปรียบเทียบที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ

$$S = {}^3C_2 = 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ $\alpha = 0.05$ และ $\nu = 12$ เปิดตารางค่าวิกฤตของบอนเฟอร์โรนี จะได้ว่า $t_{\frac{0.05}{2(3)};12} = 2.7795$

ดังนั้น $B_{0.05} = 2.7795\sqrt{1.205\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}$

$= 1.9297$

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร

$\lvert\bar{y}_{1\bullet} - \bar{y}_{2\bullet}\rvert$	=	$\lvert 4.68 - 6.20\rvert$	=	1.52	<	1.9297
$\lvert\bar{y}_{1\bullet} - \bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 4.68 - 7.24\rvert$	=	2.56	>	1.9297 *
$\lvert\bar{y}_{2\bullet} - \bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 6.20 - 7.24\rvert$	=	1.04	<	1.9297

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สายพันธุ์	A	B	C
น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย	4.68	6.20	7.24
	————		
		————	
หรือ	a	ab	b

ดังนั้นข้าวโพดสายพันธุ์ A และ B กับ B และ C ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3.3 สถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey's Test)

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรของทูกีย์ เสนอโดย Tukey, J. W. (1953) เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่คล้ายกับสถิติทดสอบ LSD กล่าวคือใช้ค่าวิกฤตเพียงค่าเดียวในการเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรทุกคู่ แต่ในการหาค่าวิกฤตในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกคู่ที่เป็นไปได้นั้น จะใช้ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (Significant Studentized Range) โดยที่จำนวนประชากรทั้งหมดจะนำมาพิจารณาในการคำนวณค่าวิกฤตด้วย

โดย Tukey (1953) ได้เสนอสถิติทดสอบสำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากัน โดยมีตัวสถิติทดสอบดังนี้

$$qT = \frac{\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}}{\sqrt{\frac{MSE}{n}}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมา Kramer, C. Y. (1956) ได้ปรับแก้สถิติทดสอบของทูกีย์ ให้สามารถทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรในกรณีที่ขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน บางครั้งจะเรียกว่า สถิติทดสอบทูกีย์–คราเมอร์ (Tukey–Kramer Test) โดยถ้าประชากรที่นำมาเปรียบเทียบพหุคูณมีขนาดตัวอย่างเท่ากัน สถิติทดสอบทูกีย์–คราเมอร์ จะลดรูป (simplifies) เป็นสถิติทดสอบของทูกีย์

ตัวสถิติทดสอบ

$$qTK = \frac{\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}}{\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}}$$

เขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ $|qTK| \geq q_{\alpha}(p,\nu)$

เมื่อ $q_{\alpha}(p,\nu)$ คือ ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (ภาคผนวก ข ตารางที่ 4) ที่ระดับนัยสำคัญ α ที่มีจำนวนประชากร p ประชากร และองศาเสรีของความคลาดเคลื่อน เท่ากับ ν

MSE คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

n_i, n_j คือ ขนาดตัวอย่างของประชากรที่ i และ j ที่ต้องการเปรียบเทียบ ตามลำดับ

หรือเพื่อความสะดวกอาจคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(p,\nu)\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

โดยจะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ

$$|\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}| \geq T_{\alpha}$$

ตัวอย่างที่ 2.4 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยใช้สถิติทดสอบของทูกีย์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(p,\nu)\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

ที่ $\alpha = 0.05$ เปิดตารางค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ จะได้ว่า $q_{0.05}(3,12) = 3.7729$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น $T_{0.05} = 3.7729\sqrt{\frac{1.205}{2}\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}$

$= 1.8522$

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร

$\lvert\bar{y}_{1\bullet}-\bar{y}_{2\bullet}\rvert$	=	$\lvert 4.68-6.20\rvert$	=	1.52	<	1.8522
$\lvert\bar{y}_{1\bullet}-\bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 4.68-7.24\rvert$	=	2.56	>	1.8522 *
$\lvert\bar{y}_{2\bullet}-\bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 6.20-7.24\rvert$	=	1.04	<	1.8522

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สายพันธุ์	A	B	C
น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย	4.68	6.20	7.24
	————		
		————	
หรือ	a	ab	b

ดังนั้นข้าวโพดสายพันธุ์ A และ B กับ B และ C ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3.4 สถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test)

การทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคนเสนอโดย Duncan (1955) โดยค่าวิกฤตที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจะมีหลายค่าซึ่งจะใช้ค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคน ในการการทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคนนี้จะพิจารณาเซตของค่าพิสัยที่สั้นที่สุดที่มีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรคู่หนึ่ง ๆ ค่าพิสัยที่สั้นที่สุดที่มีนัยสำคัญนี้จะมีค่ามากขึ้นตามจำนวนประชากรที่อยู่ในพิสัยของประชากรคู่ที่กำลังเปรียบเทียบ ดังนั้นจำนวนค่าพิสัยที่สั้นที่สุดที่มีนัยสำคัญนี้จึงมีอยู่ทั้งหมดเท่ากับจำนวนประชากรลบด้วย 1 (p) โดยถ้ามีประชากรทั้งหมด a ประชากร แล้ว $p = 2,3,\ldots,a$

ตัวสถิติทดสอบ

$$qD = \frac{\bar{y}_{i\bullet}-\bar{y}_{j\bullet}}{\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}}$$

เขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ $\lvert qD\rvert \geq r_{\alpha}(p,\nu)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $r_\alpha(p,\nu)$ คือ ค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคน (ภาคผนวก ข ตารางที่ 5) ที่ระดับนัยสำคัญ α โดยที่ p คือจำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบ ซึ่งเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของผลต่างของอันดับบวกด้วย 1 และมีจำนวนองศาเสรีของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ν หรืออาจเปิดจากตารางค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (ภาคผนวก ข ตารางที่ 4) โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังนี้

ถ้า $p=2$ แล้ว $r_\alpha(p,\nu) = q_\alpha(p,\nu)$

ถ้า $p\geq 3$ แล้ว $r_\alpha(p,\nu) = \max\left[q_{\alpha'}(p,\nu), r_\alpha(p-1,\nu)\right]$

เมื่อ $\alpha'=\alpha^{p-1}$ และ p คือจำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบซึ่งเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของผลต่างของอันดับบวกด้วย 1 และจำนวนองศาเสรีของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ν

MSE คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

n_i, n_j คือ ขนาดตัวอย่างของประชากรที่ i และ j ที่ต้องการเปรียบเทียบ ตามลำดับ

หรือเพื่อความสะดวกอาจคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$LSR_\alpha = r_\alpha(p,\nu)\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

โดยจะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ

$$\left|\bar{y}_{i\bullet}-\bar{y}_{j\bullet}\right| \geq LSR_\alpha$$

ตัวอย่างที่ 2.5 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยใช้สถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$LSR_\alpha = r_\alpha(p,\nu)\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

เมื่อ $\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)} = \sqrt{\frac{1.205}{2}\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}$

$= 0.4909$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

p	2	3
$r_{0.05}(p,12)$	3.0813	3.2252
$LSR_{0.05}$	1.5127	1.5833

และเรียงลำดับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ จากน้อยไปมาก

ลำดับ	(1)	(2)	(3)
สายพันธุ์	A	B	C
น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย	4.68	6.20	7.24

ค่าวิกฤต $t_{\frac{\alpha}{2},\nu}$, $t_{\frac{\alpha}{2S},\nu}$ และ $q_{\alpha}(p,\nu)$ สำหรับการทดสอบ LSD บอนเฟอร์โรนี และทูกีย์ ตามลำดับ เป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงทุก ๆ คู่ของการเปรียบเทียบ แต่สำหรับค่าวิกฤต $r_{\alpha}(p,\nu)$ ของการทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคนนั้นค่าวิกฤตดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนช่วง (steps) ของค่าเฉลี่ยสองประชากรที่นำมาเปรียบเทียบว่าห่างกันตามอันดับที่จัดให้จากน้อยไปมาก ตัวอย่างเช่น การหาค่าวิกฤตของการเปรียบเทียบ μ_A กับ μ_B จะพบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งสองนี้ห่างกัน 1 ช่วง และ p คือจำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบซึ่งเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของผลต่างของอันดับบวกด้วย 1 นั่นคือ $p=|1-2|+1=2$ ดังนั้นค่า $r_{\alpha}(p,\nu)$ คือ $r_{0.05}(2,12)=3.0813$

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร

$\lvert\bar{y}_{1\bullet}-\bar{y}_{2\bullet}\rvert$	=	$\lvert4.68-6.20\rvert$	=	1.52	>	1.5127*
$\lvert\bar{y}_{1\bullet}-\bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert4.68-7.24\rvert$	=	2.56	>	1.5833*
$\lvert\bar{y}_{2\bullet}-\bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert6.20-7.24\rvert$	=	1.04	<	1.5127

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สายพันธุ์	A	B	C
น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย	4.68	6.20	7.24
หรือ	a	b	b

ดังนั้นข้าวโพดสายพันธุ์ B และ C ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (Student–Newman–Keul's Test or SNK Test)

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล เสนอโดย นิวแมน (Newman) ในปี 1939 และคูล (Keuls) ได้นำมาปรับปรุงในปี 1952 การทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล นี้จะคล้ายกับการทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน กล่าวคือค่าวิกฤตที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมีหลายค่า แต่แตกต่างจากการทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคนคือในการหาค่าวิกฤตสำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกคู่ที่เป็นไปได้ จะใช้ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (Significant Studentized Range) ซึ่งเหมือนกับการทดสอบของทูกีย์

ตัวสถิติทดสอบ

$$qSNK = \frac{\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}}{\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}}$$

เขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ $|qSNK| \geq q_\alpha(p,\nu)$

เมื่อ $q_\alpha(p,\nu)$ คือ ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (ภาคผนวก ข ตารางที่ 4) ที่ระดับนัยสำคัญ α โดยที่ p คือจำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบ ซึ่งเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของผลต่างของอันดับบวกด้วย 1 และมีจำนวนองศาเสรีของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ν

MSE คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

n_i, n_j คือ ขนาดตัวอย่างของประชากรที่ i และ j ที่ต้องการเปรียบเทียบ ตามลำดับ

หรือเพื่อความสะดวกอาจคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$SNK_\alpha = q_\alpha(p,\nu)\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

โดยจะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ

$$\left|\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}\right| \geq SNK_\alpha$$

ตัวอย่างที่ 2.6 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยใช้สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$SNK_\alpha = q_\alpha(p,\nu)\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)} = \sqrt{\frac{1.205}{2}\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}$

$= 0.4909$

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

p	2	3
$q_{0.05}(p,12)$	3.0813	3.7729
$SNK_{0.05}$	1.5127	1.8522

และเรียงลำดับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ จากน้อยไปมาก

ลำดับ	(1)	(2)	(3)
สายพันธุ์	A	B	C
น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย	4.68	6.20	7.24

การคำนวณค่าวิกฤต $q_\alpha(p,\nu)$ สำหรับการทดสอบของสตูเดนต์–นิวแมน–คูล จะใช้หลักการคำนวณโดยอาศัยจำนวนช่วง (steps) คล้ายกับการทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน ตัวอย่างเช่น การหาค่าวิกฤตของการเปรียบเทียบ μ_A กับ μ_C จะพบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งสองนี้ห่างกัน 2 ช่วง และ p คือจำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบซึ่งเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของผลต่างของอันดับบวกด้วย 1 นั่นคือ $p = |1-3|+1 = 3$ ดังนั้นค่า $q_\alpha(p,\nu)$ คือ $q_{0.05}(3,12) = 3.7729$

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร

$\lvert\bar{y}_{1\bullet}-\bar{y}_{2\bullet}\rvert$	=	$\lvert 4.68-6.20\rvert$	= 1.52	>	1.5127 *
$\lvert\bar{y}_{1\bullet}-\bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 4.68-7.24\rvert$	= 2.56	>	1.8522 *
$\lvert\bar{y}_{2\bullet}-\bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 6.20-7.24\rvert$	= 1.04	<	1.5127

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สายพันธุ์	A	B	C
น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย	4.68	6.20	7.24
		———	
หรือ	a	b	b

ดังนั้นข้าวโพดสายพันธุ์ B และ C ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 สถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's Test)

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรของเชฟเฟเสนอโดย Scheffe (1959) โดยใช้ค่าวิกฤตเพียงค่าเดียวในการเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรทุกคู่ และจะนำค่าวิกฤตเอฟ สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวมาพิจารณาในการคำนวณหาค่าวิกฤตด้วย

ตัวสถิติทดสอบ

$$FS = \frac{\left(\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}\right)^2}{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

เขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ $|FS| \geq \nu_1 F_{\alpha;\nu_1,\nu_2}$

เมื่อ ν_1 คือ จำนวนองศาเสรีของระหว่างทรีตเมนต์ (Between Treatment)

ν_2 คือ จำนวนองศาเสรีของความคลาดเคลื่อน

$F_{\alpha;\nu_1,\nu_2}$ คือ ค่าที่เปิดจากตารางการแจกแจงเอฟ (ภาคผนวก ข ตารางที่ 2) ที่ระดับนัยสำคัญ α โดยใช้จำนวนองศาเสรีของระหว่างทรีตเมนต์และความคลาดเคลื่อน ตามลำดับ

MSE คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

n_i, n_j คือ ขนาดตัวอย่างของประชากรที่ i และ j ที่ต้องการเปรียบเทียบ ตามลำดับ

หรือเพื่อความสะดวกอาจคำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$S_\alpha = \sqrt{\nu_1 F_{\alpha;\nu_1,\nu_2}}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

โดยจะปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อ

$$\left|\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{j\bullet}\right| \geq S_\alpha$$

ตัวอย่างที่ 2.7 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 จงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยใช้สถิติทดสอบของเชฟเฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีทำ

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$S_\alpha = \sqrt{\nu_1 F_{\alpha;\nu_1,\nu_2}}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ $\alpha = 0.05$ เปิดตาราง F จะได้ว่า $F_{0.05;2,12} = 3.8853$

ดังนั้น $S_{0.05} = \sqrt{2(3.8853)}\sqrt{1.205\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right)}$

$= 1.9353$

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร

$\lvert\bar{y}_{1\bullet} - \bar{y}_{2\bullet}\rvert$	=	$\lvert 4.68 - 6.20\rvert$	=	1.52	<	1.9353
$\lvert\bar{y}_{1\bullet} - \bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 4.68 - 7.24\rvert$	=	2.56	>	1.9353*
$\lvert\bar{y}_{2\bullet} - \bar{y}_{3\bullet}\rvert$	=	$\lvert 6.20 - 7.24\rvert$	=	1.04	<	1.9353

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สายพันธุ์	A	B	C
น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย	4.68	6.20	7.24
	————	————	
หรือ	a	ab	b

ดังนั้นข้าวโพดสายพันธุ์ A และ B กับ B และ C ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เกณฑ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบ

ประสิทธิภาพการทดสอบ หมายถึง เกณฑ์ในการตัดสินว่าวิธีทดสอบใดดีที่สุดในบรรดาวิธีทดสอบที่สนใจศึกษา โดยวัดประสิทธิภาพจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด (กษิภัท และคณะ, 2557, น.11)

ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Probability of Type I Error) หมายถึง ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง เมื่อสมมุติฐานว่างนั้นเป็นจริง เขียนแทนด้วย α

ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 หมายถึง ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ที่กำหนด

กำลังการทดสอบ (Power of a Test) หมายถึง ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง เมื่อสมมุติฐานว่างไม่เป็นจริง เขียนแทนด้วย $1-\beta$

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นจริงของสมมุติฐานว่างและการสรุปผล

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

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

สำหรับเกณฑ์ในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่นิยมใช้ ได้แก่ เกณฑ์ของ Cochran (1947) เกณฑ์ของ Bradley (1978) เกณฑ์การพิจารณาภายใต้การทดสอบสมมุติฐานของค่า α ที่ประมาณการแจกแจงของสถิติทดสอบด้วยการแจกแจงปรกติ และเกณฑ์การพิจารณาภายใต้การทดสอบสมมุติฐานของค่า α ซึ่งสถิติทดสอบมีการแจกแจงทวินาม (มานะชัย, 2556, น.639)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 อัตราความผิดพลาด (Error Rate)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป ผู้วิจัยอาจสนใจทำการทดสอบสมมุติฐานหลายครั้ง เช่น การเปรียบเทียบระดับของการใช้ยารักษาผู้ป่วย 4 ระดับ กับกลุ่มควบคุม ซึ่งผู้วิจัยจะทำการทดสอบสมมุติฐาน 4 ครั้ง หรือการเปรียบเทียบผลผลิตทางการเกษตรที่ได้จากการใช้ปุ๋ยที่ระดับต่างกัน ซึ่งจำนวนการทดสอบสมมุติฐานหรือจำนวนการเปรียบเทียบจะขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรและความสนใจในการเปรียบเทียบ โดยอาจเลือกเปรียบเทียบเฉพาะประชากรที่สนใจศึกษา หรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกประชากร ซึ่งจะมีจำนวนคู่เปรียบเทียบได้มากที่สุด ${}^{a}C_{2}$ คู่ โดยจำนวนการเปรียบเทียบจะส่งผลต่ออัตราความผิดพลาด และอัตราความผิดพลาดแบบต่าง ๆ นิยามโดยอาศัยสัดส่วนของการปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อสมมุติฐานว่างเป็นจริง หรือเรียกว่า **การปฏิเสธแบบไม่ถูกต้อง (Falsely Reject)**

ถ้ามีชุดของสมมุติฐานว่างจำนวน k สมมุติฐาน กล่าวคือ $H_{01}, H_{02}, \ldots, H_{0k}$ จะเรียก H_0 ว่าเป็น **สมมุติฐานว่างแบบรวมหรือแบบส่วนร่วม (Combined or Overall or Intersection)** ซึ่งจะเป็นจริงถ้าทุก ๆ สมมุติฐานว่าง H_{0i} เป็นจริง โดยอัตราความผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบพหุคูณ อาจแบ่งได้เป็น (กมล, 2554, น.20–24)

1. **อัตราความผิดพลาดต่อการเปรียบเทียบ (Per–Comparison Error Rate : PCER)** คือ ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมุติฐานว่างใดสมมุติฐานว่างหนึ่ง (H_{0i}) ในการทดสอบครั้งหนึ่ง ๆ เมื่อสมมุติฐานว่าง H_{0i} นั้นเป็นจริง

$$\text{PCER} = \frac{\text{จำนวนการเปรียบเทียบที่ให้ผลสรุปผิด}}{\text{จำนวนการเปรียบเทียบทั้งหมด}}$$

2. **อัตราความผิดพลาดต่อการทดสอบ (Familywise Error Rate : FWER)** คือ ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมุติฐานว่างอย่างน้อยหนึ่งสมมุติฐาน (และนั่นหมายถึงการปฏิเสธชุดของสมมุติฐานว่าง H_0 ทั้งหมด) ในชุดของการทดสอบ เมื่อทุก ๆ สมมุติฐานว่าง H_{0i} นั้นเป็นจริง

$$\text{FWER} = \frac{\text{จำนวนการทดสอบที่ให้ผลสรุปผิดอย่างน้อยหนึ่งการเปรียบเทียบ}}{\text{จำนวนการทดสอบทั้งหมด}}$$

3. **อัตราการค้นพบที่ไม่ถูกต้อง (False Discovery Rate : FDR)** คือ สัดส่วนของการปฏิเสธสมมุติฐานว่างที่ไม่ถูกต้อง เมื่อสมมุติฐานว่าง H_{0i} บางสมมุติฐานเป็นจริงและบางสมมุติฐานไม่เป็นจริง

$$\text{FDR} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่างไม่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่างทั้งหมด}}$$

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยใช้หลักการคำนวณแบบ**อัตราความผิดพลาดต่อการทดสอบเท่านั้น**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 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 2.6

ตารางที่ 2.6 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

2.4.3 ประเภทของกำลังการทดสอบ (Power of a Test Types)

กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ คือความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมุติฐานว่างเมื่อสมมุติฐานว่างผิดพลาด โดยสถิติทดสอบที่นักวิจัยควรเลือกใช้ต้องเป็นสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ และให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด ในการสร้างหรือพิจารณาสถิติทดสอบที่เหมาะสมจะพิจารณาจากสถิติทดสอบที่ควบคุมให้ α มีค่ามากที่สุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ และนั่นทำให้ β มีค่าน้อยที่สุด เพราะจะทำให้ $1-\beta$ มีค่ามากที่สุดนั่นเอง (มานะชัย, 2556, น.640)

โดยกำลังการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบพหุคูณสำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ อาจแบ่งได้เป็น (Kirk, 2013, p.165)

1. **กำลังการทดสอบแบบคู่การเปรียบเทียบใด ๆ (Any-Pair Power)** เสนอโดย Ramsey (1978) คือ ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมุติฐานว่างอย่างน้อยหนึ่งสมมุติฐานว่าง เมื่อสมมุติฐานว่างทั้งหมดไม่เป็นจริง

$$\text{Any-Pair} = \frac{\text{จำนวนการทดสอบที่ให้ผลสรุปถูกอย่างน้อยหนึ่งการเปรียบเทียบ}}{\text{จำนวนการทดสอบทั้งหมด}}$$

2. **กำลังการทดสอบแบบการเปรียบเทียบรวม (All-Pair Power)** เสนอโดย Ramsey (1978) คือ ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมุติฐานว่างทุกสมมุติฐานว่าง เมื่อสมมุติฐานว่างทั้งหมดไม่เป็นจริง

$$\text{All-Pair} = \frac{\text{จำนวนการทดสอบที่ให้ผลสรุปถูกทุกการเปรียบเทียบ}}{\text{จำนวนการทดสอบทั้งหมด}}$$

3. **กำลังการทดสอบแบบต่อคู่การเปรียบเทียบ (Per-Pair Power)** เสนอโดย Einot และ Gabriel (1975) คือ ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมุติฐานว่างทุกสมมุติฐานว่าง เมื่อมีสมมุติฐานว่างหนึ่งสมมุติฐานไม่เป็นจริง กำลังการทดสอบนี้เป็นส่วนหนึ่งในกำลังการทดสอบแบบพีสับเซต (P-subset Power)

Kirk (2013, p.165) กล่าวว่า กำลังการทดสอบแบบคู่การเปรียบเทียบใด ๆ (Any-Pair Power) จะมีค่าสูงกว่ากำลังการทดสอบแบบการเปรียบเทียบรวม (All-Pair Power) ส่วนกำลังการทดสอบแบบต่อคู่การเปรียบเทียบ (Per-Pair Power) จะมีค่าอยู่ระหว่างกำลังการทดสอบแบบคู่การเปรียบเทียบใด ๆ และกำลังการทดสอบแบบการเปรียบเทียบรวม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะคำนวณกำลังการทดสอบ โดยใช้หลักการคำนวณแบบ**กำลังการทดสอบแบบการเปรียบเทียบรวม**เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Boardman and Moffitt (1971) (อ้างถึงใน ปุณยนุช พินชู, 2548, น. 43–44) 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

Bernhardson (1975) (อ้างถึงใน สุญาณี จิตตะยโศธร, 2525, น. 20) ได้เปรียบเทียบอัตราความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี คือ LSD, Tukey, Scheffe, SNK และ Duncan การวิจัยครั้งนี้ทำการวิจัยเฉพาะกลุ่มตัวอย่างขนาด 15 และกระทำภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการทดสอบเอฟ กำหนดพารามิเตอร์ $\mu = 50$ และ $\sigma = 15$ ภายใต้การแจกแจงของประชากรปรกติโดยใช้สัปรูทีน โปรแกรม Gauss ผลการวิจัยพบว่าถ้าทำการเปรียบเทียบพหุคูณภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการทดสอบเอฟ จะทำให้ผลของอัตราความผิดพลาดแบบที่ 1 ลดลง เนื่องจากการทดสอบเอฟนั้นได้ป้องกันอัตราความผิดพลาดต่อการเปรียบเทียบ

สุญาณี จิตตะยโศธร (2525) ได้ศึกษาเปรียบเทียบอัตราความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธีคือ วิธี Tukey, Dunn, Scheffe, Dunnett และ SNK ด้วยการจำลองมอนติคาร์โล โดยเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการทดลองและทำการทดลอง 1000 ครั้ง จำลองการทดลองเพื่อนับอัตราการเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 ด้วยการทดลองทดสอบสมมุติฐานการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่แต่ละวิธีจากกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม และ 4 กลุ่ม ที่มีขนาดกลุ่มตัวอย่าง 5 10 และ 15 ในลักษณะการแจกแจงปรกติ เอกรูป (Uniform) และเลปโตเคอร์ติคล์ (Leptokurtics) กำหนดอัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากันคือ 1:1:1 และ 1:1:1:1 สำหรับความเท่ากันของความแปรปรวนประชากรของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม และ 4 กลุ่ม ตามลำดับ และอัตราส่วนความแปรปรวนประชากรเป็น 0.9:1:1.1 และ 0.8:1:1.2 สำหรับความไม่เท่ากันของความแปรปรวนประชากรของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม ผลการวิจัยสรุปได้ว่า วิธีของ Tukey สามารถควบคุมความผิดพลาดที่กำหนดได้ 142 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 86 กรณี ความผิดพลาดที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความผิดพลาดแบบที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความผิดพลาดมากกว่าอัตราความผิดพลาดที่ระบุ วิธีของ Dunn สามารถควบคุมความผิดพลาดตามที่กำหนดได้ 186 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 42 กรณี ความผิดพลาดที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองมีอัตราความผิดพลาดมากกว่าอัตราความผิดพลาดที่ระบุในระดับ 0.05 และน้อยกว่าเมื่อระดับ 0.01 วิธีของ Scheffe สามารถควบคุมความผิดพลาดที่กำหนดได้ 144 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 84 กรณี ความผิดพลาดที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความผิดพลาดแบบที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความผิดพลาดน้อยกว่าอัตราความผิดพลาดที่ระบุ วิธีของ Dunnett สามารถควบคุมความผิดพลาดที่กำหนดได้ 31 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 197 กรณี ความผิดพลาดที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดแบบที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความผิดพลาดมากกว่าอัตราความผิดพลาดที่ระบุและวิธีของ SNK สามารถควบคุมความผิดพลาดที่กำหนดได้ 62 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 166 กรณี ความผิดพลาดที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นความผิดพลาดแบบที่ 1 จากผลการทดลองมีอัตราความผิดพลาดมากกว่าอัตราความผิดพลาดที่ระบุ โดยมีข้อเสนอแนะคือวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ เพื่อการทดสอบสมมุติฐานโดยการเปรียบเทียบเป็นรายคู่เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางมีขนาดเท่า ๆ กัน ใช้วิธีของ Tukey สำหรับการเปรียบเทียบภายหลัง และวิธีของ Dunn สำหรับการเปรียบเทียบภายแรก

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 $\alpha = 0.05$ 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 พบว่า วิธี LSD และ Waller-Duncan จะเป็น 2 วิธีที่มีค่าใกล้เคียงกันและมีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกกรณี เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 ถึง 4 กลุ่ม และวิธี Gabriel เป็นวิธีที่มีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกกรณีเมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 5 ถึง 8 กลุ่ม

นิภาพร ขำสะอาด (2552) ได้ศึกษาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 5 วิธี คือ วิธี Tukey-Kramer, SNK, Duncan, Scheffe's และ LSD จากกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด คือ ขนาด 30 คน 60 คน 90 คน และ 120 คน กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2 และ 3 ของนักเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 564 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอนเพื่อกำหนดเป็นประชากรเทียม เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านภาษา ประกอบด้วย ด้านศัพท์สัมพันธ์ ด้านจัดประเภท ด้านความเข้าใจภาษา และด้านความเข้าใจภาพ มีค่าความเชื่อมั่น 0.86 0.82 0.85 และ 0.91 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาพบว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากันกำลังการทดสอบด้วยสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 5 วิธี วิธี LSD มีค่ากำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธี Duncan, Scheffe's และ SNK และสถิติทดสอบที่ให้ค่ากำลังการทดสอบน้อยที่สุด คือ วิธี Tukey-Kramer และกำลังการทดสอบระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด พบว่าเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ากำลังการทดสอบสูงขึ้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่มีค่ากำลังการทดสอบมากที่สุด คือกลุ่มตัวอย่างขนาด 120 คนและ 90 คน รองลงมาคือกลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน และกลุ่มตัวอย่างที่มีค่ากำลังการทดสอบน้อยที่สุดคือกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน

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 และไม่มีความแตกต่างที่โดดเด่นระหว่างวิธีอื่น ๆ จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะแนะนำวิธีทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณแบบเฉพาะเจาะจงสำหรับทุกสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลองเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ทั้ง 6 สถิติทดสอบ โดยมีการวางแผนการวิจัยและวิธีการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 การวางแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ในการศึกษาดังนี้

3.1.1 กำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 3 ประชากร

3.1.2 กำหนดขนาดตัวอย่างสุ่มจากแต่ละประชากรขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)	
เท่ากัน	ไม่เท่ากัน
(5,5,5) , (10,10,10) , (30,30,30)	(5,6,7) , (10,12,14) , (30,34,38)

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

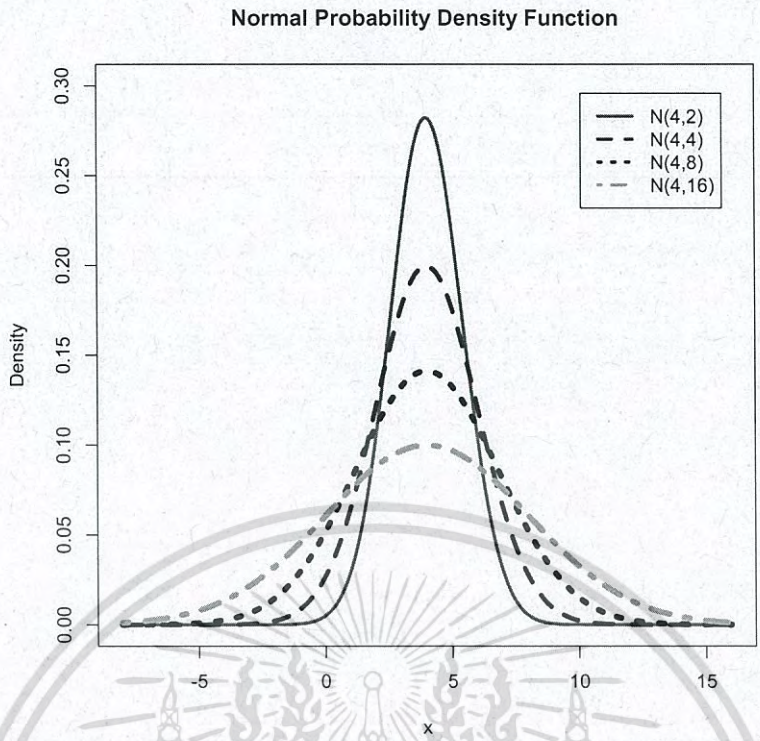
3.1.4 ในการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กำหนดค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเท่ากับ 4 และความแปรปรวนเท่ากับ 2 4 8 และ 16 ตามลำดับ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของแต่ละประชากร สำหรับแต่ละการแจกแจงดังต่อไปนี้

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

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	(4,2)	(4,2)	(4,2)	(4,4,4)	(2,2,2)
2	(4,4)	(4,4)	(4,4)	(4,4,4)	(4,4,4)
3	(4,8)	(4,8)	(4,8)	(4,4,4)	(8,8,8)
4	(4,16)	(4,16)	(4,16)	(4,4,4)	(16,16,16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



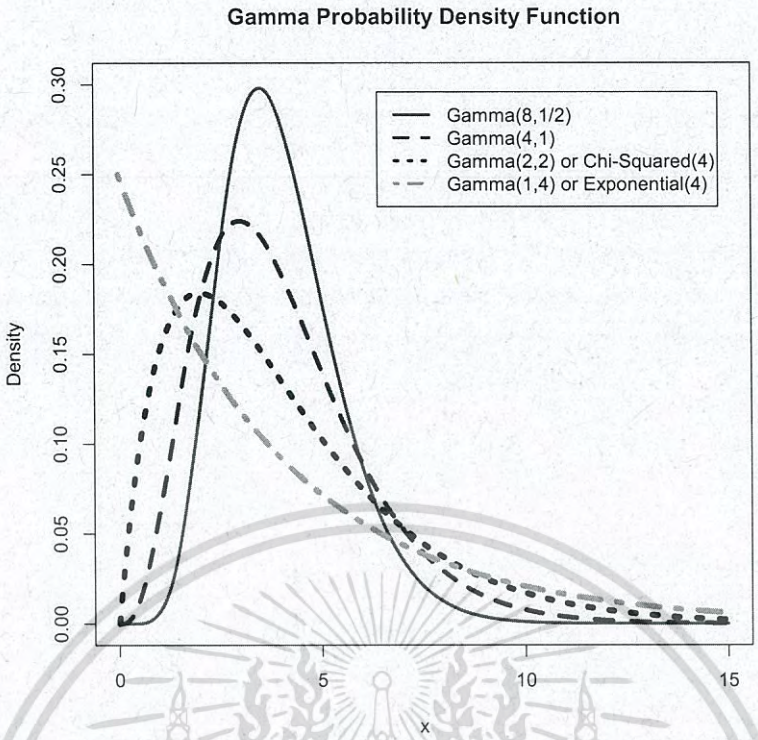
รูปที่ 3.1 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,2) (4,4) (4,8) และ (4,16)

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

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	(8,1/2)	(8,1/2)	(8,1/2)	(4,4,4)	(2,2,2)
6	(4,1)	(4,1)	(4,1)	(4,4,4)	(4,4,4)
7	(2,2)	(2,2)	(2,2)	(4,4,4)	(8,8,8)
8	(1,4)	(1,4)	(1,4)	(4,4,4)	(16,16,16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (8,1/2) (4,1) (2,2) และ (1,4)

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

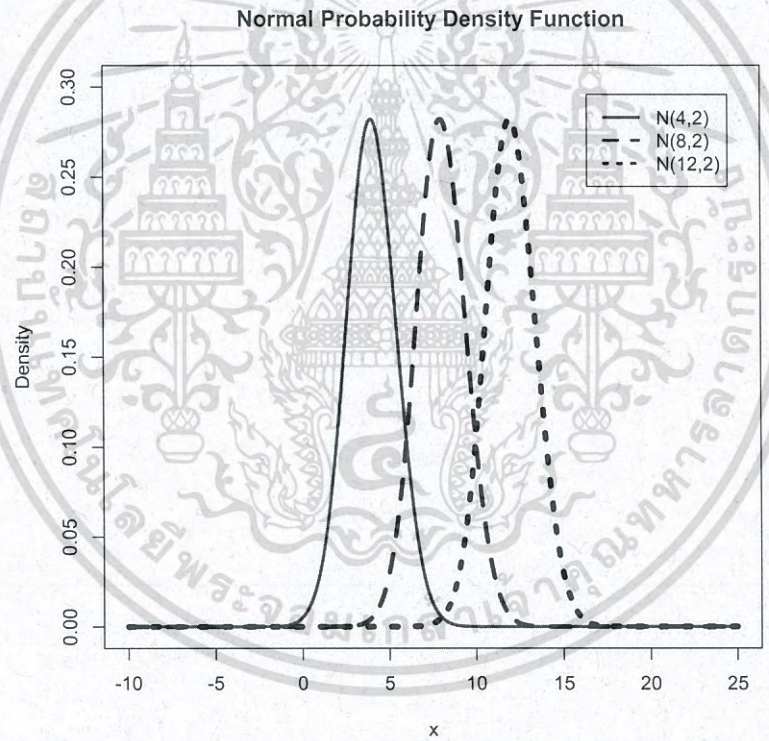
3.1.8 ในการคำนวณกำลังการทดสอบ กำหนดระยะห่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเป็น 4 และความแปรปรวนเท่ากับ 2 4 8 และ 16 ตามลำดับ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับระยะห่างของค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของแต่ละประชากร สำหรับแต่ละการแจกแจงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

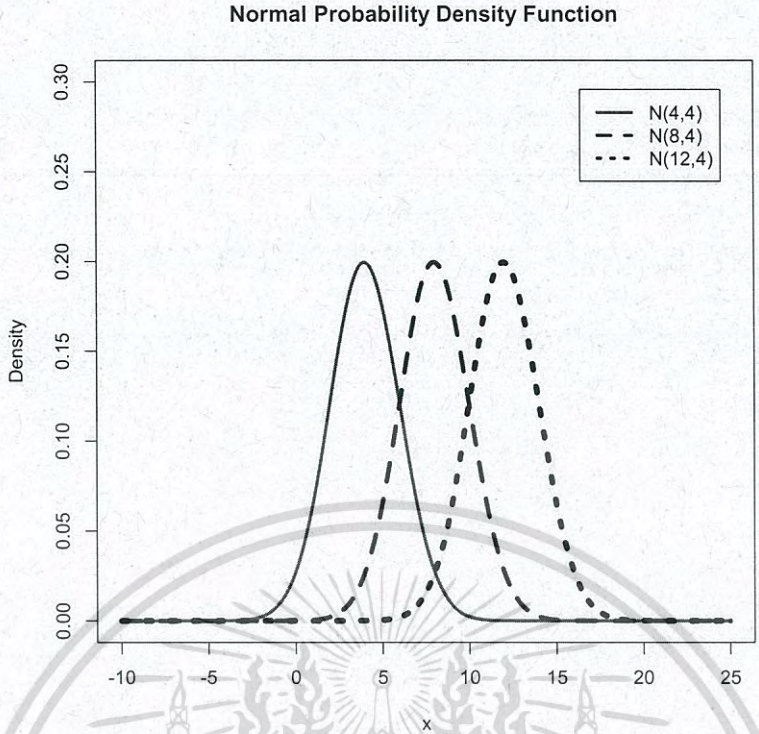
ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงปรกติ

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	(4,2)	(8,2)	(12,2)	(4,8,12)	(2,2,2)
2	(4,4)	(8,4)	(12,4)	(4,8,12)	(4,4,4)
3	(4,8)	(8,8)	(12,8)	(4,8,12)	(8,8,8)
4	(4,16)	(8,16)	(12,16)	(4,8,12)	(16,16,16)

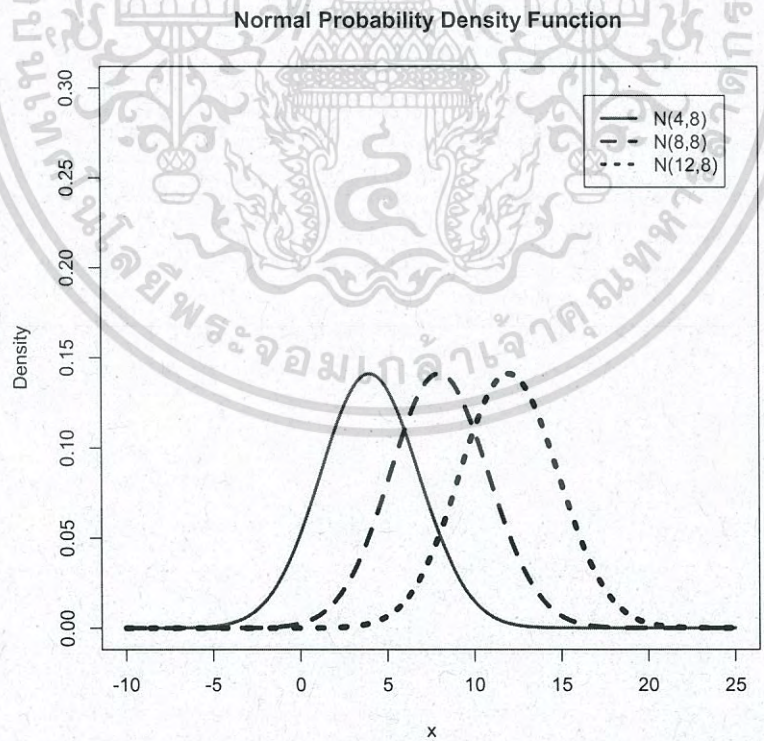


รูปที่ 3.3 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,2) (8,2) และ (12,2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

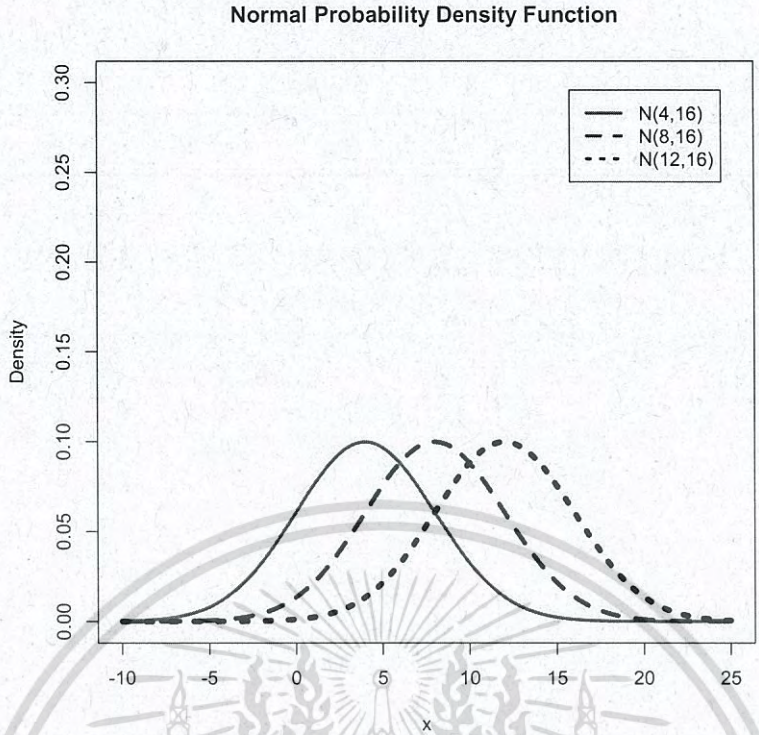


รูปที่ 3.4 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,4) (8,4) และ (12,4)



รูปที่ 3.5 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,8) (8,8) และ (12,8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



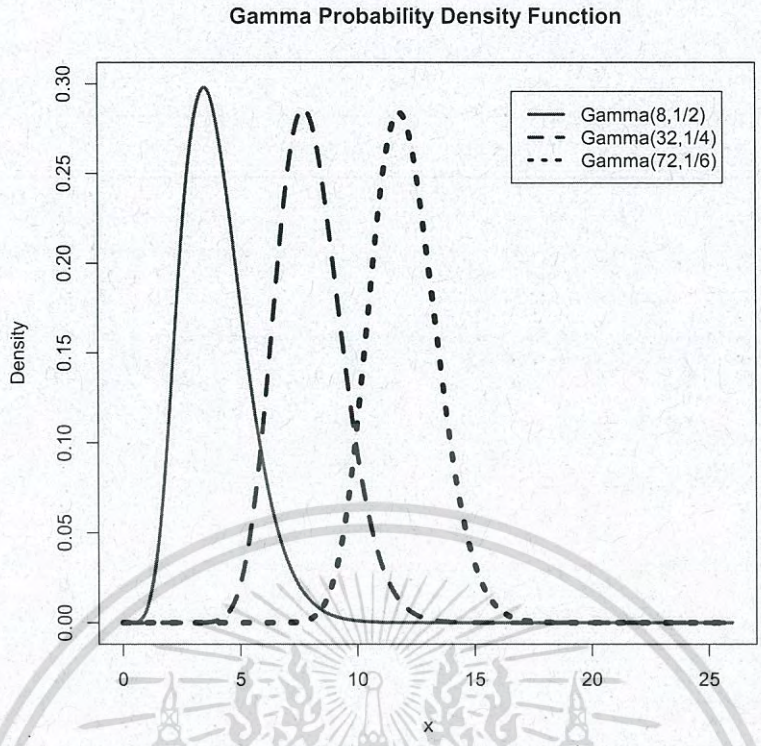
รูปที่ 3.6 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,16) (8,16) และ (12,16)

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

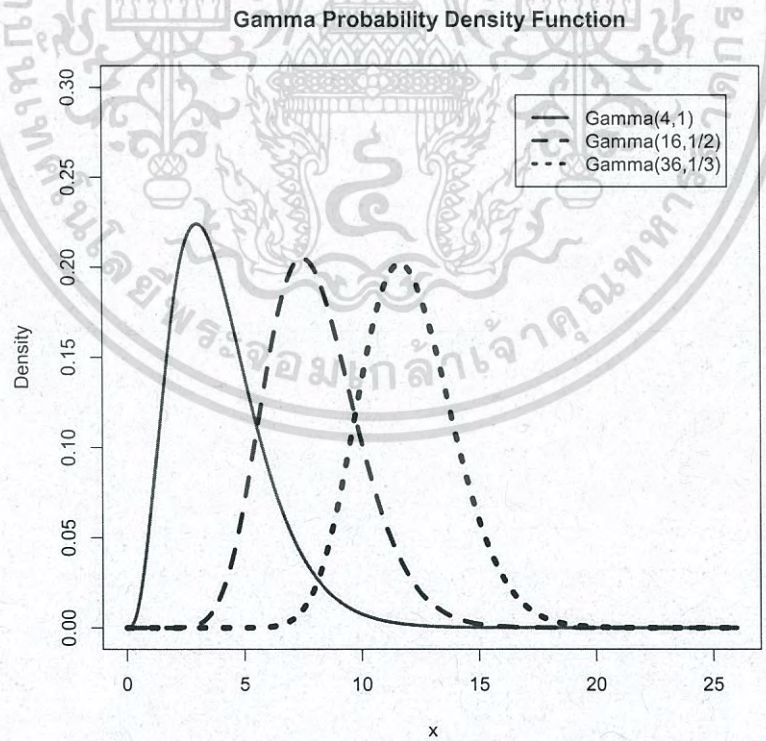
ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณกำลังการทดสอบ สำหรับการแจกแจงแกมมา

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		
5	(8,1/2)	(32,1/4)	(72,1/6)	(4,8,12)	(2,2,2)
6	(4,1)	(16,1/2)	(36,1/3)	(4,8,12)	(4,4,4)
7	(2,2)	(8,1)	(18,2/3)	(4,8,12)	(8,8,8)
8	(1,4)	(4,2)	(9,4/3)	(4,8,12)	(16,16,16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

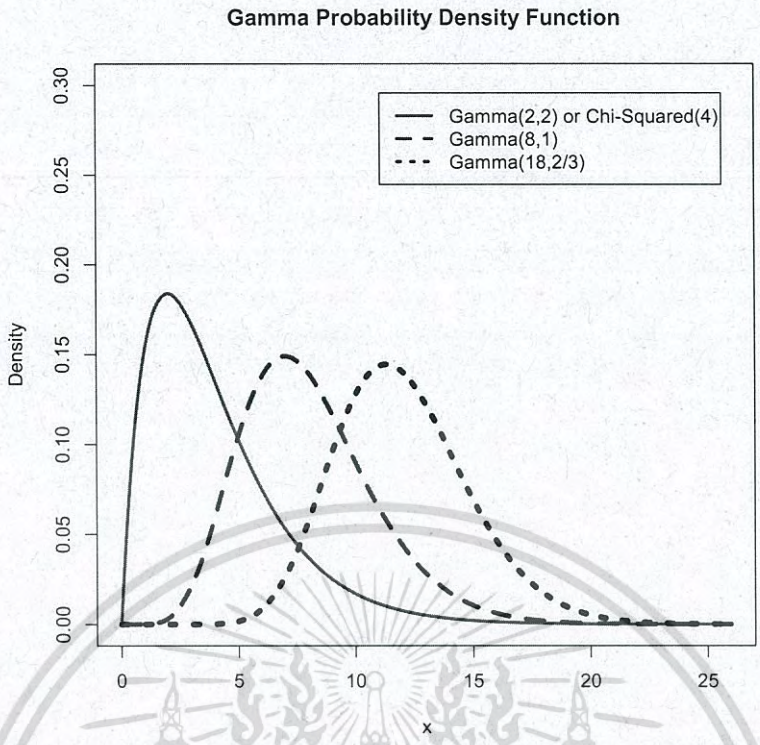


รูปที่ 3.7 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (8,1/2) (32,1/4) และ (72,1/6)

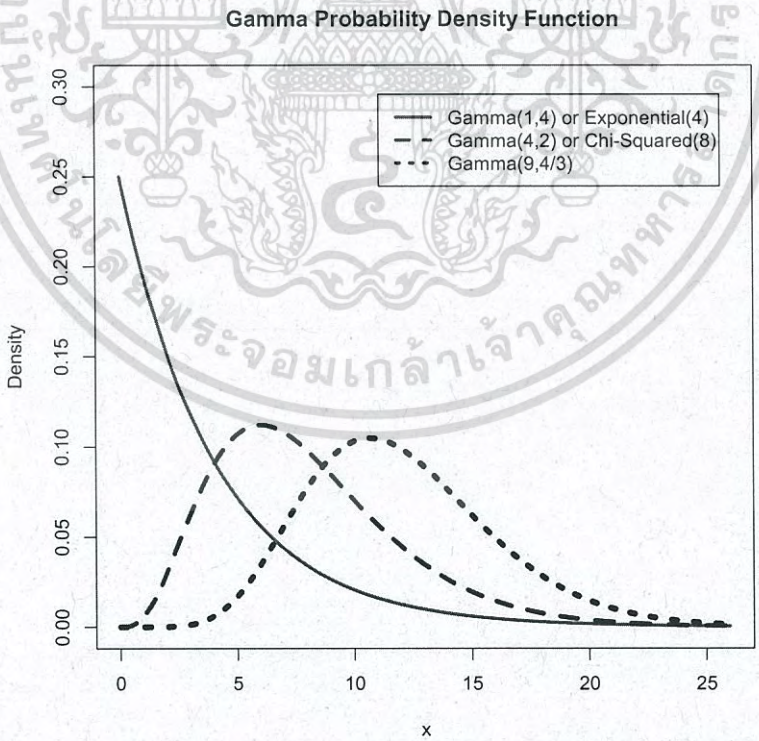


รูปที่ 3.8 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (4,1) (16,1/2) และ (36,1/3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (2,2) (8,1) และ (18,2/3)



รูปที่ 3.10 การแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (1,4) (4,2) และ (9,4/3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 6 สถิติทดสอบ โดยคำนวณค่าสถิติทดสอบของฟิชเชอร์ (LSD Test) สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test) สถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey's Test) สถิติทดสอบของดันแคน (Duncan's Test) สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (SNK Test) และสถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's Test) นำค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้ไปคำนวณค่าพี (p–value) และเปรียบเทียบค่าพีกับระดับนัยสำคัญที่กำหนดเพื่อสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมุติฐานว่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 ตามลำดับ บันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่าง เนื่องจากข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้ง 3 ประชากร เป็นข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยของประชากรไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการทดสอบสมมุติฐานทั้ง 3 สมมุติฐาน ผลการทดสอบที่ได้ควรยอมรับสมมุติฐานว่างทั้ง 3 สมมุติฐาน โดยเกณฑ์ในการนับการปฏิเสธสมมุติฐานว่างคือถ้าพบว่าในการทดสอบครั้งใดมีการปฏิเสธสมมุติฐานว่างเกิดขึ้นไม่ว่ากี่สมมุติฐานก็ตาม ผู้วิจัยจะถือว่าผลการทดสอบในครั้งนั้นเป็นการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง และทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

3.2.3 หาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่างหารด้วย 5,000

3.2.4 ทำการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละสถิติทดสอบกับเกณฑ์ของ Bradley ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 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 จะสรุปว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

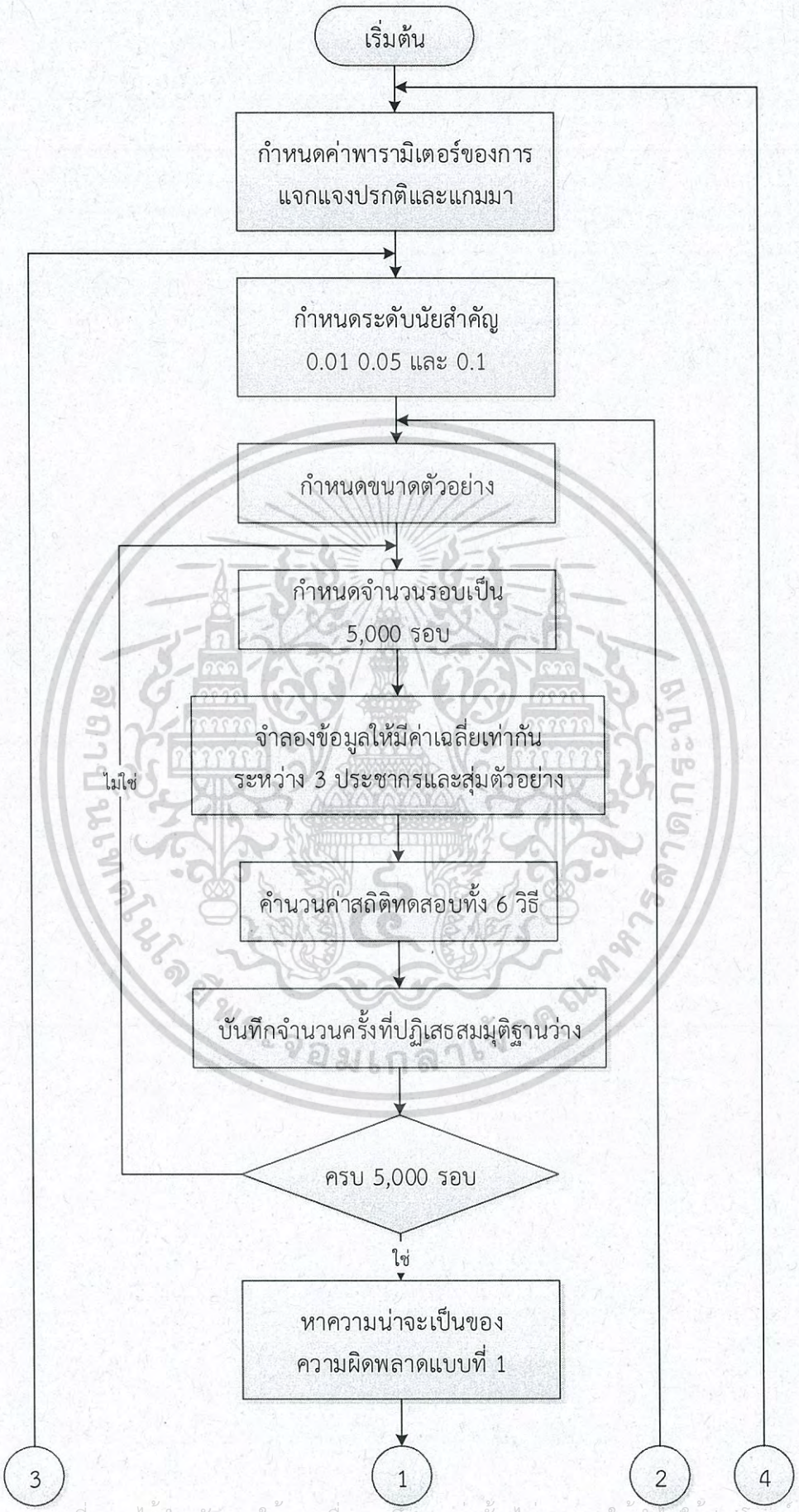
3.2.6 ทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 6 สถิติทดสอบ นำค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้ไปคำนวณค่าพี (p–value) และเปรียบเทียบค่าพีกับระดับนัยสำคัญที่กำหนดเพื่อสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมุติฐานว่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 ตามลำดับ บันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่าง เนื่องจากข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้ง 3 ประชากร เป็นข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยของประชากรแตกต่างกัน ดังนั้นการทดสอบสมมุติฐานทั้ง 3 สมมุติฐาน ผลการทดสอบที่ได้ควรปฏิเสธสมมุติฐานว่างทั้ง 3 สมมุติฐาน โดยเกณฑ์การนับการปฏิเสธสมมุติฐานว่างคือถ้าพบว่าในการทดสอบครั้งใดมีการปฏิเสธสมมุติฐานว่างเกิดขึ้นครบทั้ง 3 สมมุติฐาน ผู้วิจัยจะถือว่าผลการทดสอบในครั้งนั้นเป็นการปฏิเสธสมมุติฐานว่าง และทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

3.2.7 หากำลังการทดสอบ โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่างหารด้วย 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 สถิติทดสอบของฟิชเชอร์โดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด (Fisher's Least Significant Difference Test : LSD) สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test) สถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey's Test) สถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) และสถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's Test) ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยสามารถสรุปได้เป็น 2 ส่วน คือ ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

โดยกำหนดสัญลักษณ์แทนสถิติทดสอบ ดังนี้

LSD	หมายถึง	สถิติทดสอบของฟิชเชอร์โดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด
Bonferroni	หมายถึง	สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี
Tukey	หมายถึง	สถิติทดสอบของทูกีย์
Duncan	หมายถึง	สถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน
SNK	หมายถึง	สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล
Scheffe	หมายถึง	สถิติทดสอบของเชฟเฟ

4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

การคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละสถิติทดสอบจะใช้ขนาดตัวอย่าง การแจกแจงของประชากร พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจง และระดับนัยสำคัญ ตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในหัวข้อขอบเขตของการวิจัย

4.1.1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

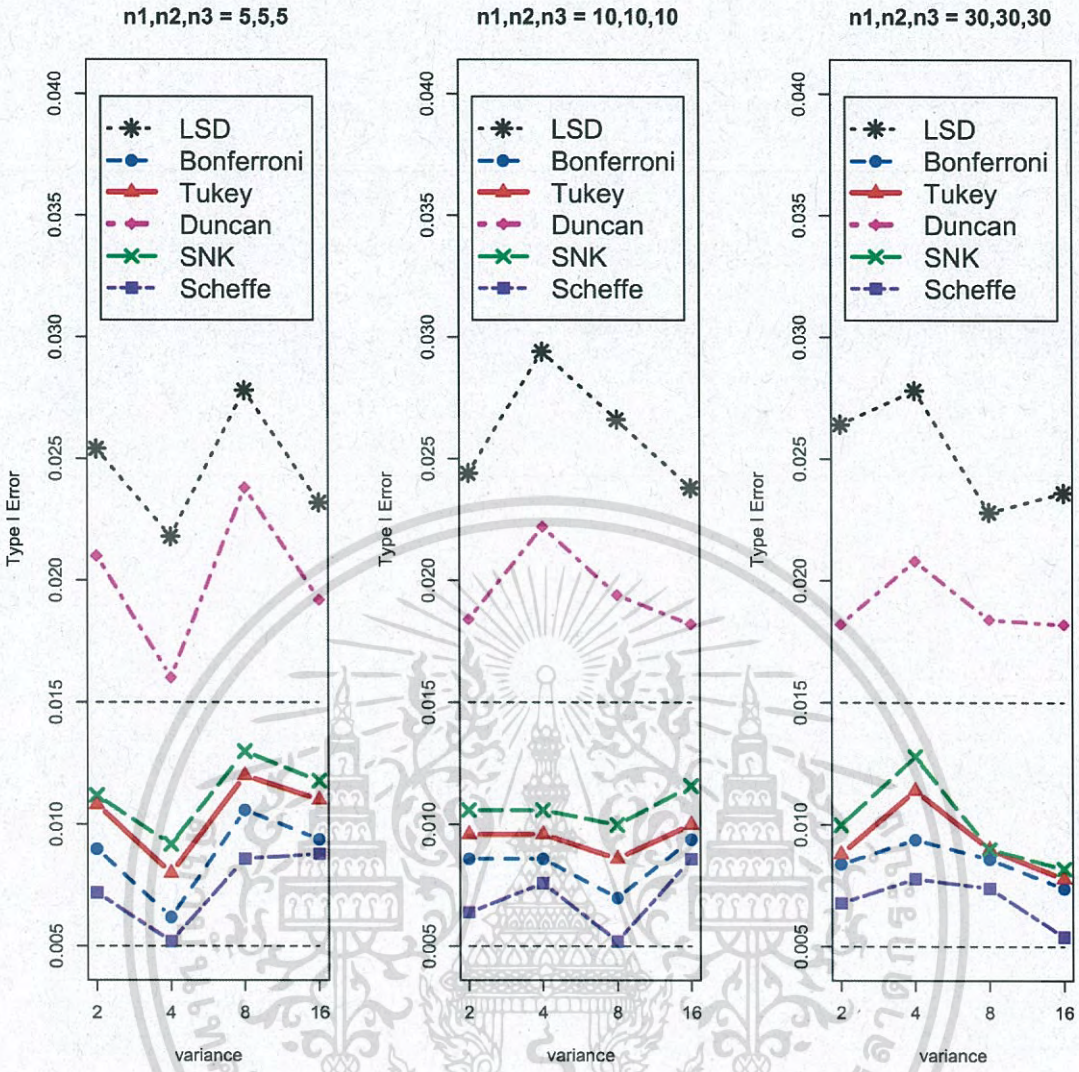
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 – 4.2

ตารางที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	0.0254	0.0244	0.0264	0.0232	0.0230	0.0260
	Bonferroni	0.0090*	0.0086*	0.0084*	0.0072*	0.0074*	0.0078*
	Tukey	0.0108*	0.0096*	0.0088*	0.0090*	0.0086*	0.0086*
	Duncan	0.0210	0.0184	0.0182	0.0188	0.0176	0.0202
	SNK	0.0112*	0.0106*	0.0100*	0.0092*	0.0096*	0.0096*
	Scheffe	0.0072*	0.0064*	0.0068*	0.0066*	0.0056*	0.0056*
4	LSD	0.0218	0.0294	0.0278	0.0234	0.0290	0.0294
	Bonferroni	0.0062*	0.0086*	0.0094*	0.0076*	0.0088*	0.0092*
	Tukey	0.0080*	0.0096*	0.0114*	0.0084*	0.0094*	0.0104*
	Duncan	0.0160	0.0222	0.0208	0.0196	0.0226	0.0216
	SNK	0.0092*	0.0106*	0.0128*	0.0102*	0.0108*	0.0114*
	Scheffe	0.0052*	0.0076*	0.0078*	0.0064*	0.0070*	0.0074*
8	LSD	0.0278	0.0266	0.0228	0.0208	0.0244	0.0288
	Bonferroni	0.0106*	0.0070*	0.0086*	0.0086*	0.0104*	0.0090*
	Tukey	0.0120*	0.0086*	0.0090*	0.0094*	0.0108*	0.0102*
	Duncan	0.0238	0.0194	0.0184	0.0162	0.0196	0.0208
	SNK	0.0130*	0.0100*	0.0090*	0.0098*	0.0118*	0.0108*
	Scheffe	0.0086*	0.0052*	0.0074*	0.0074*	0.0080*	0.0064*
16	LSD	0.0232	0.0238	0.0236	0.0258	0.0254	0.0268
	Bonferroni	0.0094*	0.0094*	0.0074*	0.0094*	0.0090*	0.0082*
	Tukey	0.0110*	0.0100*	0.0078*	0.0100*	0.0096*	0.0086*
	Duncan	0.0192	0.0182	0.0182	0.0208	0.0200	0.0198
	SNK	0.0118*	0.0116*	0.0082*	0.0106*	0.0104*	0.0104*
	Scheffe	0.0088*	0.0086*	0.0054*	0.0082*	0.0072*	0.0066*

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



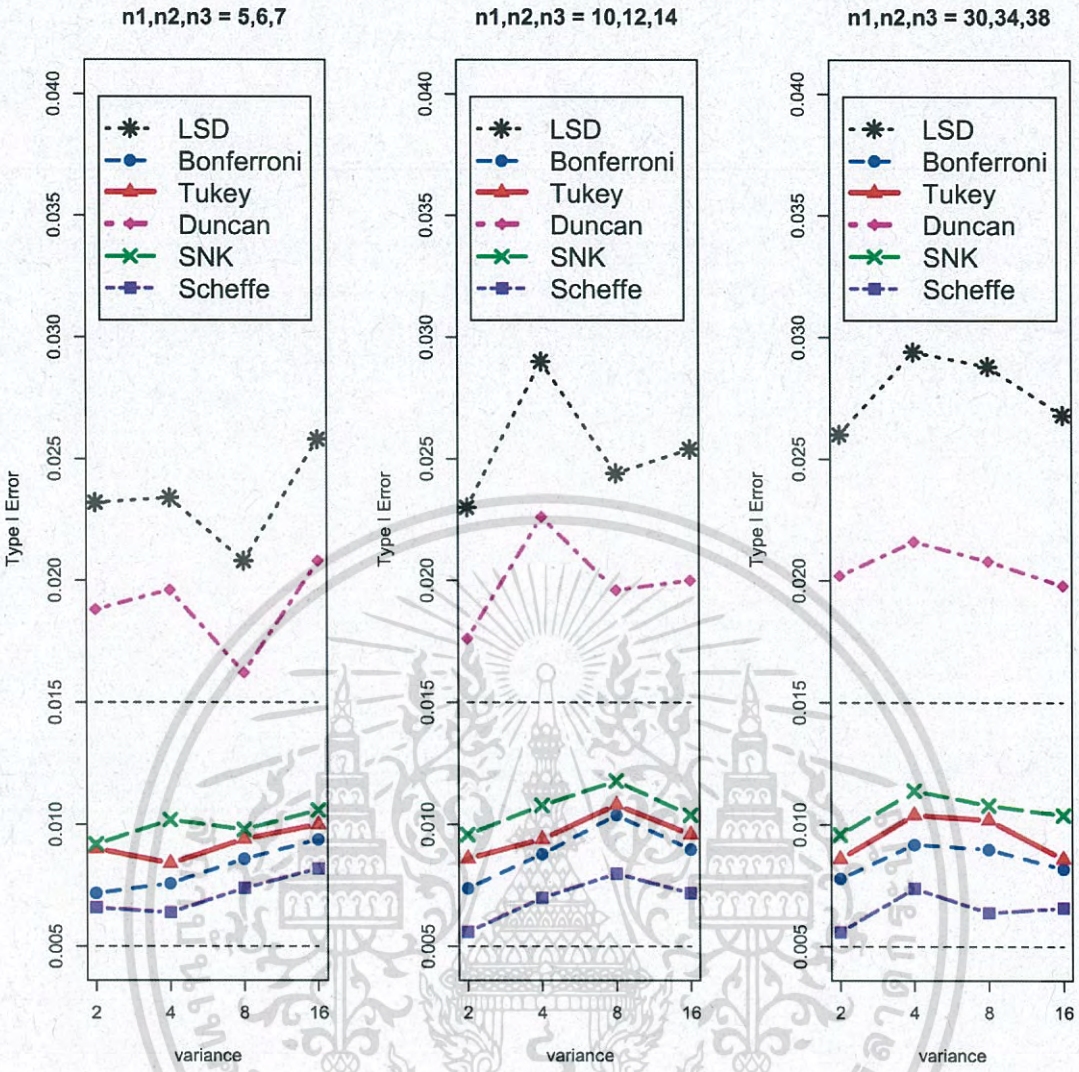
(----------) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley [0.005,0.015]

รูปที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.1 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ 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 LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

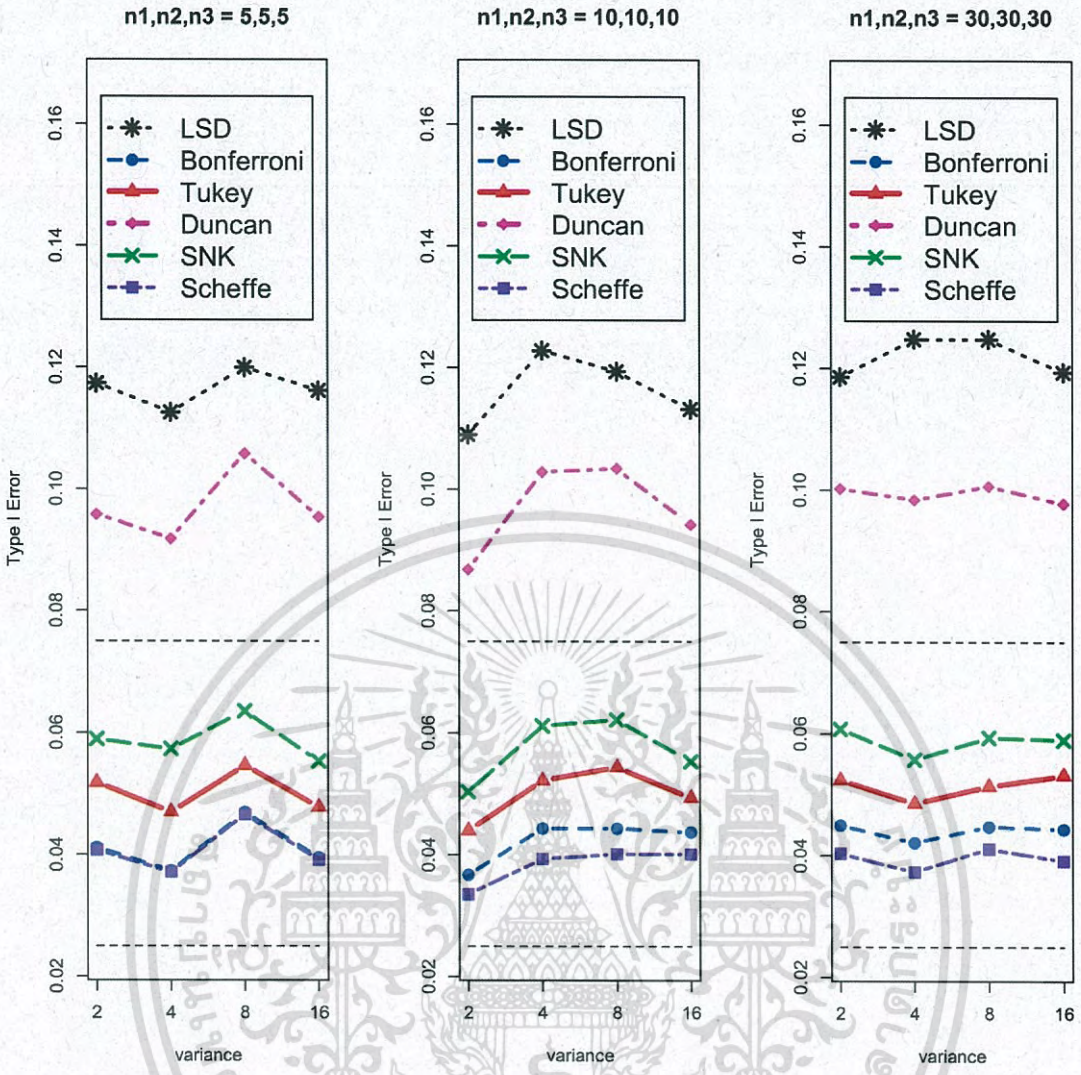
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 – 4.4

ตารางที่ 4.2 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	0.1174	0.1090	0.1186	0.1234	0.1262	0.1182
	Bonferroni	0.0412*	0.0368*	0.0450*	0.0414*	0.0454*	0.0458*
	Tukey	0.0518*	0.0440*	0.0524*	0.0506*	0.0538*	0.0494*
	Duncan	0.0958	0.0868	0.1002	0.1050	0.1056	0.0944
	SNK	0.0590*	0.0504*	0.0608*	0.0566*	0.0590*	0.0572*
	Scheffe	0.0408*	0.0336*	0.0404*	0.0398*	0.0414*	0.0400*
4	LSD	0.1126	0.1228	0.1248	0.1156	0.1246	0.1224
	Bonferroni	0.0374*	0.0444*	0.0422*	0.0376*	0.0448*	0.0426*
	Tukey	0.0470*	0.0522*	0.0486*	0.0460*	0.0508*	0.0490*
	Duncan	0.0918	0.1028	0.0984	0.0946	0.1014	0.0990
	SNK	0.0574*	0.0612*	0.0558*	0.0544*	0.0612*	0.0586*
	Scheffe	0.0372*	0.0394*	0.0374*	0.0364*	0.0406*	0.0364*
8	LSD	0.1200	0.1194	0.1248	0.1162	0.1236	0.1222
	Bonferroni	0.0470*	0.0444*	0.0448*	0.0374*	0.0450*	0.0410*
	Tukey	0.0546*	0.0544*	0.0514*	0.0460*	0.0538*	0.0476*
	Duncan	0.1058	0.1034	0.1006	0.0952	0.1040	0.0976
	SNK	0.0636*	0.0622*	0.0594*	0.0548*	0.0632*	0.0562*
	Scheffe	0.0466*	0.0402*	0.0412*	0.0358*	0.0406*	0.0372*
16	LSD	0.1162	0.1132	0.1194	0.1178	0.1150	0.1276
	Bonferroni	0.0396*	0.0438*	0.0444*	0.0418*	0.0448*	0.0430*
	Tukey	0.0478*	0.0494*	0.0532*	0.0528*	0.0520*	0.0502*
	Duncan	0.0954	0.0942	0.0978	0.1020	0.0952	0.1070
	SNK	0.0554*	0.0554*	0.0590*	0.0596*	0.0584*	0.0580*
	Scheffe	0.0392*	0.0402*	0.0392*	0.0404*	0.0392*	0.0390*

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

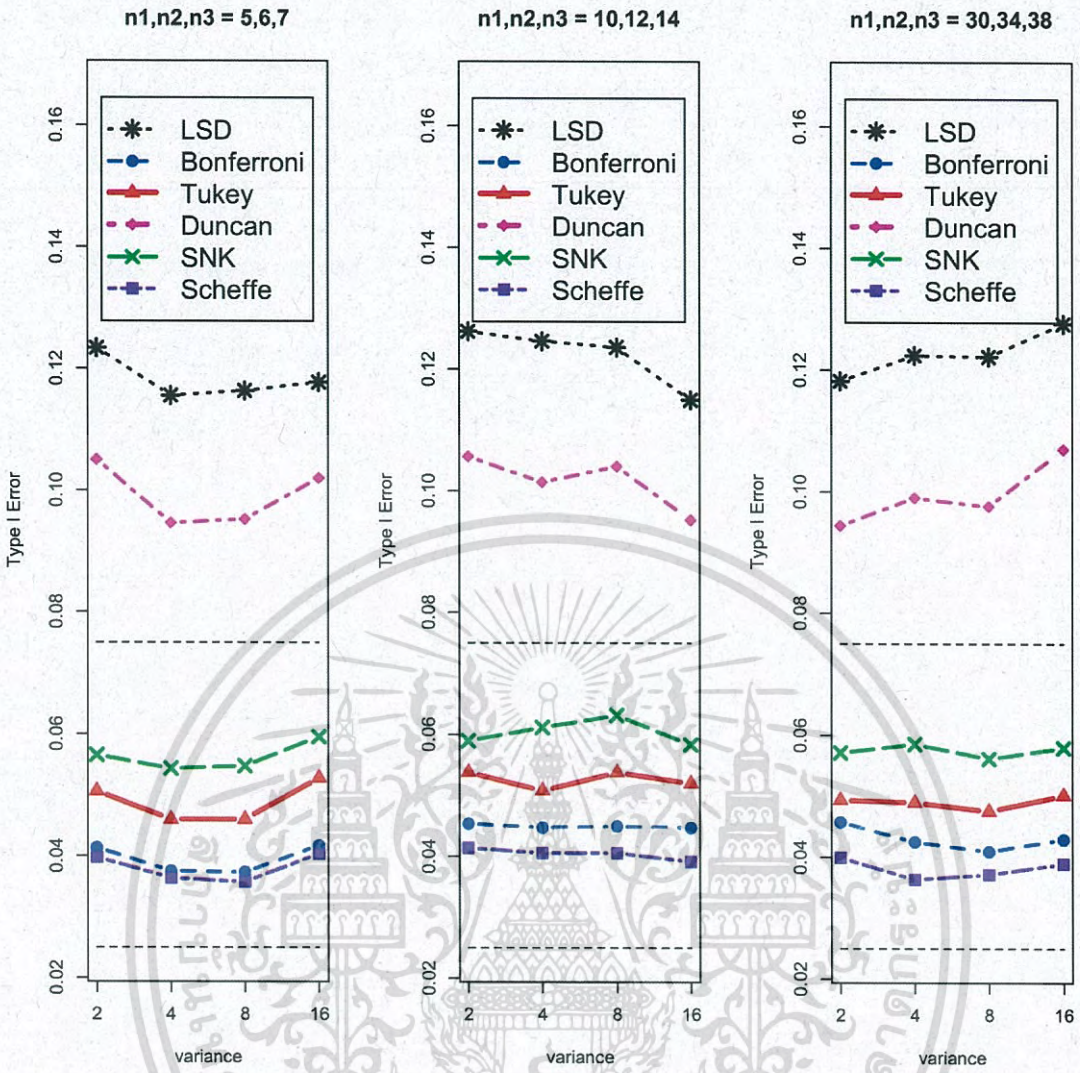


รูปที่ 4.3 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.3 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.4 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

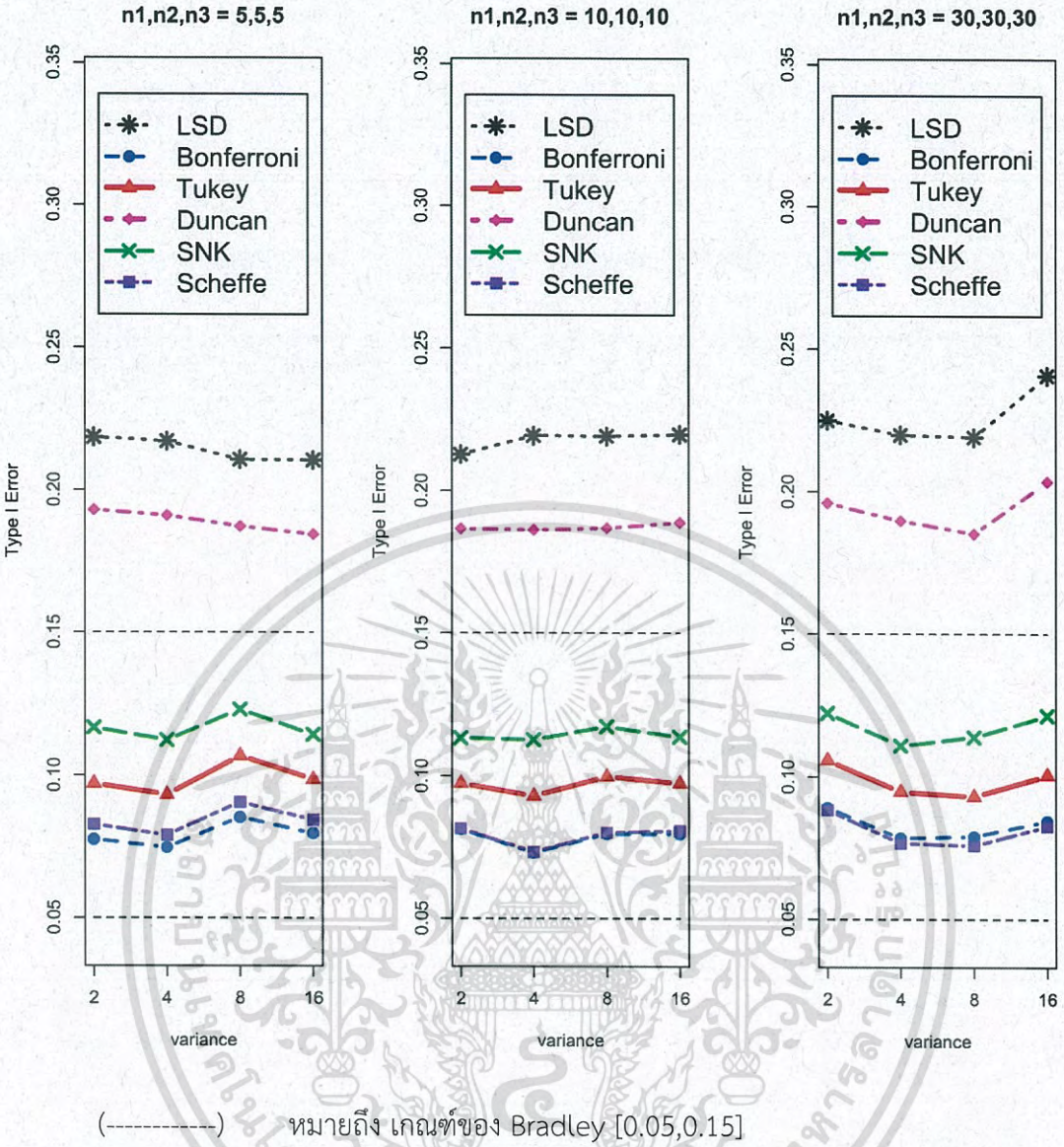
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 – 4.6

ตารางที่ 4.3 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	0.2186	0.2128	0.2250	0.2344	0.2294	0.2308
	Bonferroni	0.0776*	0.0814*	0.0892*	0.0826*	0.0828*	0.0878*
	Tukey	0.0970*	0.0974*	0.1058*	0.1072*	0.1006*	0.1040*
	Duncan	0.1930	0.1866	0.1960	0.2014	0.1954	0.1932
	SNK	0.1168*	0.1134*	0.1224*	0.1276*	0.1224*	0.1204*
	Scheffe	0.0828*	0.0816*	0.0884*	0.0862*	0.0828*	0.0858*
4	LSD	0.2172	0.2194	0.2200	0.2148	0.2172	0.2206
	Bonferroni	0.0748*	0.0732*	0.0786*	0.0746*	0.0780*	0.0828*
	Tukey	0.0932*	0.0930*	0.0948*	0.0960*	0.0952*	0.0986*
	Duncan	0.1910	0.1862	0.1898	0.1876	0.1816	0.1896
	SNK	0.1124*	0.1128*	0.1110*	0.1184*	0.1154*	0.1168*
	Scheffe	0.0790*	0.0734*	0.0768*	0.0778*	0.0778*	0.0808*
8	LSD	0.2108	0.2192	0.2192	0.2132	0.2282	0.2254
	Bonferroni	0.0854*	0.0798*	0.0792*	0.0754*	0.0832*	0.0800*
	Tukey	0.1068*	0.0998*	0.0932*	0.0982*	0.1002*	0.0954*
	Duncan	0.1872	0.1868	0.1852	0.1852	0.1956	0.1898
	SNK	0.1232*	0.1174*	0.1140*	0.1158*	0.1198*	0.1128*
	Scheffe	0.0906*	0.0802*	0.0760*	0.0800*	0.0830*	0.0770*
16	LSD	0.2106	0.2198	0.2408	0.2220	0.2216	0.2174
	Bonferroni	0.0798*	0.0798*	0.0846*	0.0814*	0.0852*	0.0798*
	Tukey	0.0986*	0.0974*	0.1006*	0.1022*	0.1010*	0.0956*
	Duncan	0.1844	0.1888	0.2036	0.1946	0.1866	0.1858
	SNK	0.1144*	0.1138*	0.1216*	0.1234*	0.1172*	0.1132*
	Scheffe	0.0844*	0.0808*	0.0828*	0.0838*	0.0848*	0.0766*

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

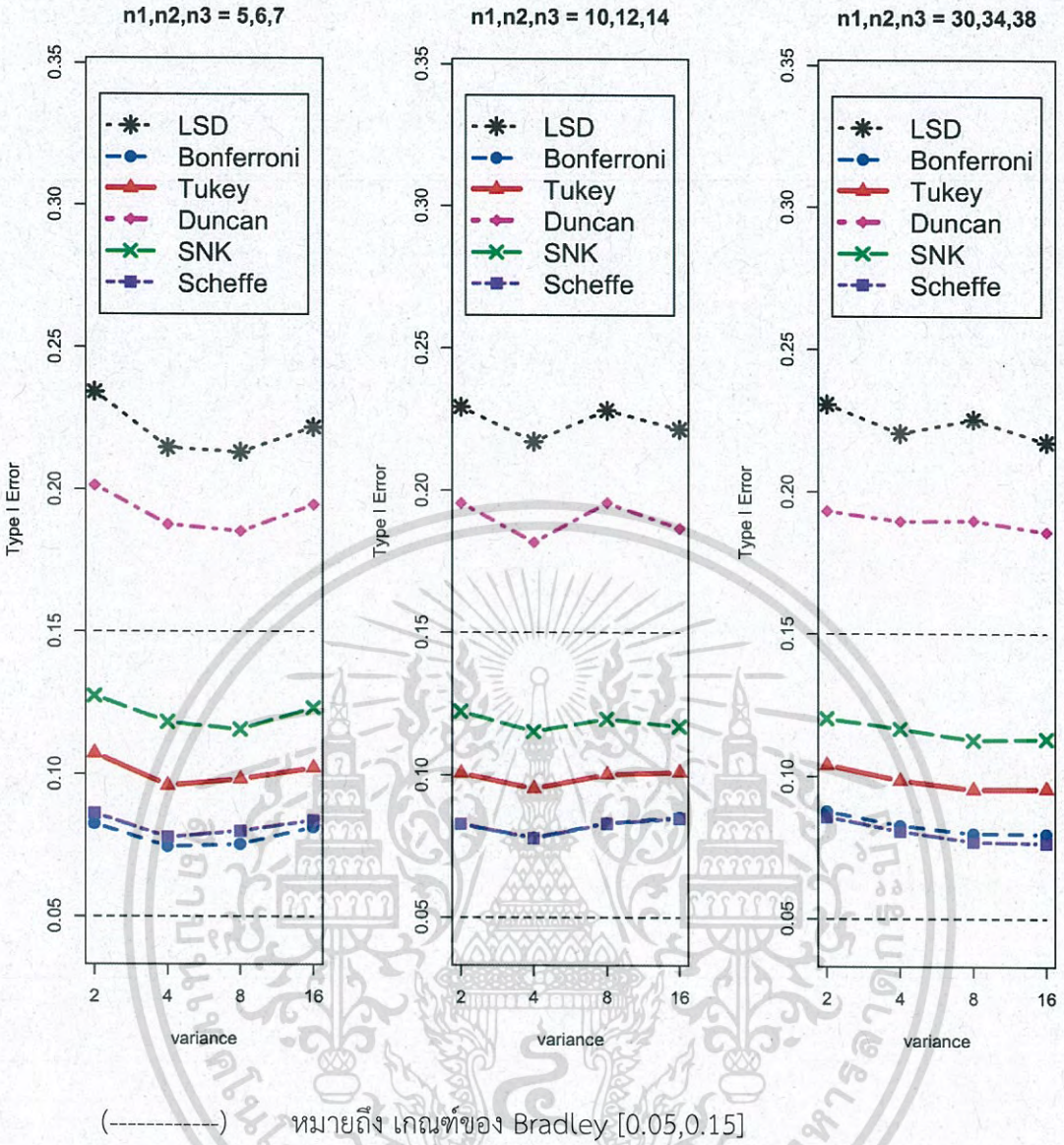


รูปที่ 4.5 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.5 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.6 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

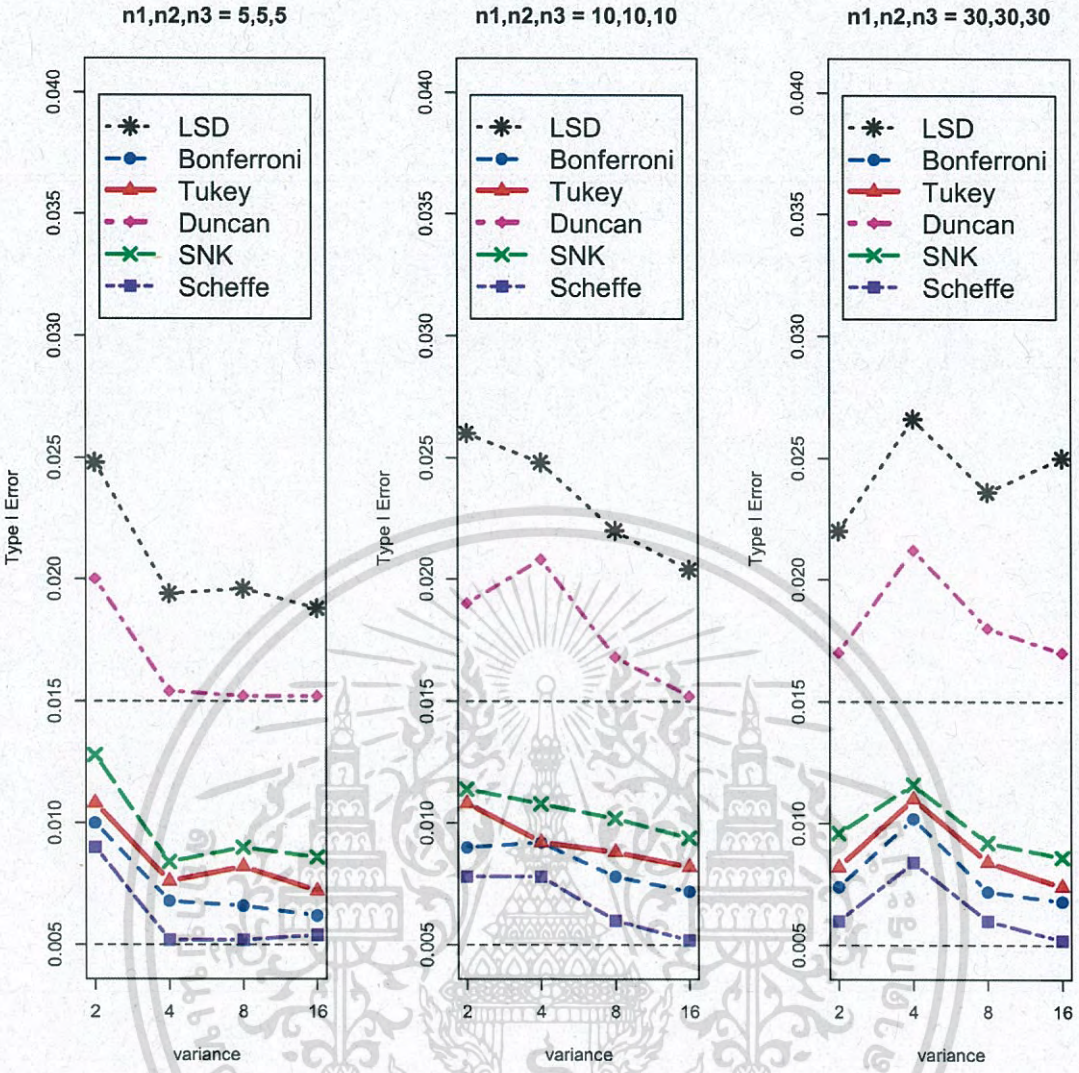
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.7 – 4.8

ตารางที่ 4.4 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	0.0248	0.0260	0.0220	0.0302	0.0298	0.0270
	Bonferroni	0.0100*	0.0090*	0.0074*	0.0104*	0.0092*	0.0078*
	Tukey	0.0108*	0.0108*	0.0082*	0.0118*	0.0100*	0.0090*
	Duncan	0.0200	0.0190	0.0170	0.0242	0.0228	0.0216
	SNK	0.0128*	0.0114*	0.0096*	0.0132*	0.0116*	0.0106*
	Scheffe	0.0090*	0.0078*	0.0060*	0.0088*	0.0070*	0.0050*
4	LSD	0.0194	0.0248	0.0266	0.0200	0.0256	0.0256
	Bonferroni	0.0068*	0.0092*	0.0102*	0.0060*	0.0092*	0.0086*
	Tukey	0.0076*	0.0092*	0.0110*	0.0070*	0.0096*	0.0096*
	Duncan	0.0154	0.0208	0.0212	0.0156	0.0200	0.0194
	SNK	0.0084*	0.0108*	0.0116*	0.0074*	0.0114*	0.0108*
	Scheffe	0.0052*	0.0078*	0.0084*	0.0052*	0.0064*	0.0062*
8	LSD	0.0196	0.0220	0.0236	0.0226	0.0250	0.0306
	Bonferroni	0.0066*	0.0078*	0.0072*	0.0072*	0.0084*	0.0098*
	Tukey	0.0082*	0.0088*	0.0084*	0.0084*	0.0092*	0.0110*
	Duncan	0.0152	0.0168	0.0180	0.0172	0.0188	0.0214
	SNK	0.0090*	0.0102*	0.0092*	0.0100*	0.0110*	0.0126*
	Scheffe	0.0052*	0.0060*	0.0060*	0.0058*	0.0070*	0.0056*
16	LSD	0.0188	0.0204	0.0250	0.0196	0.0196	0.0248
	Bonferroni	0.0062*	0.0072*	0.0068*	0.0064*	0.0068*	0.0084*
	Tukey	0.0072*	0.0082*	0.0074*	0.0070*	0.0068*	0.0086*
	Duncan	0.0152	0.0152	0.0170	0.0160	0.0154	0.0174
	SNK	0.0086*	0.0094*	0.0086*	0.0078*	0.0098*	0.0092*
	Scheffe	0.0054	0.0052*	0.0052*	0.0050*	0.0060*	0.0060*

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

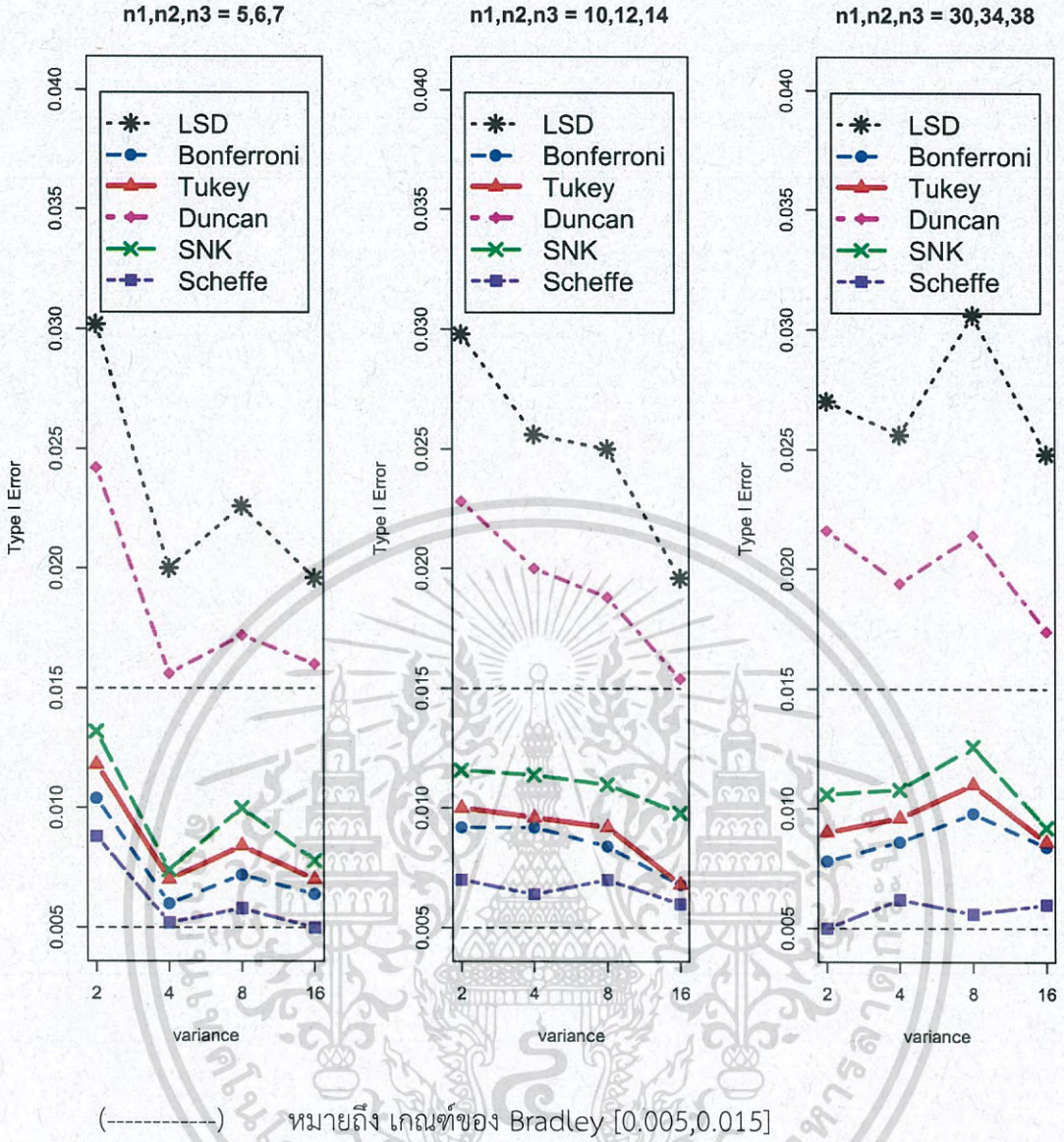


รูปที่ 4.7 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.7 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.8 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

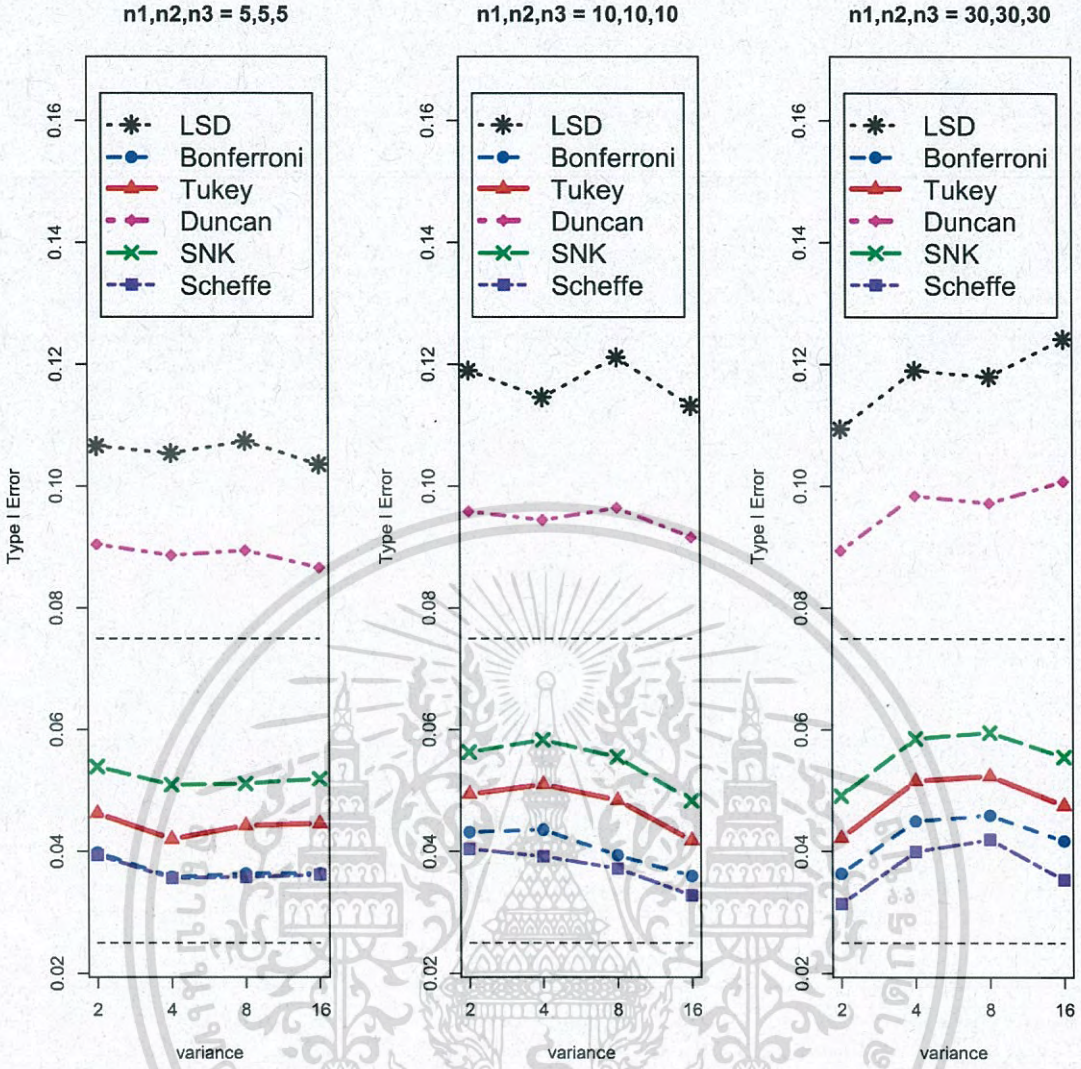
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.9 – 4.10

ตารางที่ 4.5 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	0.1066	0.1190	0.1094	0.1098	0.1224	0.1222
	Bonferroni	0.0398*	0.0432*	0.0364*	0.0392*	0.0472*	0.0460*
	Tukey	0.0462*	0.0494*	0.0422*	0.0468*	0.0556*	0.0520*
	Duncan	0.0904	0.0958	0.0894	0.0944	0.1024	0.0996
	SNK	0.0540*	0.0564*	0.0492*	0.0536*	0.0662*	0.0594*
	Scheffe	0.0394*	0.0404*	0.0314*	0.0378*	0.0428*	0.0398*
4	LSD	0.1054	0.1146	0.1190	0.1150	0.1164	0.1186
	Bonferroni	0.0358*	0.0436*	0.0450*	0.0416*	0.0388*	0.0390*
	Tukey	0.0420*	0.0510*	0.0516*	0.0474*	0.0470*	0.0464*
	Duncan	0.0886	0.0944	0.0984	0.0964	0.0936	0.0956
	SNK	0.0510*	0.0584*	0.0586*	0.0558*	0.0564*	0.0536*
	Scheffe	0.0356*	0.0392*	0.0400*	0.0406*	0.0352*	0.0352*
8	LSD	0.1074	0.1212	0.1180	0.1102	0.1150	0.1236
	Bonferroni	0.0364*	0.0394*	0.0460*	0.0360*	0.0404*	0.0450*
	Tukey	0.0442*	0.0484*	0.0524*	0.0444*	0.0466*	0.0524*
	Duncan	0.0894	0.0964	0.0972	0.0896	0.0946	0.0998
	SNK	0.0512*	0.0556*	0.0596*	0.0526*	0.0528*	0.0594*
	Scheffe	0.0358*	0.0372*	0.0420*	0.0346*	0.0370*	0.0404*
16	LSD	0.1036	0.1132	0.1242	0.1024	0.1150	0.1170
	Bonferroni	0.0364*	0.0360*	0.0418*	0.0306*	0.0352*	0.0432*
	Tukey	0.0446*	0.0418*	0.0476*	0.0378*	0.0432*	0.0490*
	Duncan	0.0866	0.0916	0.1008	0.0852	0.0932	0.0918
	SNK	0.0520*	0.0484*	0.0556*	0.0452*	0.0504*	0.0540*
	Scheffe	0.0362*	0.0328*	0.0354*	0.0286*	0.0322*	0.0382*

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

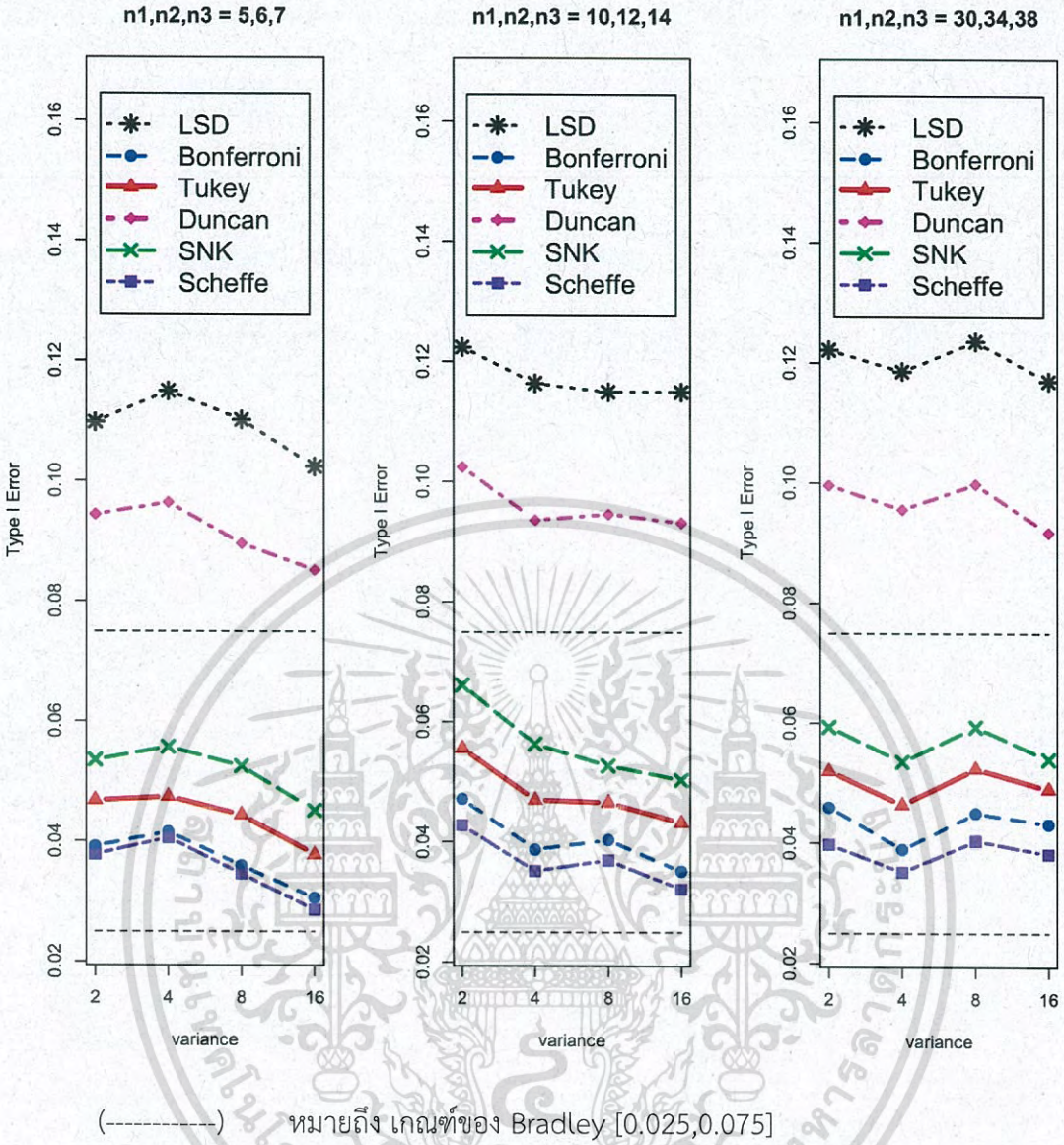


รูปที่ 4.9 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.9 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.10 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

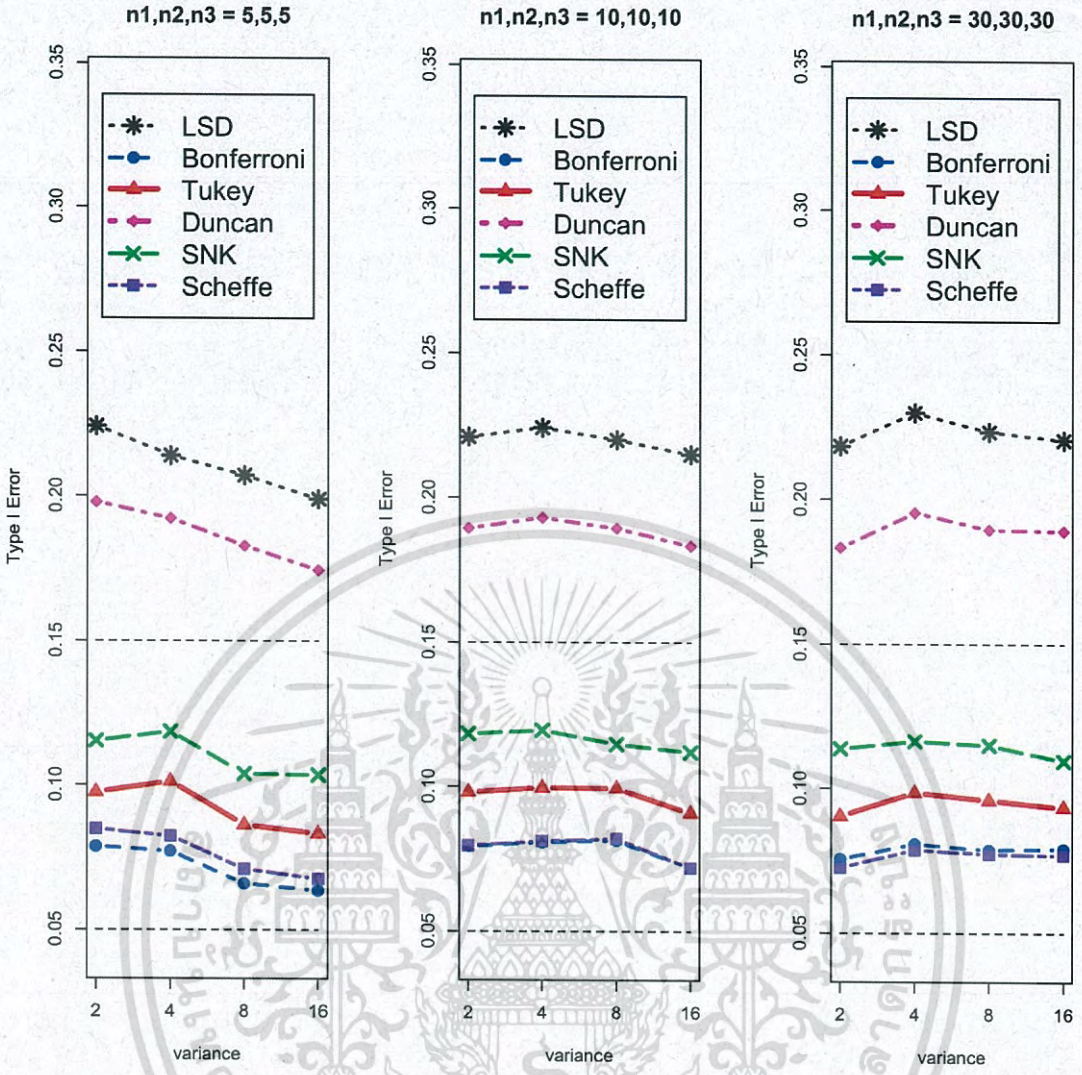
จากการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1 สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.11 – 4.12

ตารางที่ 4.6 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	0.2242	0.2210	0.2184	0.2164	0.2270	0.2262
	Bonferroni	0.0788*	0.0794*	0.0756*	0.0820*	0.0882*	0.0842*
	Tukey	0.0974*	0.0980*	0.0904*	0.1002*	0.1032*	0.0984*
	Duncan	0.1978	0.1894	0.1834	0.1872	0.1948	0.1938
	SNK	0.1154*	0.1184*	0.1138*	0.1206*	0.1238*	0.1186*
	Scheffe	0.0848*	0.0796*	0.0726*	0.0858*	0.0874*	0.0818*
4	LSD	0.2140	0.2242	0.2300	0.2172	0.2240	0.2172
	Bonferroni	0.0772*	0.0808*	0.0808*	0.0804*	0.0834*	0.0830*
	Tukey	0.1012*	0.0996*	0.0986*	0.1026*	0.1032*	0.0972*
	Duncan	0.1922	0.1930	0.1954	0.1926	0.1916	0.1840
	SNK	0.1186*	0.1196*	0.1164*	0.1190*	0.1196*	0.1166*
	Scheffe	0.0824*	0.0812*	0.0788*	0.0838*	0.0832*	0.0808*
8	LSD	0.2072	0.2200	0.2234	0.2230	0.2292	0.2130
	Bonferroni	0.0660*	0.0814*	0.0788*	0.0746*	0.0822*	0.0766*
	Tukey	0.0862*	0.0994*	0.0960*	0.0944*	0.0994*	0.0908*
	Duncan	0.1828	0.1894	0.1896	0.1908	0.1992	0.1804
	SNK	0.1040*	0.1148*	0.1150*	0.1152*	0.1220*	0.1094*
	Scheffe	0.0710*	0.0820*	0.0774*	0.0766*	0.0818*	0.0746*
16	LSD	0.1990	0.2150	0.2206	0.2166	0.2212	0.2224
	Bonferroni	0.0636*	0.0720*	0.0792*	0.0732*	0.0752*	0.0808*
	Tukey	0.0832*	0.0908*	0.0934*	0.0902*	0.0928*	0.0974*
	Duncan	0.1744	0.1834	0.1892	0.1898	0.1872	0.1878
	SNK	0.1036*	0.1120*	0.1096*	0.1128*	0.1142*	0.1168*
	Scheffe	0.0676*	0.0720*	0.0770*	0.0760*	0.0746*	0.0780*

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

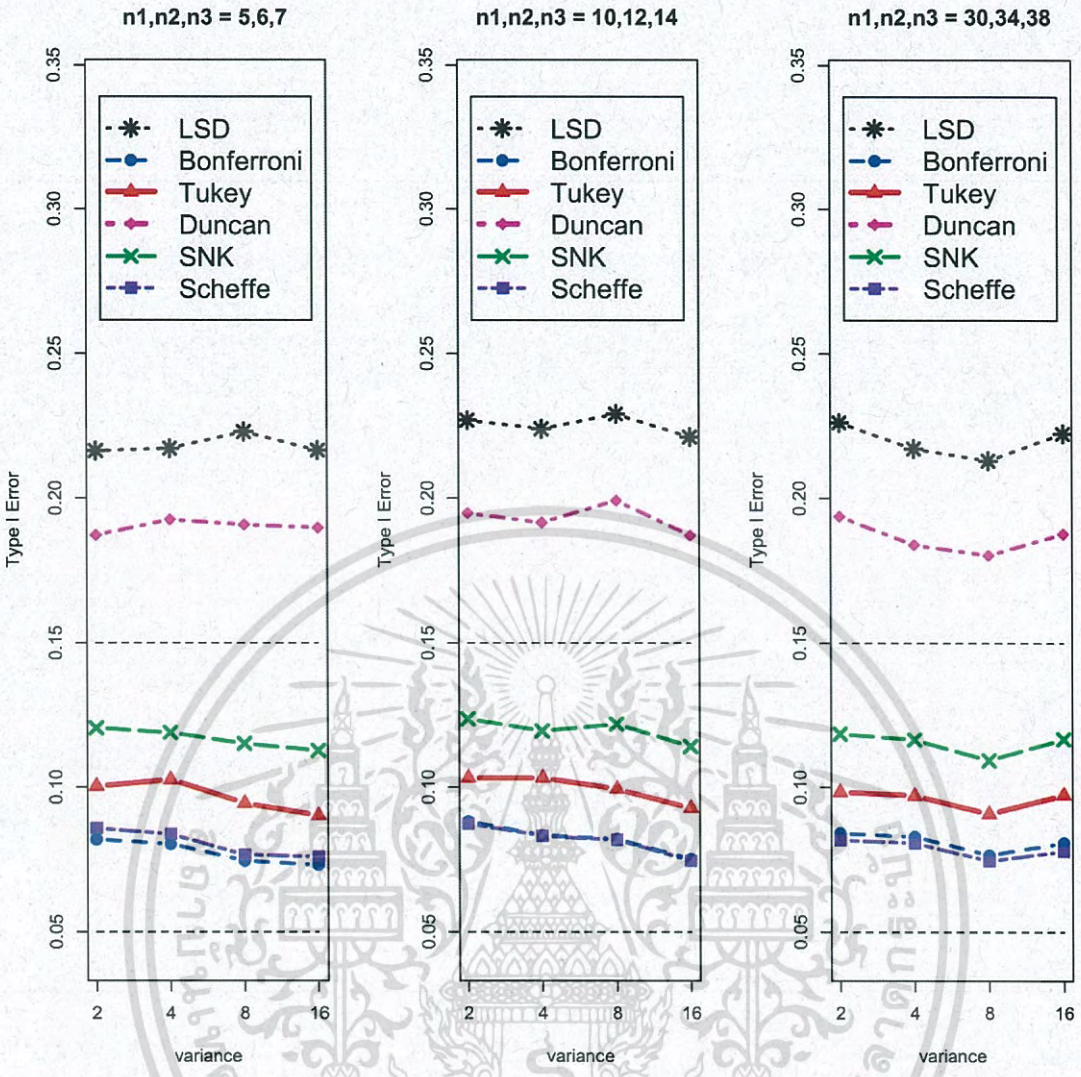


รูปที่ 4.11 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.11 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.12 พบว่าสถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ของ Bradley ในทุก ๆ สถานการณ์

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

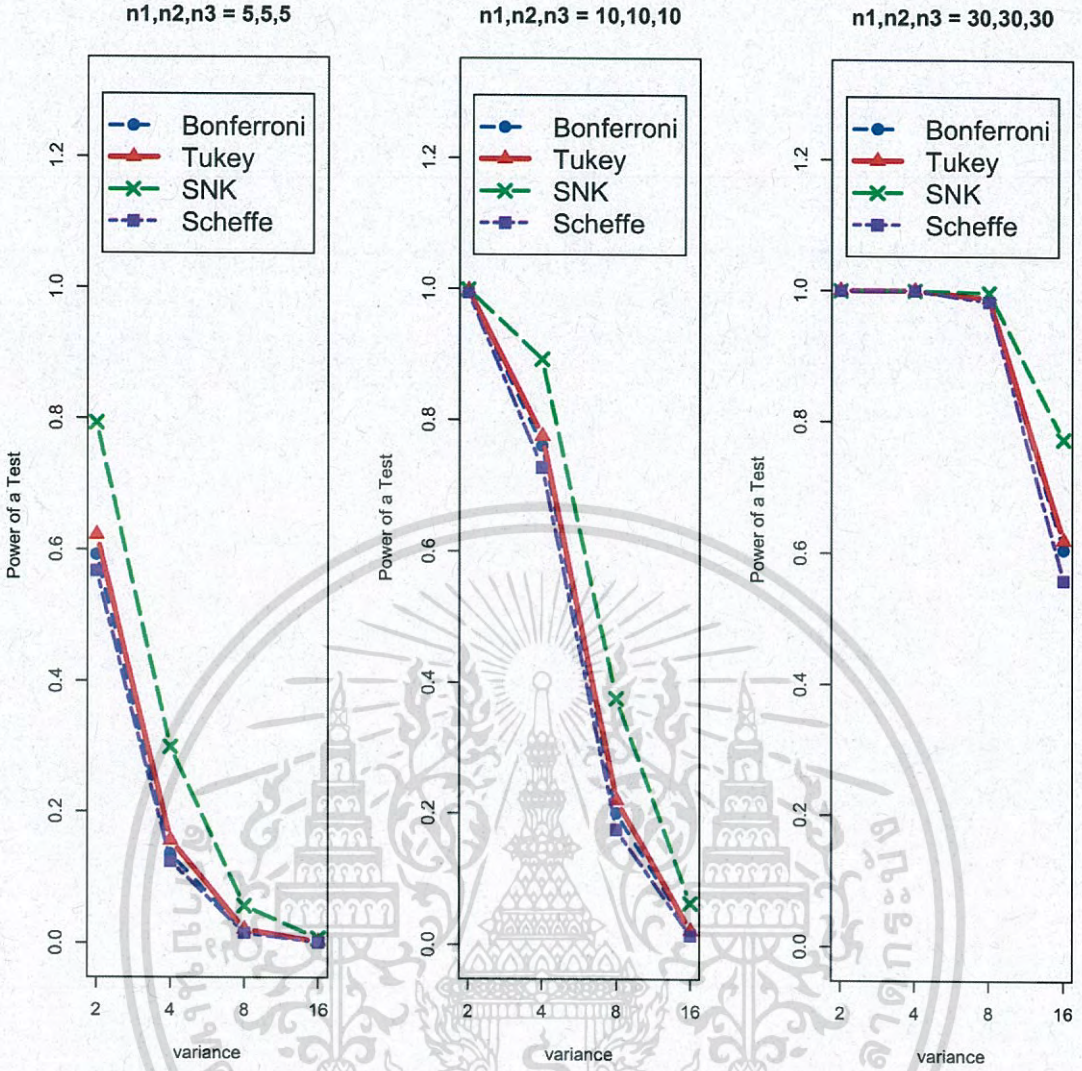
ตารางที่ 4.7 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.5930	0.9964	1*	0.7882	0.9992	1*
	Tukey	0.6218	0.9976	1*	0.8066	0.9994	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.7934*	0.9990*	1*	0.9196*	1*	1*
	Scheffe	0.5676	0.9942	1*	0.7586	0.9990	1*
4	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.1360	0.7608	1*	0.2338	0.8756	1*
	Tukey	0.1560	0.7748	1*	0.2560	0.8848	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.2992*	0.8932*	1*	0.4332*	0.9562*	1*
	Scheffe	0.1246	0.7272	1*	0.2122	0.8530	1*
8	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.0188	0.2012	0.9874	0.0320	0.3190	0.9904
	Tukey	0.0210	0.2204	0.9882	0.0362	0.3378	0.9916
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.0572*	0.3762*	0.9970*	0.0942*	0.5252*	0.9976*
	Scheffe	0.0160	0.1754	0.9832	0.0264	0.2796	0.9892
16	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.0024	0.0198	0.6062	0.0048	0.0382	0.7234
	Tukey	0.0024	0.0220	0.6198	0.0054	0.0416	0.7330
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.0084*	0.0640*	0.7732*	0.0144*	0.1066*	0.8530*
	Scheffe	0.0018	0.0150	0.5588	0.0034	0.0292	0.6852

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

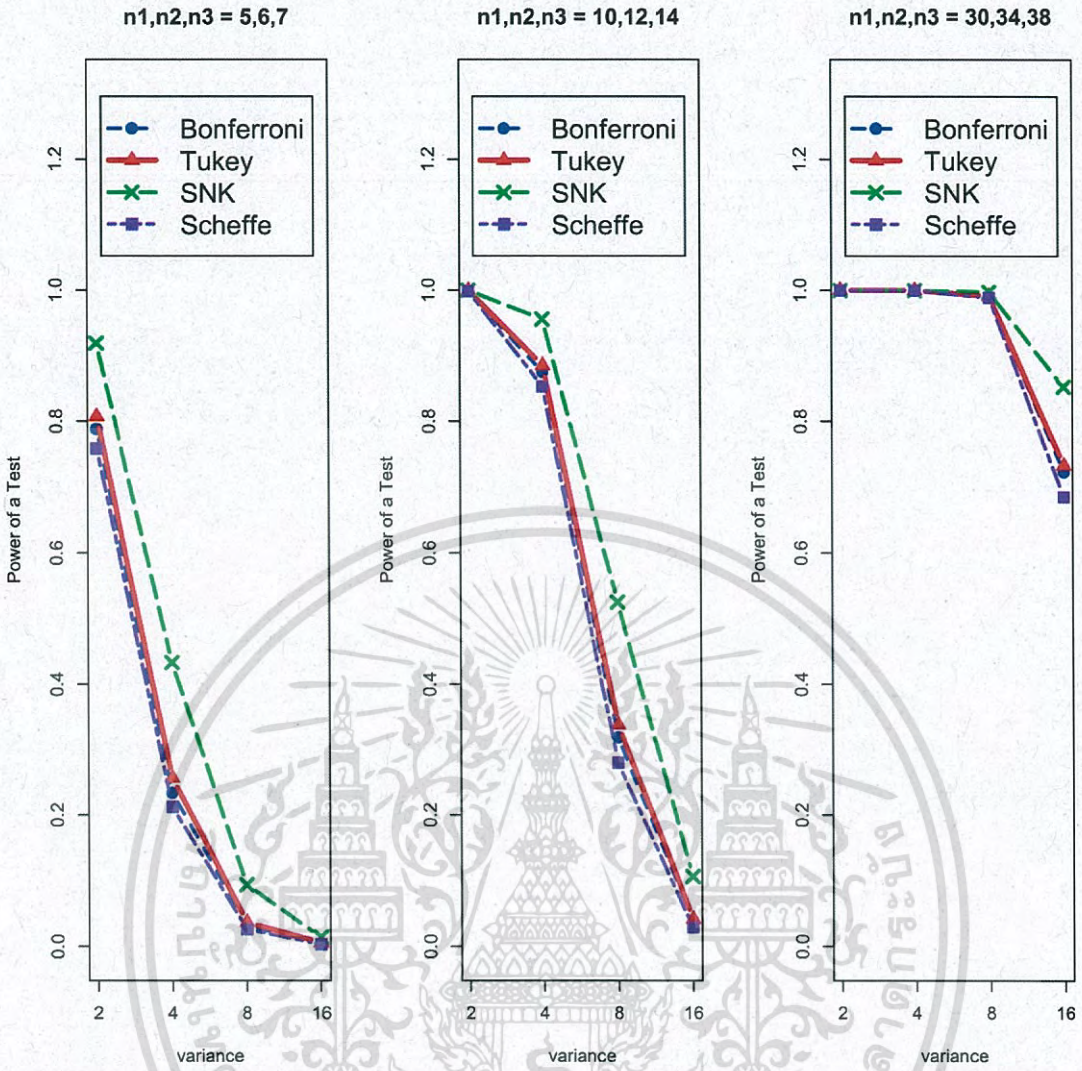
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.13 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,5,5) และ (10,10,10) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (30,30,30) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.14 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,6,7) และ (10,12,14) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (30,34,38) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.15 – 4.16

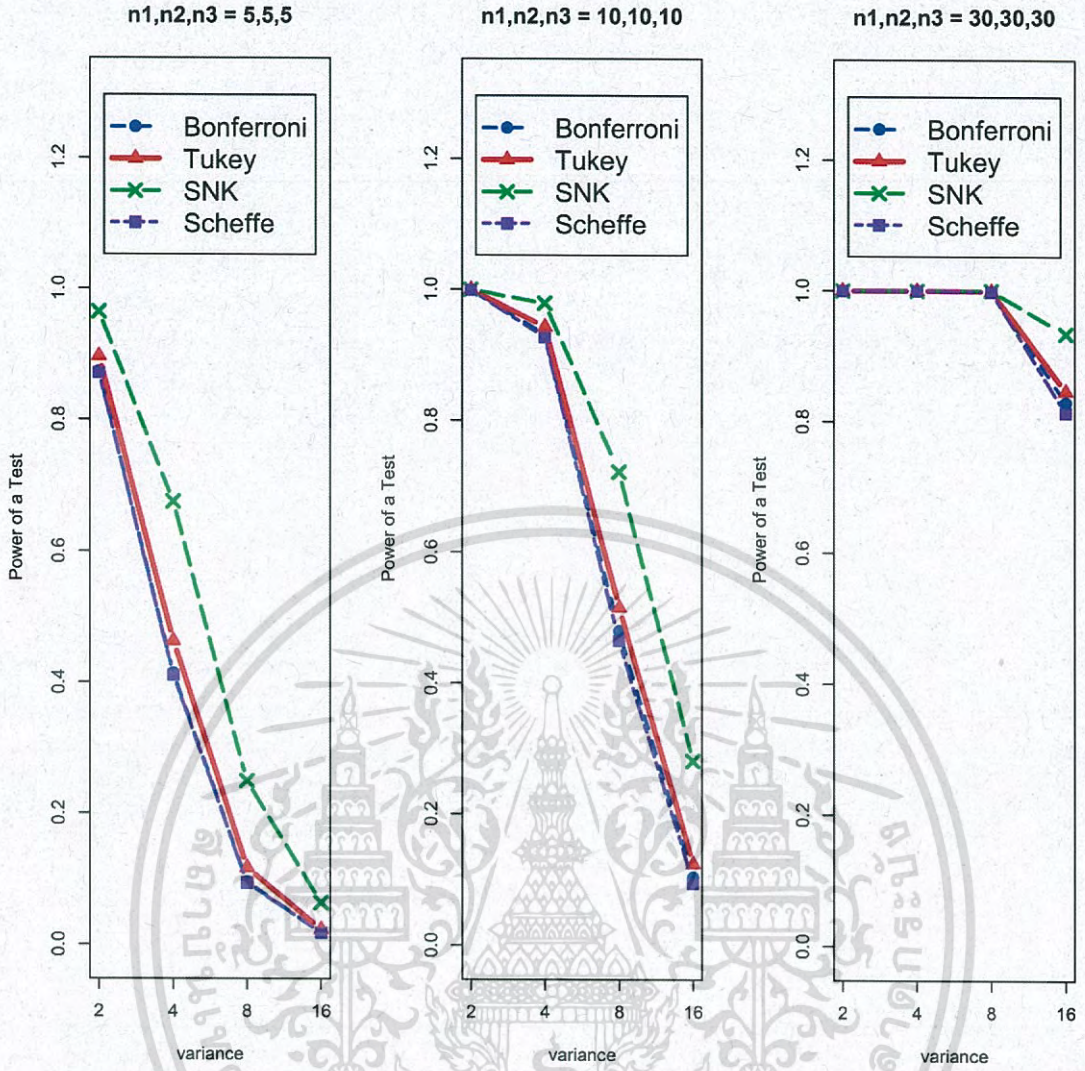
ตารางที่ 4.8 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.8734	0.9996	1*	0.9510	1*	1*
	Tukey	0.8960	0.9996	1*	0.9608	1*	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.9648*	1*	1*	0.9908*	1*	1*
	Scheffe	0.8712	0.9992	1*	0.9480	1*	1*
4	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.4138	0.9316	1*	0.5678	0.9732	1*
	Tukey	0.4626	0.9426	1*	0.6126	0.9790	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.6756*	0.9792*	1*	0.8004*	0.9926*	1*
	Scheffe	0.4108	0.9272	1*	0.5576	0.9698	1*
8	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.0958	0.4800	0.9990	0.1452	0.6284	0.9982
	Tukey	0.1168	0.5152	0.9994	0.1716	0.6556	0.9986
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.2498*	0.7224*	1*	0.3418*	0.8250*	0.9996*
	Scheffe	0.0942	0.4648	0.9986	0.1410	0.6084	0.9980
16	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.0184	0.1042	0.8298	0.0262	0.1726	0.8990
	Tukey	0.0226	0.1240	0.8462	0.0328	0.1970	0.9118
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.0646*	0.2816*	0.9344*	0.0904*	0.3720*	0.9678*
	Scheffe	0.0180	0.0950	0.8138	0.0252	0.1600	0.8856

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

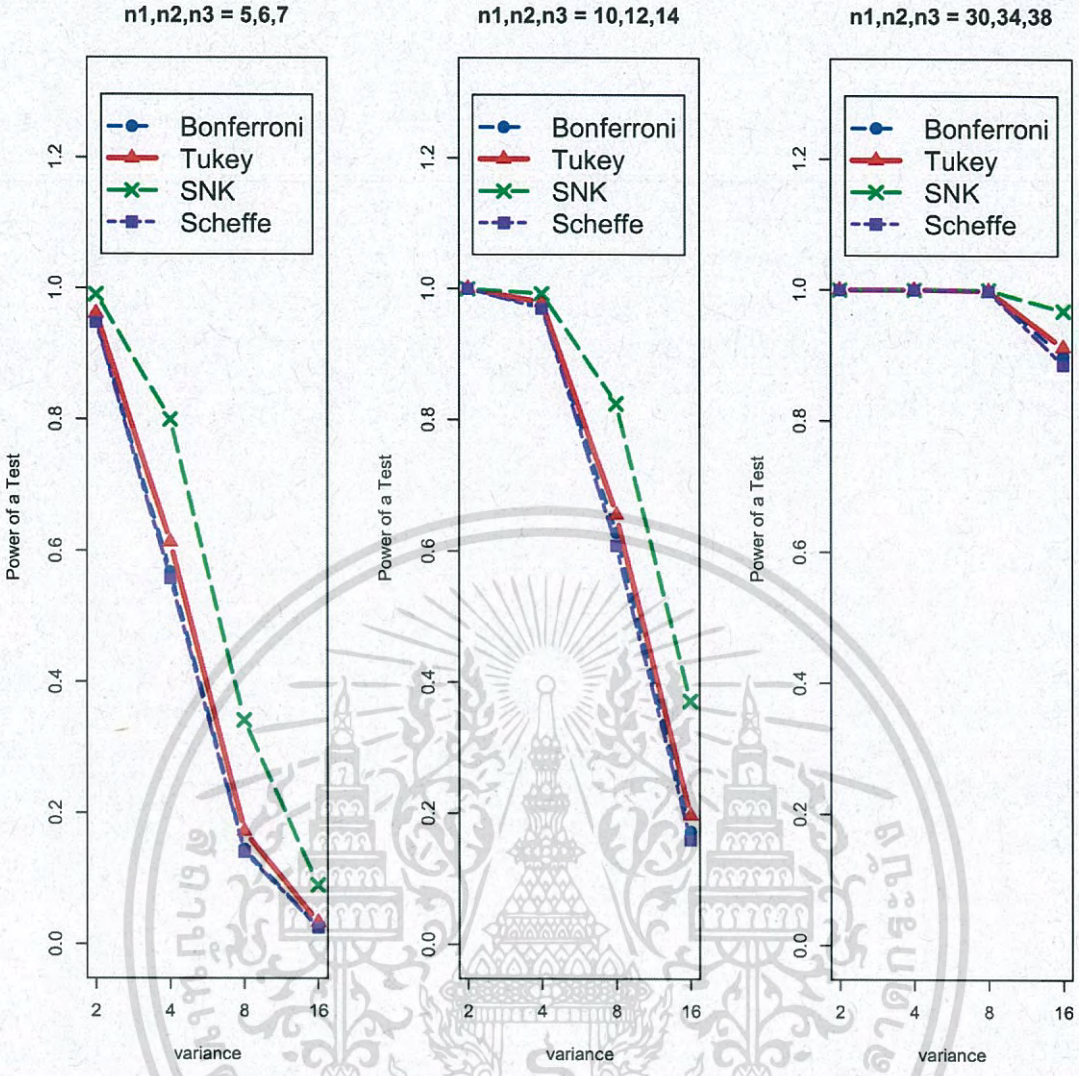
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.15 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,5,5) และ (10,10,10) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (30,30,30) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.16 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,6,7) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (10,12,14) ความแปรปรวนเป็น 2 และขนาดตัวอย่าง (30,34,38) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.17 – 4.18

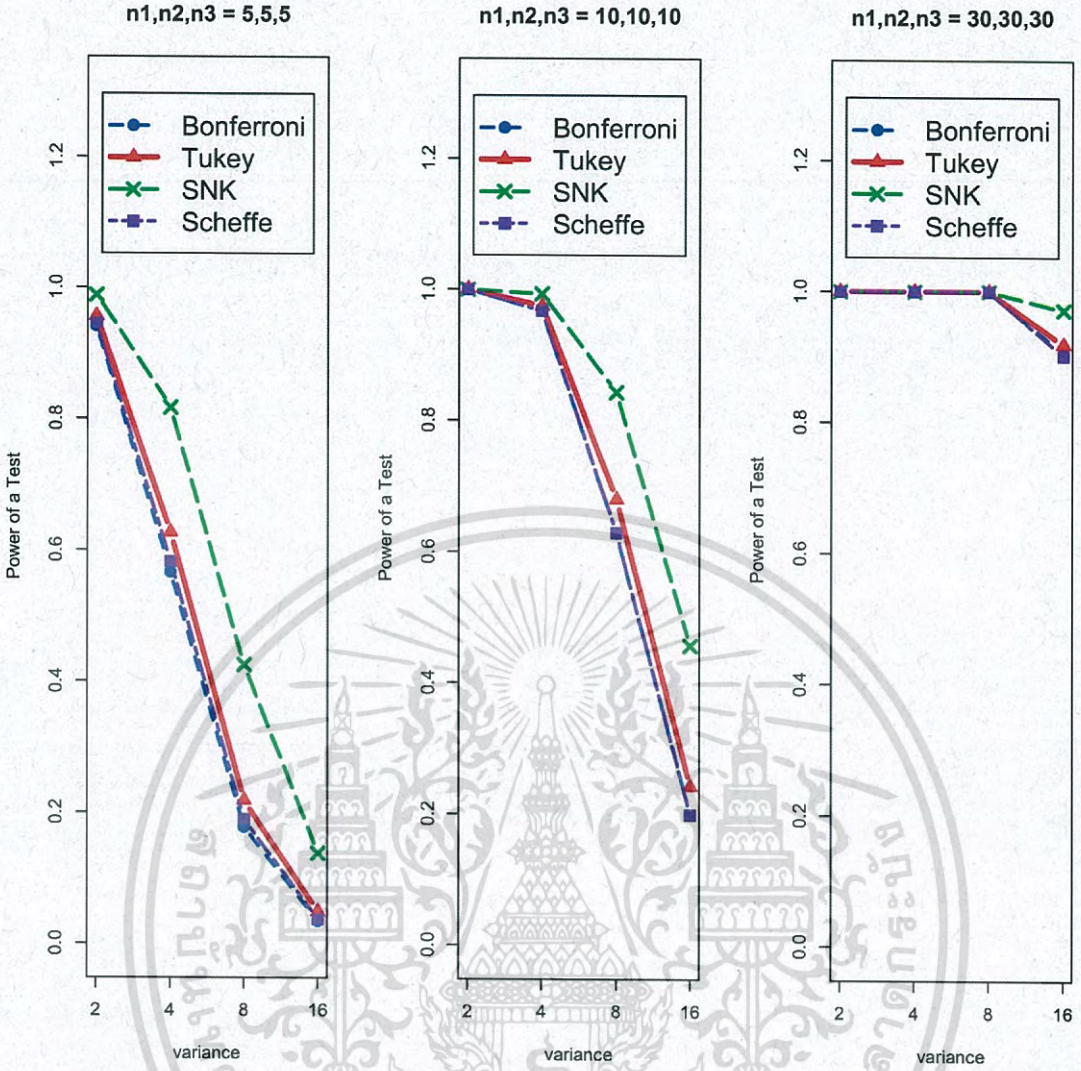
ตารางที่ 4.9 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.9410	0.9998	1*	0.9838	1*	1*
	Tukey	0.9554	1*	1*	0.9888	1*	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.9888*	1*	1*	0.9978*	1*	1*
	Scheffe	0.9458	0.9998	1*	0.9848	1*	1*
4	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.5668	0.9670	1*	0.7158	0.9872	1*
	Tukey	0.6268	0.9744	1*	0.7646	0.9902	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.8172*	0.9932*	1*	0.8924*	0.9980*	1*
	Scheffe	0.5822	0.9674	1*	0.7250	0.9872	1*
8	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.1786	0.6284	0.9998	0.2606	0.7544	0.9996
	Tukey	0.2182	0.6802	0.9998	0.3128	0.7950	0.9996
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.4252*	0.8432*	1*	0.5298*	0.9094*	1*
	Scheffe	0.1898	0.6288	0.9998	0.2690	0.7528	0.9994
16	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.0354	0.1990	0.9056	0.0586	0.2884	0.9472
	Tukey	0.0490	0.2420	0.9188	0.0766	0.3286	0.9562
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.1386*	0.4568*	0.9716*	0.1892*	0.5498*	0.9862*
	Scheffe	0.0376	0.1992	0.9018	0.0612	0.2878	0.9468

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

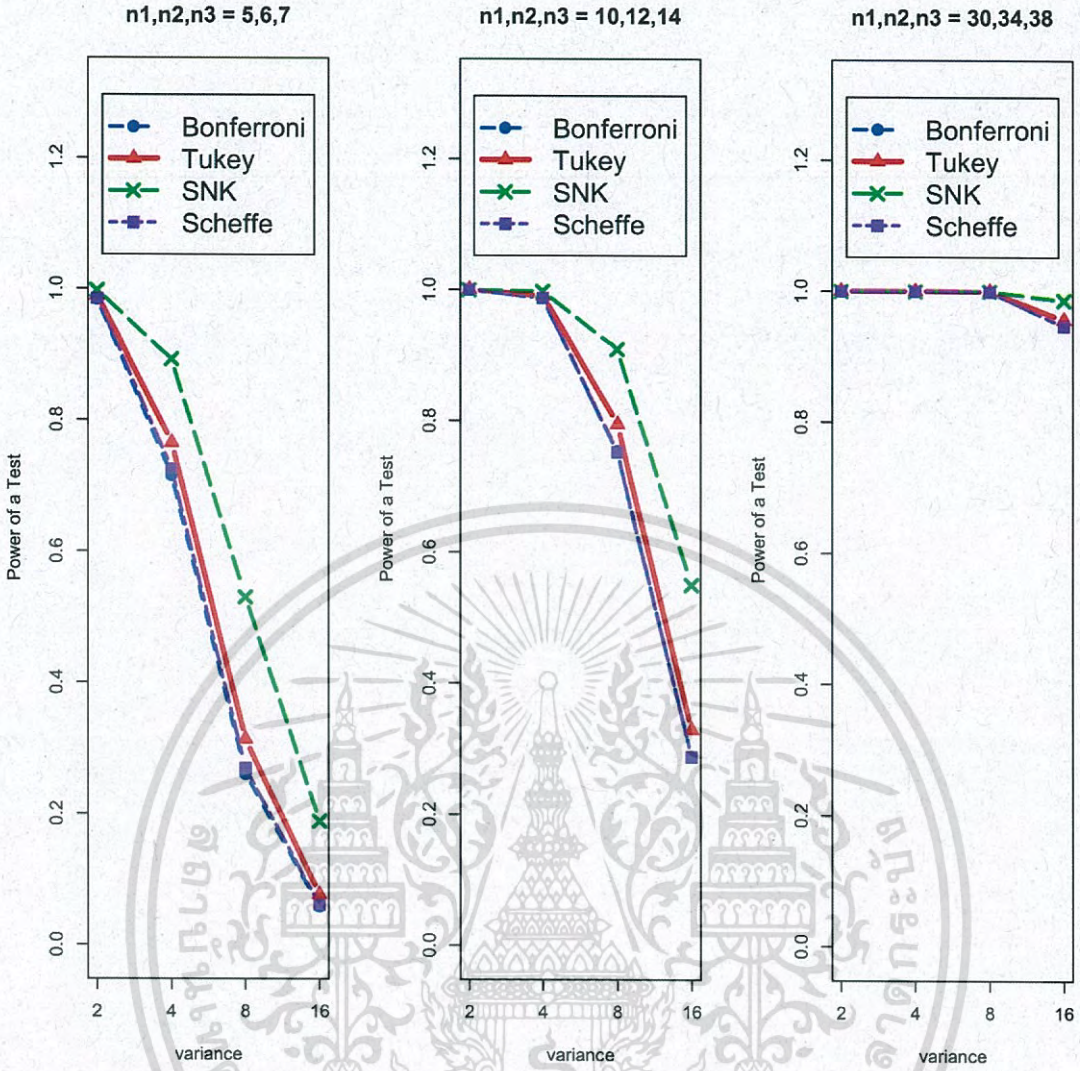
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.17 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,5,5) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง ที่ขนาดตัวอย่าง (10,10,10) ความแปรปรวนเป็น 2 สถิติทดสอบของ Tukey และสถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นเป็น 4 8 และ 16 สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่าง (30,30,30) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.18 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,6,7) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (10,12,14) ความแปรปรวนเป็น 2 และขนาดตัวอย่าง (30,34,38) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.19 – 4.20

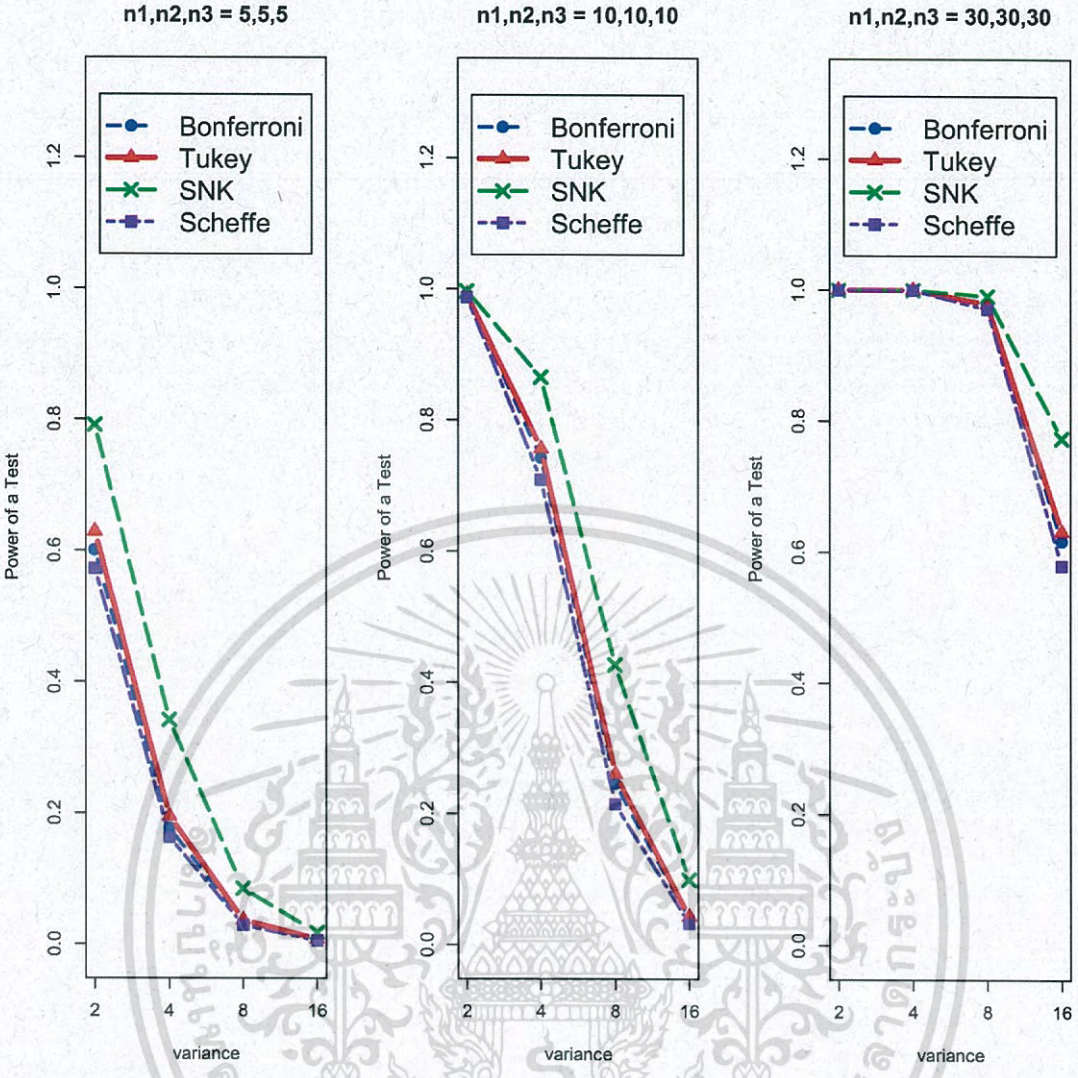
ตารางที่ 4.10 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.6010	0.9906	1*	0.7700	0.9988	1*
	Tukey	0.6282	0.9914	1*	0.7916	0.9990	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.7918*	0.9970*	1*	0.9028*	1*	1*
	Scheffe	0.5722	0.9870	1*	0.7444	0.9984	1*
4	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.1776	0.7430	1*	0.2774	0.8676	1*
	Tukey	0.1950	0.7562	1*	0.2966	0.8772	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.3418*	0.8656*	1*	0.4716*	0.9448*	1*
	Scheffe	0.1632	0.7092	1*	0.2532	0.8450	1*
8	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.0336	0.2468	0.9770	0.0472	0.3640	0.9872
	Tukey	0.0368	0.2608	0.9790	0.0522	0.3800	0.9880
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.0856*	0.4270*	0.9908*	0.1196*	0.5506*	0.9950*
	Scheffe	0.0292	0.2150	0.9710	0.0388	0.3280	0.9840
16	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.0074	0.0400	0.6176	0.0078	0.0636	0.7272
	Tukey	0.0080	0.0430	0.6312	0.0078	0.0680	0.7370
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.0180*	0.0998*	0.7740*	0.0246*	0.1562*	0.8450*
	Scheffe	0.0058	0.0330	0.5796	0.0060	0.0524	0.6834

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

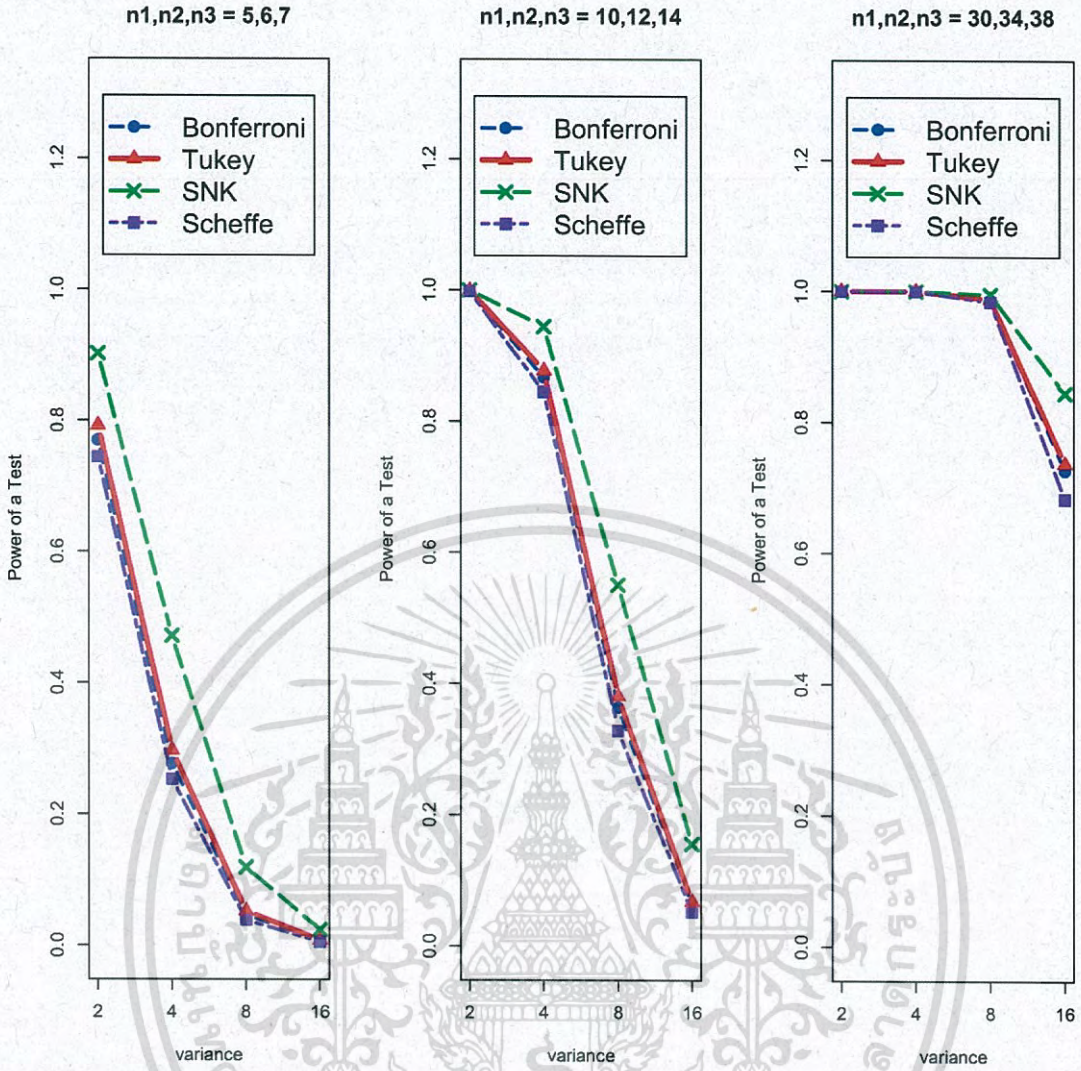
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.19 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,5,5) และ (10,10,10) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (30,30,30) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจกแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.20 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,6,7) และ (10,12,14) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (30,34,38) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.21 – 4.22

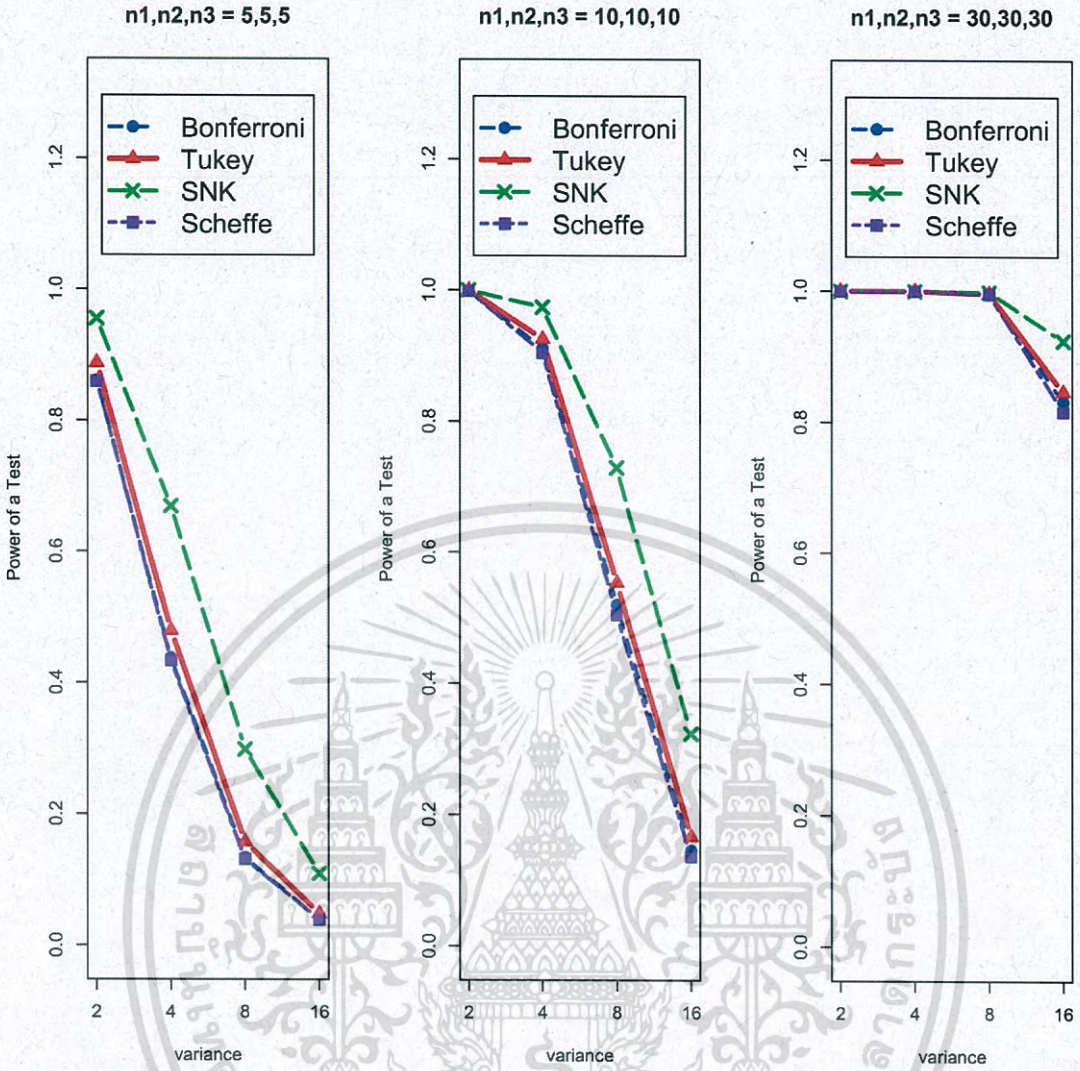
ตารางที่ 4.11 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.8612	0.9990	1*	0.9392	1*	1*
	Tukey	0.8872	0.9994	1*	0.9502	1*	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.9558*	1*	1*	0.9856*	1*	1*
	Scheffe	0.8596	0.9988	1*	0.9352	1*	1*
4	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.4374	0.9118	1*	0.5744	0.9652	1*
	Tukey	0.4784	0.9250	1*	0.6094	0.9708	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.6694*	0.9740*	1*	0.7794*	0.9894*	1*
	Scheffe	0.4330	0.9046	1*	0.5652	0.9614	1*
8	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.1340	0.5198	0.9952	0.1768	0.6420	0.9970
	Tukey	0.1574	0.5528	0.9962	0.2052	0.6680	0.9974
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.2990*	0.7294*	0.9984*	0.3816*	0.8142*	0.9992*
	Scheffe	0.1314	0.5042	0.9952	0.1710	0.6256	0.9966
16	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.0394	0.1460	0.8320	0.0440	0.2222	0.8882
	Tukey	0.0480	0.1664	0.8462	0.0544	0.2444	0.8988
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.1100*	0.3238*	0.9248*	0.1308*	0.4192*	0.9574*
	Scheffe	0.0392	0.1364	0.8162	0.0430	0.2092	0.8778

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

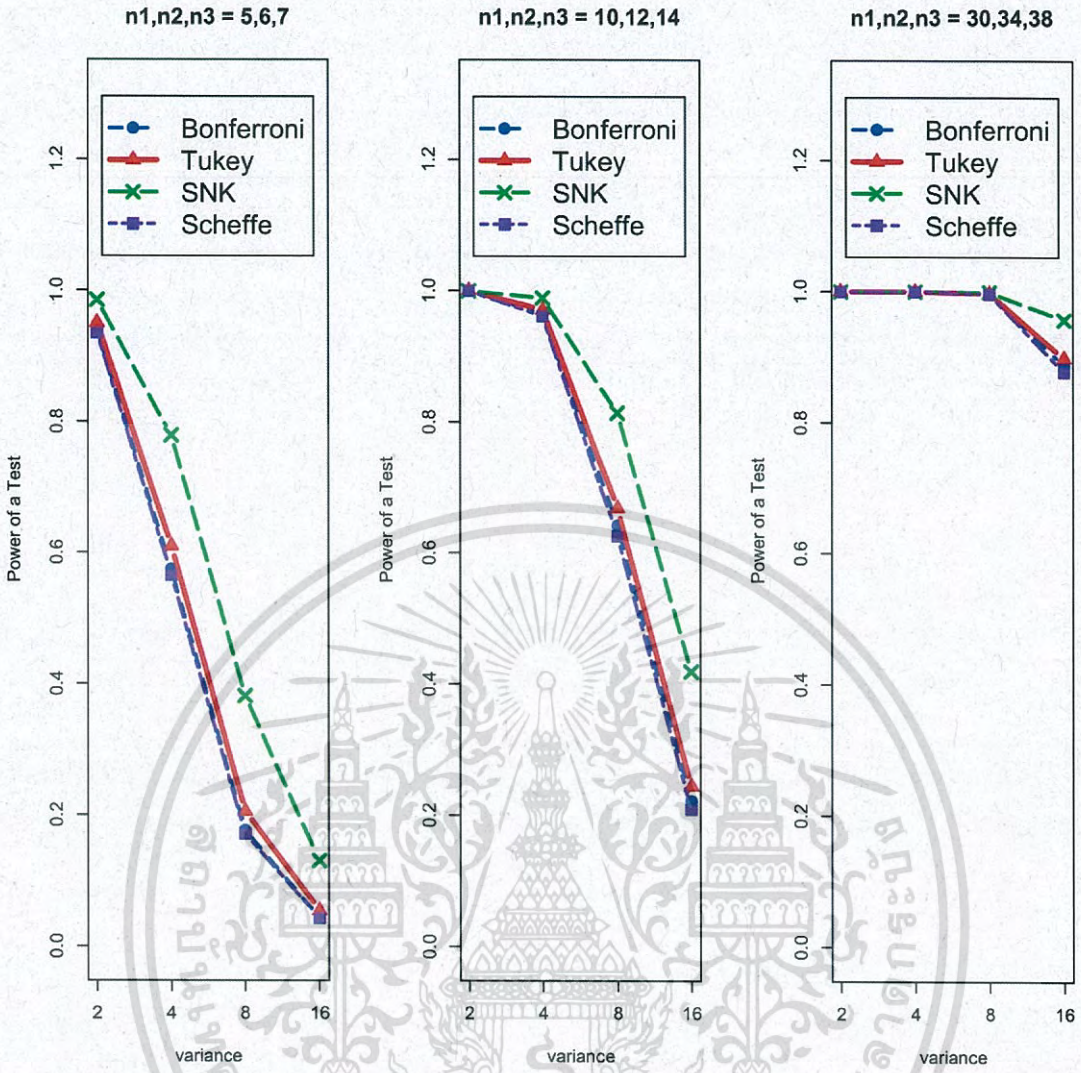
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.21 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,5,5) และ (10,10,10) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (30,30,30) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.22 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,6,7) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (10,12,14) ความแปรปรวนเป็น 2 และขนาดตัวอย่าง (30,34,38) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.23 – 4.24

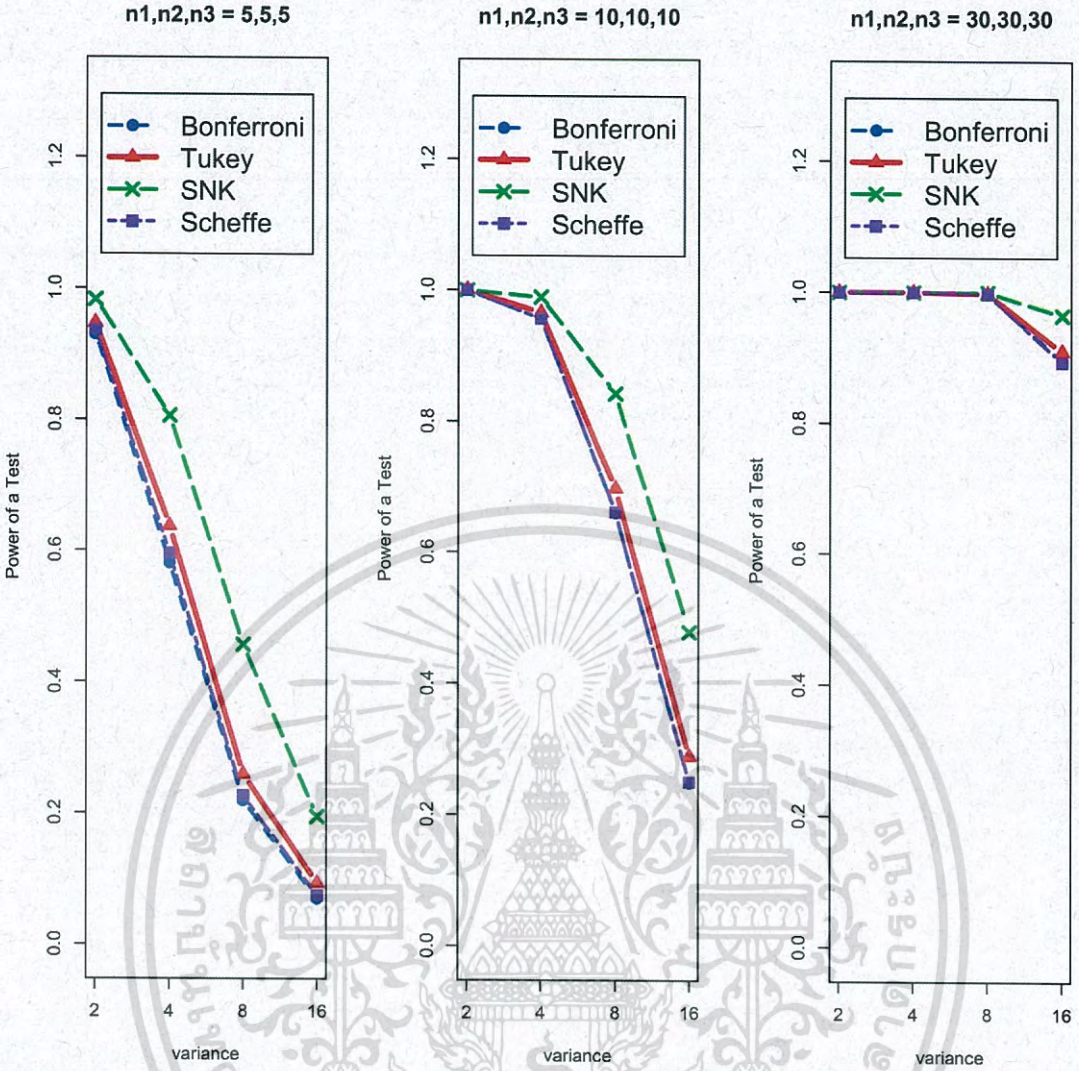
ตารางที่ 4.12 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
2	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.9304	0.9998	1*	0.9728	1*	1*
	Tukey	0.9464	1*	1*	0.9792	1*	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.9832*	1*	1*	0.9950*	1*	1*
	Scheffe	0.9366	0.9998	1*	0.9742	1*	1*
4	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.5812	0.9564	1*	0.7054	0.9824	1*
	Tukey	0.6364	0.9652	1*	0.7482	0.9850	1*
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.8060*	0.9896*	1*	0.8858*	0.9962*	1*
	Scheffe	0.5948	0.9566	1*	0.7138	0.9822	1*
8	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.2194	0.6604	0.9976	0.2952	0.7562	0.9986
	Tukey	0.2586	0.6974	0.9982	0.3468	0.7912	0.9990
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.4564*	0.8428*	0.9998*	0.5418*	0.8992*	1*
	Scheffe	0.2262	0.6610	0.9976	0.3024	0.7560	0.9986
16	LSD	–	–	–	–	–	–
	Bonferroni	0.0704	0.2492	0.8962	0.0870	0.3396	0.9390
	Tukey	0.0930	0.2884	0.9102	0.1106	0.3816	0.9472
	Duncan	–	–	–	–	–	–
	SNK	0.1948*	0.4784*	0.9652*	0.2448*	0.5834*	0.9802*
	Scheffe	0.0742	0.2498	0.8940	0.0912	0.3386	0.9374

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

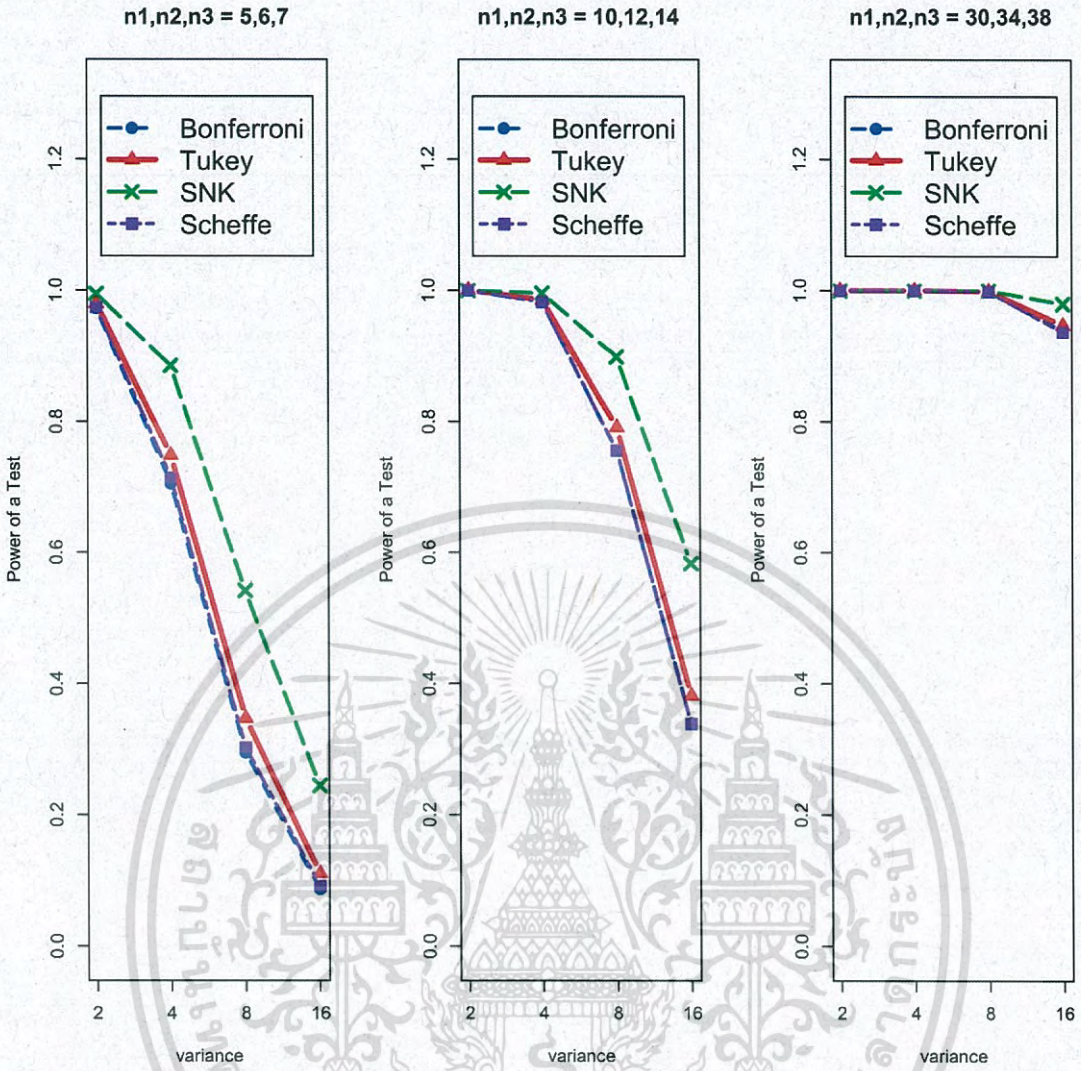
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.23 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,5,5) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง ที่ขนาดตัวอย่าง (10,10,10) ความแปรปรวนเป็น 2 สถิติทดสอบของ Tukey และสถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นเป็น 4 8 และ 16 สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่าง (30,30,30) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 กำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.24 พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง (5,6,7) สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกค่าความแปรปรวน และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง (10,12,14) ความแปรปรวนเป็น 2 และขนาดตัวอย่าง (30,34,38) ความแปรปรวนเป็น 2 กับ 4 สถิติทดสอบทั้ง 4 สถิติทดสอบ มีกำลังการทดสอบเป็น 1 และเมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 สถิติทดสอบ คือ สถิติทดสอบของฟิชเชอร์โดยใช้ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด (Fisher's Least Significant Difference Test : LSD) สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test) สถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey's Test) สถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (Student–Newman–Keul's Test : SNK Test) และสถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's Test) สรุปผลได้ดังนี้

5.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

ทั้งในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา ได้ผลสรุปเหมือนกัน คือ สถิติทดสอบของ Bonferroni สถิติทดสอบของ Tukey สถิติทดสอบของ SNK และสถิติทดสอบของ Scheffe สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา

แต่สถิติทดสอบ LSD และสถิติทดสอบของ Duncan ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ทุกสถานการณ์ที่ศึกษา

โดยสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา

ระดับนัยสำคัญ	ความแปรปรวน	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
0.01	2	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	4	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	8	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	16	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
0.05	2	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	4	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	8	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	16	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
0.1	2	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	4	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	8	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	16	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

ทั้งในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา ได้ผลสรุปเหมือนกัน คือ สถิติทดสอบของ Bonferroni สถิติทดสอบของ Tukey สถิติทดสอบของ SNK และสถิติทดสอบของ Scheffe มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดร่วมกันที่ขนาดตัวอย่าง (30,30,30) และ (30,34,38) ความแปรปรวนเป็น 2 และ 4 และที่ขนาดตัวอย่าง (10,12,14) ความแปรปรวนเป็น 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 สถิติทดสอบของ Tukey และสถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดร่วมกันที่ขนาดตัวอย่าง (10,10,10) ความแปรปรวนเป็น 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ส่วนในสถานการณ์อื่น ๆ สถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

สรุปได้ว่าสถิติทดสอบของ SNK มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถานการณ์ที่ศึกษา

โดยสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติและแกมมา

ระดับนัยสำคัญ	ความแปรปรวน	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		เท่ากัน			ไม่เท่ากัน		
		(5,5,5)	(10,10,10)	(30,30,30)	(5,6,7)	(10,12,14)	(30,34,38)
0.01	2	SNK	SNK	B,T,SNK,S	SNK	SNK	B,T,SNK,S
	4	SNK	SNK	B,T,SNK,S	SNK	SNK	B,T,SNK,S
	8	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	16	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
0.05	2	SNK	SNK	B,T,SNK,S	SNK	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	4	SNK	SNK	B,T,SNK,S	SNK	SNK	B,T,SNK,S
	8	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	16	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
0.1	2	SNK	T,SNK	B,T,SNK,S	SNK	B,T,SNK,S	B,T,SNK,S
	4	SNK	SNK	B,T,SNK,S	SNK	SNK	B,T,SNK,S
	8	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK
	16	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK	SNK

หมายเหตุ B หมายถึง สถิติทดสอบของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test)
T หมายถึง สถิติทดสอบของทูกีย์ (Tukey's Test)
SNK หมายถึง สถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล (SNK Test)
S หมายถึง สถิติทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe's Test)

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 Dunn–Sidak Test, R–E–G–W F Test, R–E–G–W Q Test, Tukey's–b Test, Hochberg's GT2 Test, Gabriel Test และ Waller–Duncan Test เป็นต้น

2. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากันหรือไม่เป็นอิสระกัน เพื่อศึกษาความแกร่งของสถิติทดสอบ (Robustness of Test)

3. คำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบ โดยใช้หลักการคำนวณแบบอัตราความผิดพลาดและกำลังการทดสอบ แบบอื่น ๆ

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

5. ศึกษาในกรณีที่กำหนดขนาดตัวอย่างอื่น ๆ นอกเหนือจากที่ได้ศึกษาไปในงานวิจัยนี้ ทั้งขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน โดยในกรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน อาจศึกษาในกรณีที่ขนาดตัวอย่างของแต่ละประชากรมีความแตกต่างกันอย่างมาก

6. ควรศึกษาในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงอื่น ๆ หรือมีการแจกแจงที่แตกต่างกันในแต่ละประชากร

7. ผู้วิจัยได้ลองคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยกำหนดค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเป็น 10 50 และ 100 พบว่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ในแต่ละสถิติทดสอบไม่แตกต่างจากที่กำหนดค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเป็น 4 และผู้วิจัยได้ลองคำนวณกำลังการทดสอบ โดยกำหนดค่าเฉลี่ยของประชากรเป็น (4,12,8) (8,4,12) (8,12,4) (12,4,8) (12,8,4) (50,54,58) และ (100,104,108) พบว่ากำลังการทดสอบในแต่ละสถิติทดสอบไม่แตกต่างจากที่กำหนดค่าเฉลี่ยของประชากรเป็น (4,8,12) แต่เมื่อผู้วิจัยกำหนดระยะห่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเป็น 1 2 และ 3 นั่นคือค่าเฉลี่ยของประชากรเป็น (4,5,6) (4,6,8) และ (4,7,10) ตามลำดับ พบว่ากำลังการทดสอบในแต่ละสถิติทดสอบลดลงจากที่กำหนดระยะห่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละประชากรเป็น 4 โดยเมื่อระยะห่างของค่าเฉลี่ยลดลงกำลังการทดสอบจะลดลงตาม และเมื่อพิจารณากำลังการทดสอบในแต่ละสถานการณ์และทุกระยะห่างของค่าเฉลี่ย พบว่าสถิติทดสอบของสติวเดนต์–นิวแมน–คูล มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถานการณ์และระยะห่างของค่าเฉลี่ยที่ผู้วิจัยลองศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ดังนั้นจากข้อ 7 ควรศึกษาในกรณีที่มีประชากรมากกว่า 3 ประชากร เช่น 4 5 และ 6 ประชากร หรือมากกว่า

9. งานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.2 และแพ็กเกจ agricolae เวอร์ชัน 1.2–2 สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยพบว่าในการคำนวณค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคนสำหรับสถิติทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน ที่องศาเสรีของภายในกลุ่มหรือความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ν และ p เท่ากับ $\nu+1,\nu+2,\nu+3,\ldots,\infty$ แพ็กเกจ agricolae จะคำนวณค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคนไม่ตรงกับค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคนที่เสนอโดย Harter, H. L. (1960) ซึ่งทำให้การคำนวณค่าพี (p–value) ของการทดสอบสมมุติฐานไม่ถูกต้องและอาจส่งผลต่อการปฏิเสธหรือยอมรับสมมุติฐานว่างที่ผิดพลาดไปจากความเป็นจริง

แต่ปัญหาที่กล่าวมาไม่ส่งผลกระทบต่องานวิจัยนี้ เพราะว่าผู้วิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ (5,5,5) (10,10,10) (30,30,30) (5,6,7) (10,12,14) และ (30,34,38) ซึ่งทำให้จำนวนองศาเสรีของภายในกลุ่มหรือความคลาดเคลื่อน สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวเป็น 12 27 87 15 33 และ 99 ตามลำดับ ซึ่งในกรณีนี้แพ็กเกจ agricolae จะคำนวณค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคนไม่ตรงตามที่ Harter เสนอ เมื่อ p มีค่าตั้งแต่ 13 28 88 16 34 และ 100 เป็นต้นไปตามลำดับ แต่ผู้วิจัยกำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 3 ประชากร จึงทำให้ค่า p ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีเพียง 2 และ 3 เท่านั้น

10. ในทางปฏิบัติแล้วการเปรียบเทียบพหุคูณจะกระทำภายหลังเมื่อทราบว่าค่าสถิติทดสอบเอฟในการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีนัยสำคัญทางสถิติ และโดยทั่วไปผู้วิจัยควรตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนก่อนทำการวิเคราะห์ ดังนั้นควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนและภายหลังการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้น แต่ทั้งนี้ในการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นควรเลือกใช้สถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพในสถานการณ์นั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมล บุษบา. 2554. **เอกสารประกอบการอบรมการเลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ความแปรปรวน**. ม.ป.ท.

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

จิราวัลย์ จิตรถเวช. 2552. **การวางแผนและการวิเคราะห์การทดลอง**. กรุงเทพฯ : ไทยพัฒนารายวันการพิมพ์.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2555. **สถิติ : การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย R**. พิมพ์ครั้งที่ 2 ปรับปรุงครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์. 2556. **เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติคณิตศาสตร์ 1**. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นิภาพร ขำสะอาด. 2552. **อำนาจการทดสอบของการใช้สถิติการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย**. ปริญญานิพนธ์ การวิจัยและสถิติทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

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

ปารเมศ ชุติมา. 2545. **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปุณยนุช พินชู. 2548. **การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์**. วิทยานิพนธ์ สถิติการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555. **ความน่าจะเป็นและสถิติ**. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มานะชัย รอดชื่น. **การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยใช้การจำลองข้อมูล**. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*. ปีที่ 41. ฉบับที่ 3. 2556. หน้า 638–647.

เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม. **ความแกร่ง (Robustness) ในการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ**. *วารสารการวัดผลการศึกษา*. (มศว ประสานมิตร) ปีที่ 12. ฉบับที่ 34. (พ.ค.-ส.ค. 2533) หน้า 17–22.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2553. **สถิติเพื่อการวิจัยด้วยโปรแกรม R เล่ม 2 การทดสอบความสัมพันธ์และน็อนพาราเมตริก**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุพีเรียพริ้นติ้งเฮาส์.

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

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

สาลินี เขื่อนคำ. 2555. **สถิติทดสอบสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ใช่แบบปกติ**. วิทยานิพนธ์ สถิติ. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สุญาณี จิตตะยโศธร. 2525. **การศึกษาโดยวิธีมอนติคาร์โล : การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากข้อมูลที่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการเปรียบพหุคูณ**. วิทยานิพนธ์วิจัยการศึกษา. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2528. **การตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ang, A. H–S. and Tang, W. H. 2007. **Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering**. 2nd ed. New York : John Wiley & sons.

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

Bretz, F. Hothorn, T. and Westfall, P. 2010. **Multiple Comparisons Using R**. Boca Raton, FL. : CRC Press.

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

Chang, W. 2013. **R Graphics Cookbook**. Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA. : O'Reilly Media.

Conagin, A. and Barbin, D. **Modified Dunnett's Test for a Randomized Complete Block Design**. *Biometric Brazilian Journal*. Vol 29, No. 4, 2011, pages 599–610.

De Mendiburu, F. (2015, September 1). **agricolae tutorial**. [Online]. Availale : https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/vignettes/tutorial.pdf. version 1.2–2.

De Mendiburu, F. (2015, September 1). **agricolae**. [Online]. Availale : https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/agricolae.pdf. R package version 1.2–2.

Field, A. Miles, J. and Field, Z. 2012. **Discovering Statistics Using R**. Newbury Park, CA. : SAGE Publications.

Harter, H. L. **Critical Values for Duncan's New Multiple Range Test**. *International Biometric Society*, Vol 16, No 4, December 1960, pages 671–685.

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

Matloff, N. 2011. **The Art of R Programming: A Tour of Statistical Software Design**. San Francisco, CA. : No Starch Press.

Montgomery, D. C. 2013. **Design and Analysis of Experiments**. 8th ed. New York : John Wiley & sons.

Montgomery, D. C. and Runger, G. C. 2014. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 6th ed. New York : John Wiley & sons.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oehlert, G. W. 2000. **A First Course in Design and Analysis of Experiments**. New York : W. H. Freeman & Co.

Ozkaya, G. and Ercan. I. **Examining Multiple Comparison Procedures According to Error Rate, Power Type and False Discovery Rate**. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, Vol 11, Issue 2, 2012, pages 347–360.

Paulson, D. S. 2003. **Applied Statistical Designs for the Researcher**. Boca Raton, FL. : CRC Press.

Pizarro, J. Guerrero, E. and Galindo, P. L. **Multiple Comparison Procedures Applied to Model Selection**. *Journal of Neurocomputing*, Vol 48, 2002, pages 155–173.

Rasch, D. Kubinger, K. D. and Yanagida, T. 2011. **Statistics in Psychology Using R and SPSS**. New York : John Wiley & sons.

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

Sawyer, S. F. **Analysis of Variance: The Fundamental Concepts**. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*. Vol 17, No. 2, 2009, pages E27–E38.

Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1981. **Principles and Procedures of Statistics**. 2nd ed. Auckland : McGraw–Hill.

Toutenburg, H. and Shalabh. 2009. **Statistical Analysis of Designed Experiments**. 3th ed. New York : Springer Science.

Vallejo, S. G. Menendez De La, F. I. and Fernandez, G. P. **Multiple Comparison Procedures for Simple One–Way ANOVA with Dependent Data**. *Spanish Journal of Psychology*, Vol 2, Issue 1, 1999, pages 55–63.

Verzani, J. 2004. **Using R for Introductory Statistics**. Boca Raton, FL. : CRC Press.

Wackerly, D. D. Mendenhall, W. III. and Scheaffer, R. L. 2008. **Mathematical Statistics with Applications**. 7th ed. Belmont, CA. : Thomson Brooks/Cole.

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(agricolae)
M=5000
N=4
O=6
alpha=0.01
n1=c(5,10,30,5,10,30)
n2=c(5,10,30,6,12,34)
n3=c(5,10,30,7,14,38)
Mu1=c(4,4,4,4)
Mu2=c(4,4,4,4)
Mu3=c(4,4,4,4)
Var1=c(2,4,8,16)
Var2=c(2,4,8,16)
Var3=c(2,4,8,16)
COUNT <- array(rep(0,4*6*6),dim=c(4,6,6))
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]))
                  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

                  L=LSD.test(values,ind,df,MS,group=F)
                  pvalueLSD=L$comparison$pvalue
                  if((pvalueLSD[1]<=alpha)||(pvalueLSD[2]<=alpha)||(p
                  valueLSD[3]<=alpha)) COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1

                  B=LSD.test(values,ind,df,MS,p.adj="bon",group=F)
                  pvalueBON=B$comparison$pvalue
                  if((pvalueBON[1]<=alpha)||(pvalueBON[2]<=alpha)||(p
                  valueBON[3]<=alpha)) COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1

                  T=HSD.test(values,ind,df,MS,group=F)
                  pvalueTUK=T$comparison$pvalue
                  if((pvalueTUK[1]<=alpha)||(pvalueTUK[2]<=alpha)||(p
                  valueTUK[3]<=alpha)) COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+1

                  LSR=duncan.test(values,ind,df,MS,group=F)
                  pvalueLSR=LSR$comparison$pvalue
                  if((pvalueLSR[1]<=alpha)||(pvalueLSR[2]<=alpha)||(p
                  valueLSR[3]<=alpha)) COUNT[j,4,k]=COUNT[j,4,k]+1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    K=SNK.test(values,ind,df,MS,group=F)
                    pvalueSNK=K$comparison$pvalue
                    if((pvalueSNK[1]<=alpha)||(pvalueSNK[2]<=alpha)||(p
                    valueSNK[3]<=alpha)) COUNT[j,5,k]=COUNT[j,5,k]+1

                    S=scheffe.test(values,ind,df,MS,group=F)
                    pvalueSCH=S$comparison$pvalue
                    if((pvalueSCH[1]<=alpha)||(pvalueSCH[2]<=alpha)||(p
                    valueSCH[3]<=alpha)) COUNT[j,6,k]=COUNT[j,6,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 สำหรับคำนวณกำลังการทดสอบ
ในกรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ตารางที่ 4.10)

****

```
library(agricolae)
M=5000
N=4
O=6
alpha=0.01
n1=c(5,10,30,5,10,30)
n2=c(5,10,30,6,12,34)
n3=c(5,10,30,7,14,38)
Alpha1=c(8,4,2,1)
Alpha2=c(32,16,8,4)
Alpha3=c(72,36,18,9)
Beta1=c(1/2,1,2,4)
Beta2=c(1/4,1/2,1,2)
Beta3=c(1/6,1/3,2/3,4/3)
COUNT <- array(rep(0,4*6*6),dim=c(4,6,6))
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]))
                  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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    L=LSD.test(values,ind,df,MS,group=F)
                    pvalueLSD=L$comparison$pvalue
                    if((pvalueLSD[1]<=alpha)&(pvalueLSD[2]<=alpha)&(pva
                    lueLSD[3]<=alpha)) COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1

                    B=LSD.test(values,ind,df,MS,p.adj="bon",group=F)
                    pvalueBON=B$comparison$pvalue
                    if((pvalueBON[1]<=alpha)&(pvalueBON[2]<=alpha)&(pva
                    lueBON[3]<=alpha)) COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1

                    T=HSD.test(values,ind,df,MS,group=F)
                    pvalueTUK=T$comparison$pvalue
                    if((pvalueTUK[1]<=alpha)&(pvalueTUK[2]<=alpha)&(pva
                    lueTUK[3]<=alpha)) COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+1

                    LSR=duncan.test(values,ind,df,MS,group=F)
                    pvalueLSR=LSR$comparison$pvalue
                    if((pvalueLSR[1]<=alpha)&(pvalueLSR[2]<=alpha)&(pva
                    lueLSR[3]<=alpha)) COUNT[j,4,k]=COUNT[j,4,k]+1

                    K=SNK.test(values,ind,df,MS,group=F)
                    pvalueSNK=K$comparison$pvalue
                    if((pvalueSNK[1]<=alpha)&(pvalueSNK[2]<=alpha)&(pva
                    lueSNK[3]<=alpha)) COUNT[j,5,k]=COUNT[j,5,k]+1

                    S=scheffe.test(values,ind,df,MS,group=F)
                    pvalueSCH=S$comparison$pvalue
                    if((pvalueSCH[1]<=alpha)&(pvalueSCH[2]<=alpha)&(pva
                    lueSCH[3]<=alpha)) COUNT[j,6,k]=COUNT[j,6,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(-8,16,length.out = 10000)
plot(x,dnorm(x,4,sqrt(2)),col="red",lwd=3,type="l",lty=1,ylim=c(0,0.3
0),ylab="Density",main="Normal Probability Density Function")
lines(x,dnorm(x,4,sqrt(4)),lty = 2,col = "blue",lwd = 4,type = "l")
lines(x,dnorm(x,4,sqrt(8)),lty = 3,col = "black",lwd = 5,type = "l")
lines(x,dnorm(x,4,sqrt(16)),lty = 4,col = 451,lwd = 5,type = "l")
labels = c("N(4,2)","N(4,4)","N(4,8)","N(4,16)")
colors = c("red","blue","black",451)
A = c(1,2,3,4)
legend("topright",inset = 0.05,labels,lwd = 3,lty = A,col = colors)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟการแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา (รูปที่ 3.2)

****

```
x=seq(0,15,length.out = 10000)
plot(x,dgamma(x,8,2),col="red",lwd=3,type="l",lty=1,ylim=c(0,0.30),yl
ab="Density",main="Gamma Probability Density Function")
lines(x,dgamma(x,4,1),lty = 2,col = "blue",lwd = 4,type = "l")
lines(x,dgamma(x,2,1/2),lty = 3,col = "black",lwd = 5,type = "l")
lines(x,dgamma(x,1,1/4),lty = 4,col = 451,lwd = 5,type = "l")
labels = c("Gamma(8,1/2)","Gamma(4,1)","Gamma(2,2) or Chi-
Squared(4)","Gamma(1,4) or Exponential(4)")
colors = c("red","blue","black",451)
A = c(1,2,3,4)
legend("topright",inset = 0.05,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)
LSD1 = c(0.0254,0.0218,0.0278,0.0232)
BON1 = c(0.0090,0.0062,0.0106,0.0094)
TUK1 = c(0.0108,0.0080,0.0120,0.0110)
DUN1 = c(0.0210,0.0160,0.0238,0.0192)
SNK1 = c(0.0112,0.0092,0.0130,0.0118)
SCH1 = c(0.0072,0.0052,0.0086,0.0088)

LSD2 = c(0.0244,0.0294,0.0266,0.0238)
BON2 = c(0.0086,0.0086,0.0070,0.0094)
TUK2 = c(0.0096,0.0096,0.0086,0.0100)
DUN2 = c(0.0184,0.0222,0.0194,0.0182)
SNK2 = c(0.0106,0.0106,0.0100,0.0116)
SCH2 = c(0.0064,0.0076,0.0052,0.0086)

LSD3 = c(0.0264,0.0278,0.0228,0.0236)
BON3 = c(0.0084,0.0094,0.0086,0.0074)
TUK3 = c(0.0088,0.0114,0.0090,0.0078)
DUN3 = c(0.0182,0.0208,0.0184,0.0182)
SNK3 = c(0.0100,0.0128,0.0090,0.0082)
SCH3 = c(0.0068,0.0078,0.0074,0.0054)
y    = c('2','4','8','16')
x    = seq(1,4)

par(mfrow=c(1,3))

plot(x,LSD1,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim
= c(0.005,0.04),main = "n1,n2,n3 = 5,5,5",xlab = "variance",ylab =
"Type I Error",pch = 8,cex=1.5)
lines(x,BON1,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch =
16,cex=1.5)
lines(x,TUK1,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch =
17,cex=1.5)
lines(x,DUN1,type = "b",lty = 4,lwd = 2,col = 150,pch = 18,cex=1.5)
lines(x,SNK1,type = "b",lty = 5,lwd = 2,col = 451,pch = 4,cex=1.5)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lines(x,SCH1,type = "b",lty = 6,lwd = 2,col = "purple",pch =
15,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("LSD","Bonferroni","Tukey","Duncan","SNK","Scheffe")
lwdd=c(2,2,2.9,2.9,2,2)
ltyy=c(3,2,1,4,5,6)
colors = c("black","blue","red",150,451,"purple")
pchh = c(8,16,17,18,4,15)
legend("top",inset = .04,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col =
colors,pch = pchh,cex=1.5)

plot(x,LSD2,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim
= c(0.005,0.04),main = "n1,n2,n3 = 10,10,10",xlab = "variance",ylab =
"Type I Error",pch = 8,cex=1.5)
lines(x,BON2,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch =
16,cex=1.5)
lines(x,TUK2,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch =
17,cex=1.5)
lines(x,DUN2,type = "b",lty = 4,lwd = 2,col = 150,pch = 18,cex=1.5)
lines(x,SNK2,type = "b",lty = 5,lwd = 2,col = 451,pch = 4,cex=1.5)
lines(x,SCH2,type = "b",lty = 6,lwd = 2,col = "purple",pch =
15,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("LSD","Bonferroni","Tukey","Duncan","SNK","Scheffe")
lwdd=c(2,2,2.9,2.9,2,2)
ltyy=c(3,2,1,4,5,6)
colors = c("black","blue","red",150,451,"purple")
pchh = c(8,16,17,18,4,15)
legend("top",inset = .04,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col =
colors,pch = pchh,cex=1.5)

plot(x,LSD3,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim
= c(0.005,0.04),main = "n1,n2,n3 = 30,30,30",xlab = "variance",ylab =
"Type I Error",pch = 8,cex=1.5)
lines(x,BON3,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch =
16,cex=1.5)
lines(x,TUK3,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch =
17,cex=1.5)
lines(x,DUN3,type = "b",lty = 4,lwd = 2,col = 150,pch = 18,cex=1.5)
lines(x,SNK3,type = "b",lty = 5,lwd = 2,col = 451,pch = 4,cex=1.5)
lines(x,SCH3,type = "b",lty = 6,lwd = 2,col = "purple",pch =
15,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("LSD","Bonferroni","Tukey","Duncan","SNK","Scheffe")
lwdd=c(2,2,2.9,2.9,2,2)
ltyy=c(3,2,1,4,5,6)
colors = c("black","blue","red",150,451,"purple")
pchh = c(8,16,17,18,4,15)
legend("top",inset = .04,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col =
colors,pch = pchh,cex=1.5)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ
กรณีข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
(รูปที่ 4.14)

****

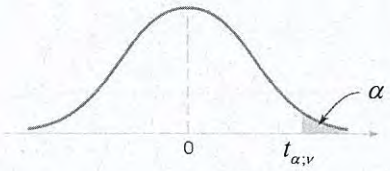
```
BON1 = c(0.7882,0.2338,0.0320,0.0048)
TUK1 = c(0.8066,0.2560,0.0362,0.0054)
SNK1 = c(0.9196,0.4332,0.0942,0.0144)
SCH1 = c(0.7586,0.2122,0.0264,0.0034)

BON2 = c(0.9992,0.8756,0.3190,0.0382)
TUK2 = c(0.9994,0.8848,0.3378,0.0416)
SNK2 = c(1,0.9562,0.5252,0.1066)
SCH2 = c(0.9990,0.8530,0.2796,0.0292)

BON3 = c(1,1,0.9904,0.7234)
TUK3 = c(1,1,0.9916,0.7330)
SNK3 = c(1,1,0.9976,0.8530)
SCH3 = c(1,1,0.9892,0.6852)
y    = c('2','4','8','16')
x    = seq(1,4)

par(mfrow=c(1,3))

plot(x,BON1,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",xaxt = "n",ylim =
c(0,1.3),main = "n1,n2,n3 = 5,6,7",xlab = "variance",ylab = "Power of
a Test",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,TUK1,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch =
17,cex=1.5)
lines(x,SNK1,type = "b",lty = 5,lwd = 2,col = 451,pch = 4,cex=1.5)
lines(x,SCH1,type = "b",lty = 6,lwd = 2,col = "purple",pch =
15,cex=1.5)
axis(1, at = 1:4, labels = y)
labels = c("Bonferroni","Tukey","SNK","Scheffe")
lwdd=c(2,2.9,2,2)
ltyy=c(2,1,5,6)
colors = c("blue","red",451,"purple")
pchh = c(16,17,4,15)
legend("top",inset = .04,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col =
colors,pch = pchh,cex=1.5)

plot(x,BON2,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",xaxt = "n",ylim =
c(0,1.3),main = "n1,n2,n3 = 10,12,14",xlab = "variance",ylab = "Power
of a Test",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,TUK2,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch =
17,cex=1.5)
lines(x,SNK2,type = "b",lty = 5,lwd = 2,col = 451,pch = 4,cex=1.5)
lines(x,SCH2,type = "b",lty = 6,lwd = 2,col = "purple",pch =
15,cex=1.5)
axis(1, at = 1:4, labels = y)
labels = c("Bonferroni","Tukey","SNK","Scheffe")
lwdd=c(2,2.9,2,2)
ltyy=c(2,1,5,6)
colors = c("blue","red",451,"purple")
pchh = c(16,17,4,15)
legend("top",inset = .04,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col =
colors,pch = pchh,cex=1.5)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
plot(x,BON3,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",xaxt = "n",ylim =
c(0,1.3),main = "n1,n2,n3 = 30,34,38",xlab = "variance",ylab = "Power
of a Test",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,TUK3,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch =
17,cex=1.5)
lines(x,SNK3,type = "b",lty = 5,lwd = 2,col = 451,pch = 4,cex=1.5)
lines(x,SCH3,type = "b",lty = 6,lwd = 2,col = "purple",pch =
15,cex=1.5)
axis(1, at = 1:4, labels = y)
labels = c("Bonferroni","Tukey","SNK","Scheffe")
lwdd=c(2,2.9,2,2)
ltyy=c(2,1,5,6)
colors = c("blue","red",451,"purple")
pchh = c(16,17,4,15)
legend("top",inset = .04,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col =
colors,pch = pchh,cex=1.5)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

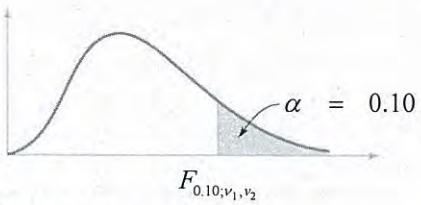


ตารางที่ 1 การแจกแจงที

	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

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

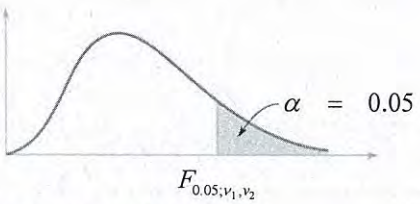


ตารางที่ 2 การแจกแจงเอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

	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

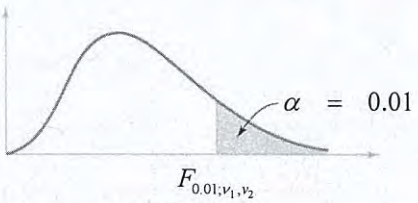


ตารางที่ 2 การแจกแจงเอฟ (ต่อ) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	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 ค่าวิกฤตของบอนเฟอร์โรนี

		S										
ν	α	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	66
2	.10	2.9200	5.3393	7.6488	9.9248	12.186	14.440	16.688	18.934	21.178	23.420	25.661
	.05	4.3027	7.6488	10.886	14.089	17.277	20.457	23.633	26.805	29.975	33.144	36.311
	.01	9.9248	17.277	24.464	31.599	38.710	45.809	52.901	59.987	67.071	74.152	81.231
3	.10	2.3534	3.7405	4.8567	5.8409	6.7411	7.5807	8.3738	9.1294	9.8538	10.552	11.227
	.05	3.1824	4.8567	6.2315	7.4533	8.5752	9.6242	10.617	11.563	12.471	13.347	14.194
	.01	5.8409	8.5752	10.869	12.924	14.819	16.596	18.281	19.889	21.434	22.924	24.367
4	.10	2.1318	3.1863	3.9608	4.6041	5.1668	5.6734	6.1380	6.5697	6.9746	7.3571	7.7207
	.05	2.7764	3.9608	4.8510	5.5976	6.2541	6.8471	7.3924	7.8998	8.3763	8.8271	9.2558
	.01	4.6041	6.2541	7.5287	8.6103	9.5679	10.437	11.238	11.985	12.688	13.354	13.988
5	.10	2.0150	2.9117	3.5341	4.0321	4.4558	4.8287	5.1644	5.4715	5.7554	6.0205	6.2696
	.05	2.5706	3.5341	4.2193	4.7733	5.2474	5.6665	6.0447	6.3914	6.7126	7.0128	7.2952
	.01	4.0321	5.2474	6.1384	6.8688	7.4990	8.0591	8.5667	9.0332	9.4665	9.8722	10.255
6	.10	1.9432	2.7491	3.2875	3.7074	4.0579	4.3617	4.6317	4.8759	5.0996	5.3067	5.4998
	.05	2.4469	3.2875	3.8630	4.3168	4.6979	5.0297	5.3255	5.5937	5.8399	6.0680	6.2810
	.01	3.7074	4.6979	5.3982	5.9588	6.4338	6.8500	7.2226	7.5617	7.8737	8.1636	8.4348
7	.10	1.8946	2.6419	3.1276	3.4995	3.8055	4.0679	4.2989	4.5062	4.6947	4.8681	5.0289
	.05	2.3646	3.1276	3.6358	4.0293	4.3553	4.6359	4.8839	5.1068	5.3101	5.4973	5.6712
	.01	3.4995	4.3553	4.9445	5.4079	5.7954	6.1313	6.4295	6.6987	6.9448	7.1721	7.3837
8	.10	1.8595	2.5660	3.0158	3.3554	3.6319	3.8669	4.0724	4.2556	4.4214	4.5732	4.7133
	.05	2.3060	3.0158	3.4789	3.8325	4.1224	4.3699	4.5869	4.7810	4.9570	5.1183	5.2675
	.01	3.3554	4.1224	4.6398	5.0413	5.3737	5.6594	5.9114	6.1375	6.3432	6.5323	6.7076
9	.10	1.8331	2.5096	2.9333	3.2498	3.5054	3.7212	3.9088	4.0752	4.2252	4.3620	4.4879
	.05	2.2622	2.9333	3.3642	3.6897	3.9542	4.1786	4.3744	4.5485	4.7058	4.8494	4.9818
	.01	3.2498	3.9542	4.4219	4.7809	5.0757	5.3276	5.5484	5.7458	5.9245	6.0883	6.2395
10	.10	1.8125	2.4660	2.8701	3.1693	3.4093	3.6108	3.7852	3.9394	4.0778	4.2036	4.3191
	.05	2.2281	2.8701	3.2768	3.5814	3.8273	4.0348	4.2150	4.3747	4.5184	4.6492	4.7695
	.01	3.1693	3.8273	4.2586	4.5869	4.8547	5.0823	5.2810	5.4578	5.6175	5.7634	5.8978
11	.10	1.7959	2.4313	2.8200	3.1058	3.3338	3.5243	3.6887	3.8335	3.9631	4.0807	4.1883
	.05	2.2010	2.8200	3.2081	3.4966	3.7283	3.9229	4.0913	4.2400	4.3735	4.4947	4.6059
	.01	3.1058	3.7283	4.1319	4.4370	4.6845	4.8939	5.0761	5.2378	5.3833	5.5160	5.6379
12	.10	1.7823	2.4030	2.7795	3.0545	3.2730	3.4549	3.6112	3.7487	3.8714	3.9825	4.0840
	.05	2.1788	2.7795	3.1527	3.4284	3.6489	3.8334	3.9925	4.1327	4.2582	4.3719	4.4761
	.01	3.0545	3.6489	4.0308	4.3178	4.5496	4.7450	4.9144	5.0644	5.1991	5.3216	5.4340
13	.10	1.7709	2.3796	2.7459	3.0123	3.2229	3.3979	3.5478	3.6793	3.7965	3.9023	3.9989
	.05	2.1604	2.7459	3.1070	3.3725	3.5838	3.7602	3.9118	4.0452	4.1643	4.2721	4.3706
	.01	3.0123	3.5838	3.9484	4.2208	4.4401	4.6243	4.7837	4.9244	5.0506	5.1651	5.2700
14	.10	1.7613	2.3598	2.7178	2.9768	3.1811	3.3502	3.4949	3.6214	3.7341	3.8357	3.9283
	.05	2.1448	2.7178	3.0688	3.3257	3.5296	3.6992	3.8448	3.9725	4.0865	4.1894	4.2833
	.01	2.9768	3.5296	3.8798	4.1405	4.3495	4.5247	4.6759	4.8091	4.9284	5.0364	5.1354
15	.10	1.7531	2.3429	2.6937	2.9467	3.1456	3.3098	3.4501	3.5725	3.6814	3.7794	3.8686
	.05	2.1315	2.6937	3.0363	3.2860	3.4837	3.6477	3.7882	3.9113	4.0209	4.1198	4.2099
	.01	2.9467	3.4837	3.8220	4.0728	4.2733	4.4410	4.5855	4.7125	4.8261	4.9289	5.0229
16	.10	1.7459	2.3283	2.6730	2.9208	3.1150	3.2752	3.4116	3.5306	3.6363	3.7313	3.8177
	.05	2.1199	2.6730	3.0083	3.2520	3.4443	3.6036	3.7398	3.8589	3.9649	4.0604	4.1473
	.01	2.9208	3.4443	3.7725	4.0150	4.2084	4.3698	4.5086	4.6305	4.7393	4.8377	4.9275

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าวิกฤตของบอนเฟอร์โรนี (ต่อ)

		S										
ν	α	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	66
17	.10	1.7396	2.3156	2.6550	2.8982	3.0885	3.2451	3.3783	3.4944	3.5972	3.6897	3.7736
	.05	2.1098	2.6550	2.9840	3.2225	3.4102	3.5654	3.6980	3.8137	3.9165	4.0091	4.0933
	.01	2.8982	3.4102	3.7297	3.9651	4.1525	4.3085	4.4425	4.5600	4.6648	4.7594	4.8457
18	.10	1.7341	2.3043	2.6391	2.8784	3.0653	3.2188	3.3492	3.4626	3.5631	3.6533	3.7352
	.05	2.1009	2.6391	2.9627	3.1966	3.3804	3.5321	3.6614	3.7742	3.8744	3.9644	4.0463
	.01	2.8784	3.3804	3.6924	3.9216	4.1037	4.2551	4.3850	4.4987	4.6001	4.6915	4.7748
19	.10	1.7291	2.2944	2.6251	2.8609	3.0447	3.1955	3.3235	3.4347	3.5330	3.6213	3.7013
	.05	2.0930	2.6251	2.9439	3.1737	3.3540	3.5027	3.6292	3.7395	3.8373	3.9251	4.0050
	.01	2.8609	3.3540	3.6595	3.8834	4.0609	4.2083	4.3345	4.4450	4.5434	4.6320	4.7127
20	.10	1.7247	2.2855	2.6126	2.8453	3.0264	3.1748	3.3006	3.4098	3.5063	3.5929	3.6713
	.05	2.0860	2.6126	2.9271	3.1534	3.3306	3.4765	3.6006	3.7087	3.8044	3.8903	3.9683
	.01	2.8453	3.3306	3.6303	3.8495	4.0230	4.1669	4.2900	4.3976	4.4933	4.5795	4.6579
21	.10	1.7207	2.2775	2.6014	2.8314	3.0101	3.1563	3.2802	3.3876	3.4825	3.5675	3.6445
	.05	2.0796	2.6014	2.9121	3.1352	3.3097	3.4532	3.5751	3.6812	3.7750	3.8593	3.9357
	.01	2.8314	3.3097	3.6043	3.8193	3.9892	4.1300	4.2503	4.3554	4.4487	4.5328	4.6092
22	.10	1.7171	2.2703	2.5912	2.8188	2.9953	3.1396	3.2618	3.3676	3.4610	3.5447	3.6204
	.05	2.0739	2.5912	2.8985	3.1188	3.2909	3.4322	3.5522	3.6564	3.7487	3.8314	3.9064
	.01	2.8188	3.2909	3.5808	3.7921	3.9589	4.0969	4.2147	4.3175	4.4089	4.4910	4.5657
23	.10	1.7139	2.2637	2.5820	2.8073	2.9820	3.1246	3.2451	3.3495	3.4416	3.5241	3.5986
	.05	2.0687	2.5820	2.8863	3.1040	3.2739	3.4132	3.5314	3.6341	3.7249	3.8062	3.8800
	.01	2.8073	3.2739	3.5597	3.7676	3.9316	4.0671	4.1826	4.2835	4.3730	4.4534	4.5265
24	.10	1.7109	2.2578	2.5736	2.7969	2.9698	3.1108	3.2300	3.3331	3.4240	3.5053	3.5789
	.05	2.0639	2.5736	2.8751	3.0905	3.2584	3.3960	3.5126	3.6139	3.7033	3.7834	3.8560
	.01	2.7969	3.2584	3.5405	3.7454	3.9068	4.0400	4.1536	4.2527	4.3405	4.4194	4.4911
25	.10	1.7081	2.2523	2.5660	2.7874	2.9587	3.0983	3.2162	3.3181	3.4080	3.4883	3.5609
	.05	2.0595	2.5660	2.8649	3.0782	3.2443	3.3803	3.4955	3.5954	3.6836	3.7626	3.8342
	.01	2.7874	3.2443	3.5230	3.7251	3.8842	4.0154	4.1272	4.2246	4.3109	4.3885	4.4589
26	.10	1.7056	2.2472	2.5589	2.7787	2.9485	3.0868	3.2035	3.3044	3.3933	3.4726	3.5444
	.05	2.0555	2.5589	2.8555	3.0669	3.2313	3.3659	3.4797	3.5785	3.6656	3.7436	3.8142
	.01	2.7787	3.2313	3.5069	3.7066	3.8635	3.9929	4.1031	4.1990	4.2840	4.3602	4.4295
27	.10	1.7033	2.2426	2.5525	2.7707	2.9391	3.0763	3.1919	3.2918	3.3797	3.4583	3.5292
	.05	2.0518	2.5525	2.8469	3.0565	3.2194	3.3526	3.4653	3.5629	3.6491	3.7261	3.7959
	.01	2.7707	3.2194	3.4922	3.6896	3.8446	3.9723	4.0809	4.1755	4.2592	4.3344	4.4025
28	.10	1.7011	2.2383	2.5465	2.7633	2.9305	3.0665	3.1811	3.2801	3.3673	3.4450	3.5152
	.05	2.0484	2.5465	2.8389	3.0469	3.2084	3.3404	3.4520	3.5486	3.6338	3.7101	3.7790
	.01	2.7633	3.2084	3.4786	3.6739	3.8271	3.9533	4.0606	4.1539	4.2365	4.3106	4.3778
29	.10	1.6991	2.2343	2.5409	2.7564	2.9225	3.0575	3.1712	3.2694	3.3557	3.4328	3.5023
	.05	2.0452	2.5409	2.8316	3.0380	3.1982	3.3291	3.4397	3.5354	3.6198	3.6952	3.7634
	.01	2.7564	3.1982	3.4660	3.6594	3.8110	3.9357	4.0418	4.1339	4.2155	4.2886	4.3549
30	.10	1.6973	2.2306	2.5357	2.7500	2.9150	3.0491	3.1620	3.2594	3.3450	3.4214	3.4903
	.05	2.0423	2.5357	2.8247	3.0298	3.1888	3.3186	3.4282	3.5231	3.6067	3.6814	3.7489
	.01	2.7500	3.1888	3.4544	3.6460	3.7961	3.9195	4.0243	4.1154	4.1960	4.2683	4.3337
40	.10	1.6839	2.2041	2.4989	2.7045	2.8620	2.9895	3.0964	3.1884	3.2691	3.3409	3.4055
	.05	2.0211	2.4989	2.7759	2.9712	3.1218	3.2443	3.3473	3.4362	3.5143	3.5840	3.6468
	.01	2.7045	3.1218	3.3718	3.5510	3.6906	3.8049	3.9017	3.9855	4.0594	4.1256	4.1854

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าวิกฤตของบอนเฟอร์โรนี (ต่อ)

		S										
ν	α	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	66
50	.10	1.6759	2.1885	2.4772	2.6778	2.8310	2.9547	3.0582	3.1472	3.2250	3.2942	3.3564
	.05	2.0086	2.4772	2.7473	2.9370	3.0828	3.2010	3.3003	3.3858	3.4609	3.5277	3.5878
	.01	2.6778	3.0828	3.3239	3.4960	3.6297	3.7389	3.8311	3.9108	3.9811	4.0438	4.1004
60	.10	1.6706	2.1782	2.4630	2.6603	2.8107	2.9319	3.0333	3.1202	3.1962	3.2637	3.3243
	.05	2.0003	2.4630	2.7286	2.9146	3.0573	3.1728	3.2697	3.3530	3.4260	3.4910	3.5494
	.01	2.6603	3.0573	3.2927	3.4602	3.5901	3.6960	3.7853	3.8624	3.9303	3.9908	4.0454
70	.10	1.6669	2.1709	2.4529	2.6479	2.7964	2.9159	3.0156	3.1012	3.1759	3.2422	3.3017
	.05	1.9944	2.4529	2.7153	2.8987	3.0393	3.1529	3.2481	3.3299	3.4015	3.4652	3.5224
	.01	2.6479	3.0393	3.2707	3.4350	3.5622	3.6658	3.7531	3.8284	3.8946	3.9537	4.0069
80	.10	1.6641	2.1654	2.4454	2.6387	2.7857	2.9039	3.0026	3.0870	3.1608	3.2262	3.2849
	.05	1.9901	2.4454	2.7054	2.8870	3.0259	3.1381	3.2321	3.3127	3.3833	3.4460	3.5024
	.01	2.6387	3.0259	3.2543	3.4163	3.5416	3.6435	3.7293	3.8033	3.8683	3.9262	3.9784
90	.10	1.6620	2.1612	2.4396	2.6316	2.7774	2.8947	2.9924	3.0761	3.1492	3.2139	3.2720
	.05	1.9867	2.4396	2.6978	2.8779	3.0156	3.1267	3.2197	3.2995	3.3693	3.4313	3.4870
	.01	2.6316	3.0156	3.2417	3.4019	3.5257	3.6263	3.7110	3.7839	3.8480	3.9051	3.9565
100	.10	1.6602	2.1579	2.4349	2.6259	2.7709	2.8873	2.9844	3.0674	3.1399	3.2041	3.2617
	.05	1.9840	2.4349	2.6918	2.8707	3.0073	3.1176	3.2099	3.2890	3.3582	3.4196	3.4747
	.01	2.6259	3.0073	3.2317	3.3905	3.5131	3.6127	3.6964	3.7686	3.8319	3.8883	3.9391
250	.10	1.6510	2.1399	2.4102	2.5956	2.7359	2.8482	2.9416	3.0213	3.0908	3.1522	3.2072
	.05	1.9695	2.4102	2.6594	2.8322	2.9637	3.0694	3.1577	3.2332	3.2991	3.3575	3.4099
	.01	2.5956	2.9637	3.1785	3.3299	3.4462	3.5405	3.6196	3.6875	3.7471	3.8000	3.8475
500	.10	1.6479	2.1339	2.4021	2.5857	2.7244	2.8354	2.9276	3.0063	3.0747	3.1352	3.1894
	.05	1.9647	2.4021	2.6488	2.8195	2.9494	3.0537	3.1406	3.2150	3.2798	3.3373	3.3887
	.01	2.5857	2.9494	3.1612	3.3101	3.4245	3.5170	3.5946	3.6612	3.7195	3.7713	3.8179
∞	.10	1.6449	2.1281	2.3940	2.5758	2.7131	2.8227	2.9137	2.9913	3.0588	3.1184	3.1718
	.05	1.9600	2.3940	2.6383	2.8070	2.9352	3.0381	3.1238	3.1970	3.2608	3.3173	3.3679
	.01	2.5758	2.9352	3.1440	3.2905	3.4030	3.4938	3.5699	3.6352	3.6923	3.7431	3.7886

ผลิตโดยโปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 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 4 ค่าวิกฤตของพิสัยสตูเดนต์ไดซ์ (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 4 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 5 ค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคน

		p										
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	.10	4.1282	4.1282	4.1282	4.1282	4.1282	4.1282	4.1282	4.1282	4.1282	4.1282	4.1282
	.05	6.0796	6.0796	6.0796	6.0796	6.0796	6.0796	6.0796	6.0796	6.0796	6.0796	6.0796
	.01	13.902	13.902	13.902	13.902	13.902	13.902	13.902	13.902	13.902	13.902	13.902
3	.10	3.3282	3.3303	3.3303	3.3303	3.3303	3.3303	3.3303	3.3303	3.3303	3.3303	3.3303
	.05	4.5007	4.5157	4.5157	4.5157	4.5157	4.5157	4.5157	4.5157	4.5157	4.5157	4.5157
	.01	8.2603	8.3211	8.3211	8.3211	8.3211	8.3211	8.3211	8.3211	8.3211	8.3211	8.3211
4	.10	3.0149	3.0738	3.0806	3.0806	3.0806	3.0806	3.0806	3.0806	3.0806	3.0806	3.0806
	.05	3.9265	4.0125	4.0331	4.0331	4.0331	4.0331	4.0331	4.0331	4.0331	4.0331	4.0331
	.01	6.5114	6.6773	6.7398	6.7555	6.7555	6.7555	6.7555	6.7555	6.7555	6.7555	6.7555
5	.10	2.8497	2.9337	2.9640	2.9694	2.9694	2.9694	2.9694	2.9694	2.9694	2.9694	2.9694
	.05	3.6354	3.7485	3.7965	3.8137	3.8144	3.8144	3.8144	3.8144	3.8144	3.8144	3.8144
	.01	5.7023	5.8929	5.9893	6.0397	6.0646	6.0741	6.0741	6.0741	6.0741	6.0741	6.0741
6	.10	2.7481	2.8457	2.8895	2.9075	2.9112	2.9112	2.9112	2.9112	2.9112	2.9112	2.9112
	.05	3.4605	3.5865	3.6489	3.6802	3.6941	3.6973	3.6973	3.6973	3.6973	3.6973	3.6973
	.01	5.2431	5.4391	5.5485	5.6144	5.6551	5.6799	5.6942	5.7012	5.7029	5.7029	5.7029
7	.10	2.6793	2.7853	2.8379	2.8641	2.8756	2.8780	2.8780	2.8780	2.8780	2.8780	2.8780
	.05	3.3441	3.4772	3.5483	3.5883	3.6106	3.6217	3.6255	3.6255	3.6255	3.6255	3.6255
	.01	4.9490	5.1448	5.2598	5.3334	5.3826	5.4162	5.4390	5.4543	5.4640	5.4695	5.4719
8	.10	2.6298	2.7413	2.8000	2.8322	2.8492	2.8567	2.8580	2.8580	2.8580	2.8580	2.8580
	.05	3.2612	3.3985	3.4752	3.5212	3.5493	3.5660	3.5750	3.5787	3.5787	3.5787	3.5787
	.01	4.7452	4.9390	5.0564	5.1343	5.1885	5.2274	5.2556	5.2762	5.2911	5.3017	5.3089
9	.10	2.5924	2.7078	2.7709	2.8076	2.8288	2.8403	2.8453	2.8459	2.8459	2.8459	2.8459
	.05	3.1992	3.3391	3.4198	3.4700	3.5023	3.5231	3.5361	3.5436	3.5470	3.5474	3.5474
	.01	4.5960	4.7872	4.9056	4.9859	5.0433	5.0856	5.1175	5.1417	5.1602	5.1743	5.1850
10	.10	2.5632	2.6815	2.7480	2.7880	2.8126	2.8273	2.8353	2.8386	2.8386	2.8386	2.8386
	.05	3.1511	3.2928	3.3763	3.4297	3.4652	3.4891	3.5052	3.5156	3.5218	3.5248	3.5254
	.01	4.4820	4.6708	4.7894	4.8712	4.9306	4.9753	5.0097	5.0365	5.0576	5.0743	5.0875
11	.10	2.5398	2.6603	2.7294	2.7722	2.7994	2.8166	2.8271	2.8327	2.8348	2.8348	2.8348
	.05	3.1127	3.2557	3.3413	3.3971	3.4351	3.4615	3.4800	3.4927	3.5012	3.5064	3.5091
	.01	4.3923	4.5787	4.6972	4.7798	4.8406	4.8870	4.9232	4.9519	4.9750	4.9936	5.0087
12	.10	2.5205	2.6428	2.7141	2.7591	2.7885	2.8078	2.8202	2.8278	2.8317	2.8329	2.8329
	.05	3.0813	3.2252	3.3125	3.3702	3.4102	3.4387	3.4591	3.4737	3.4840	3.4910	3.4954
	.01	4.3198	4.5041	4.6222	4.7053	4.7671	4.8147	4.8523	4.8824	4.9070	4.9271	4.9437
13	.10	2.5045	2.6281	2.7012	2.7480	2.7792	2.8003	2.8145	2.8237	2.8291	2.8318	2.8324
	.05	3.0552	3.1998	3.2883	3.3476	3.3893	3.4194	3.4415	3.4577	3.4695	3.4780	3.4839
	.01	4.2600	4.4424	4.5601	4.6435	4.7060	4.7545	4.7931	4.8244	4.8501	4.8714	4.8892
14	.10	2.4909	2.6157	2.6902	2.7385	2.7713	2.7940	2.8096	2.8202	2.8270	2.8309	2.8327
	.05	3.0332	3.1783	3.2679	3.3284	3.3714	3.4029	3.4264	3.4440	3.4571	3.4669	3.4740
	.01	4.2099	4.3905	4.5077	4.5913	4.6543	4.7035	4.7429	4.7751	4.8017	4.8240	4.8428
15	.10	2.4792	2.6050	2.6807	2.7304	2.7645	2.7884	2.8053	2.8171	2.8251	2.8302	2.8331
	.05	3.0143	3.1598	3.2502	3.3118	3.3560	3.3887	3.4133	3.4321	3.4464	3.4572	3.4654
	.01	4.1673	4.3464	4.4631	4.5467	4.6100	4.6598	4.6999	4.7328	4.7602	4.7832	4.8028
16	.10	2.4691	2.5956	2.6724	2.7233	2.7585	2.7836	2.8016	2.8145	2.8235	2.8296	2.8334
	.05	2.9980	3.1438	3.2349	3.2974	3.3426	3.3763	3.4019	3.4217	3.4369	3.4488	3.4578
	.01	4.1306	4.3083	4.4245	4.5081	4.5717	4.6219	4.6625	4.6960	4.7240	4.7477	4.7680

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคน (ต่อ)

		p										
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	.10	2.4602	2.5875	2.6651	2.7170	2.7533	2.7794	2.7984	2.8122	2.8221	2.8291	2.8337
	.05	2.9837	3.1298	3.2215	3.2848	3.3308	3.3654	3.3919	3.4125	3.4286	3.4413	3.4512
	.01	4.0987	4.2751	4.3909	4.4745	4.5382	4.5887	4.6298	4.6637	4.6923	4.7166	4.7374
18	.10	2.4523	2.5802	2.6587	2.7114	2.7486	2.7756	2.7954	2.8101	2.8209	2.8287	2.8341
	.05	2.9712	3.1174	3.2097	3.2736	3.3203	3.3557	3.3829	3.4043	3.4212	3.4346	3.4453
	.01	4.0707	4.2460	4.3613	4.4448	4.5087	4.5595	4.6009	4.6352	4.6642	4.6890	4.7103
19	.10	2.4454	2.5738	2.6530	2.7065	2.7444	2.7722	2.7929	2.8083	2.8198	2.8283	2.8344
	.05	2.9600	3.1064	3.1991	3.2636	3.3110	3.3470	3.3750	3.3970	3.4146	3.4287	3.4400
	.01	4.0460	4.2202	4.3351	4.4185	4.4825	4.5335	4.5751	4.6099	4.6392	4.6644	4.6861
20	.10	2.4391	2.5680	2.6478	2.7020	2.7407	2.7692	2.7905	2.8066	2.8188	2.8279	2.8347
	.05	2.9500	3.0965	3.1896	3.2546	3.3026	3.3392	3.3678	3.3905	3.4086	3.4233	3.4352
	.01	4.0239	4.1972	4.3117	4.3950	4.4591	4.5102	4.5521	4.5871	4.6168	4.6423	4.6644
21	.10	2.4335	2.5628	2.6432	2.6980	2.7373	2.7664	2.7884	2.8051	2.8179	2.8277	2.8350
	.05	2.9410	3.0876	3.1811	3.2466	3.2950	3.3322	3.3613	3.3845	3.4033	3.4185	3.4309
	.01	4.0041	4.1765	4.2907	4.3738	4.4380	4.4893	4.5314	4.5667	4.5966	4.6224	4.6448
22	.10	2.4284	2.5581	2.6390	2.6943	2.7342	2.7639	2.7865	2.8038	2.8171	2.8274	2.8352
	.05	2.9329	3.0796	3.1733	3.2392	3.2882	3.3258	3.3554	3.3791	3.3983	3.4140	3.4269
	.01	3.9863	4.1579	4.2717	4.3548	4.4189	4.4703	4.5126	4.5481	4.5783	4.6044	4.6270
23	.10	2.4238	2.5538	2.6351	2.6910	2.7314	2.7617	2.7847	2.8026	2.8164	2.8272	2.8355
	.05	2.9255	3.0723	3.1663	3.2326	3.2819	3.3199	3.3500	3.3742	3.3939	3.4100	3.4233
	.01	3.9702	4.1410	4.2544	4.3374	4.4016	4.4531	4.4955	4.5312	4.5617	4.5879	4.6109
24	.10	2.4196	2.5498	2.6316	2.6879	2.7289	2.7596	2.7831	2.8014	2.8158	2.8270	2.8357
	.05	2.9188	3.0656	3.1599	3.2265	3.2762	3.3146	3.3451	3.3697	3.3898	3.4063	3.4200
	.01	3.9555	4.1256	4.2387	4.3216	4.3858	4.4374	4.4799	4.5158	4.5464	4.5729	4.5960
25	.10	2.4157	2.5462	2.6284	2.6851	2.7265	2.7577	2.7817	2.8004	2.8152	2.8268	2.8360
	.05	2.9126	3.0595	3.1540	3.2208	3.2709	3.3097	3.3405	3.3655	3.3860	3.4029	3.4170
	.01	3.9420	4.1115	4.2244	4.3071	4.3713	4.4229	4.4656	4.5016	4.5324	4.5591	4.5824
26	.10	2.4121	2.5429	2.6254	2.6825	2.7243	2.7559	2.7803	2.7995	2.8146	2.8266	2.8362
	.05	2.9070	3.0539	3.1485	3.2157	3.2660	3.3052	3.3364	3.3617	3.3825	3.3997	3.4142
	.01	3.9297	4.0986	4.2112	4.2938	4.3580	4.4097	4.4525	4.4886	4.5195	4.5464	4.5699
27	.10	2.4088	2.5398	2.6226	2.6801	2.7223	2.7543	2.7791	2.7986	2.8141	2.8265	2.8364
	.05	2.9017	3.0487	3.1435	3.2109	3.2615	3.3010	3.3325	3.3581	3.3792	3.3968	3.4116
	.01	3.9183	4.0867	4.1990	4.2815	4.3457	4.3974	4.4403	4.4765	4.5076	4.5346	4.5583
28	.10	2.4058	2.5370	2.6201	2.6779	2.7204	2.7527	2.7779	2.7978	2.8136	2.8263	2.8366
	.05	2.8969	3.0438	3.1389	3.2065	3.2574	3.2971	3.3289	3.3548	3.3762	3.3941	3.4091
	.01	3.9078	4.0757	4.1877	4.2702	4.3343	4.3861	4.4291	4.4654	4.4966	4.5237	4.5475
29	.10	2.4029	2.5343	2.6177	2.6758	2.7187	2.7513	2.7768	2.7970	2.8132	2.8262	2.8368
	.05	2.8924	3.0394	3.1345	3.2024	3.2535	3.2935	3.3255	3.3517	3.3734	3.3916	3.4069
	.01	3.8981	4.0655	4.1773	4.2596	4.3237	4.3756	4.4186	4.4550	4.4863	4.5136	4.5375
30	.10	2.4003	2.5319	2.6155	2.6739	2.7170	2.7500	2.7758	2.7963	2.8128	2.8261	2.8369
	.05	2.8882	3.0352	3.1305	3.1985	3.2499	3.2901	3.3224	3.3489	3.3708	3.3892	3.4048
	.01	3.8891	4.0560	4.1676	4.2498	4.3139	4.3658	4.4088	4.4453	4.4768	4.5041	4.5282
40	.10	2.3813	2.5141	2.5995	2.6600	2.7052	2.7404	2.7684	2.7912	2.8099	2.8254	2.8383
	.05	2.8582	3.0053	3.1015	3.1709	3.2238	3.2657	3.2998	3.3280	3.3518	3.3720	3.3894
	.01	3.8247	3.9882	4.0982	4.1796	4.2435	4.2954	4.3388	4.3758	4.4078	4.4359	4.4608

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่าวิกฤตของพิสัยพหุคูณของดันแคน (ต่อ)

		p										
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	.10	2.3701	2.5036	2.5900	2.6516	2.6982	2.7347	2.7640	2.7881	2.8081	2.8250	2.8393
	.05	2.8405	2.9876	3.0843	3.1544	3.2082	3.2511	3.2862	3.3155	3.3403	3.3617	3.3802
	.01	3.7870	3.9485	4.0574	4.1382	4.2018	4.2537	4.2973	4.3345	4.3668	4.3953	4.4206
60	.10	2.3627	2.4966	2.5837	2.6461	2.6935	2.7308	2.7611	2.7861	2.8070	2.8247	2.8399
	.05	2.8288	2.9759	3.0729	3.1434	3.1978	3.2413	3.2771	3.3071	3.3327	3.3547	3.3740
	.01	3.7622	3.9223	4.0305	4.1110	4.1743	4.2262	4.2698	4.3071	4.3396	4.3683	4.3938
70	.10	2.3574	2.4916	2.5792	2.6421	2.6901	2.7281	2.7590	2.7846	2.8062	2.8246	2.8404
	.05	2.8206	2.9676	3.0648	3.1356	3.1904	3.2344	3.2706	3.3011	3.3272	3.3498	3.3695
	.01	3.7447	3.9038	4.0114	4.0916	4.1549	4.2067	4.2502	4.2877	4.3203	4.3491	4.3748
80	.10	2.3534	2.4879	2.5758	2.6392	2.6876	2.7261	2.7574	2.7835	2.8056	2.8245	2.8408
	.05	2.8144	2.9613	3.0587	3.1298	3.1849	3.2292	3.2658	3.2966	3.3231	3.3460	3.3662
	.01	3.7317	3.8901	3.9972	4.0772	4.1403	4.1921	4.2356	4.2731	4.3058	4.3347	4.3605
90	.10	2.3504	2.4850	2.5732	2.6369	2.6856	2.7245	2.7562	2.7827	2.8051	2.8244	2.8411
	.05	2.8096	2.9565	3.0540	3.1253	3.1806	3.2251	3.2620	3.2931	3.3199	3.3431	3.3636
	.01	3.7216	3.8794	3.9863	4.0660	4.1290	4.1807	4.2243	4.2618	4.2945	4.3235	4.3494
100	.10	2.3479	2.4827	2.5711	2.6350	2.6841	2.7232	2.7552	2.7820	2.8048	2.8243	2.8413
	.05	2.8058	2.9527	3.0502	3.1217	3.1771	3.2219	3.2590	3.2904	3.3173	3.3408	3.3615
	.01	3.7136	3.8709	3.9775	4.0571	4.1200	4.1717	4.2153	4.2528	4.2856	4.3146	4.3405
250	.10	2.3348	2.4703	2.5598	2.6251	2.6756	2.7163	2.7499	2.7784	2.8028	2.8240	2.8427
	.05	2.7853	2.9320	3.0300	3.1022	3.1586	3.2044	3.2426	3.2752	3.3034	3.3282	3.3501
	.01	3.6708	3.8256	3.9307	4.0094	4.0719	4.1233	4.1668	4.2043	4.2372	4.2665	4.2927
500	.10	2.3305	2.4662	2.5561	2.6218	2.6728	2.7140	2.7482	2.7771	2.8021	2.8239	2.8432
	.05	2.7785	2.9252	3.0233	3.0958	3.1525	3.1986	3.2372	3.2702	3.2988	3.3239	3.3463
	.01	3.6567	3.8107	3.9153	3.9937	4.0559	4.1073	4.1507	4.1882	4.2212	4.2505	4.2768
∞	.10	2.3262	2.4621	2.5523	2.6185	2.6700	2.7117	2.7464	2.7759	2.8015	2.8239	2.8437
	.05	2.7718	2.9184	3.0167	3.0893	3.1463	3.1928	3.2317	3.2651	3.2941	3.3197	3.3425
	.01	3.6428	3.7958	3.9000	3.9781	4.0401	4.0913	4.1347	4.1722	4.2052	4.2346	4.2609

ผลิตโดยโปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้