การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์

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

ธนากร ธนาการสิทธิ์

ปฏิญญา หัสกุล

ภากร ตั้งจิตเพียรพงศ์

วริศ จิวรวิวัฒน์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์

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

ธนากร ธนาการสิทธิ์
ปฏิญญา หัสกุล
ภากร ตั้งจิตเพียรพงศ์
วริศ จิวรวิวัฒน์

b.00265736
i.
TB08170

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

TANAKORN THANAKARNSIT
PATINYA HATSAKUL
PAKORN TANGJITPHAINPONG
WARIS JIVORRAWIWAT

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	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบการเปรียบเทียพหุคูณในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับ 3 ประชากรโดยใช้โปรแกรมอาร์ An Efficiency Comparison of Multiple Comparison Test in Case of Heterogeneity of Variance for Three Populations by Using R Program		
นักศึกษา	นายธนากร	ธนาการสิทธิ์	55051741
	นายนายปฏิญญา	หัสกุล	55051761
	นายภากร	ตั้งจิตเพียรพงศ์	55051783
	นายวริศ	จิวรวิวัฒน์	55051806
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร ประธานกรรมการ	
รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง กรรมการ	
ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ กรรมการ	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยใช้โปรแกรมอาร์

นักศึกษา นายธนากร ธนาการสิทธิ์
นายปฏิญญา หัสกุล
นายภากร ตั้งจิตเพียรพงศ์
นายวริศ จิวรวิวัฒน์

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชา สถิติ

ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทามฮาน ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ สำหรับทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน สำหรับ 3 ประชากร โดยศึกษาจากข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ และแกมมา กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ (5,5,5) (15,15,15) (30,30,30) (60,60,60) (5,5,10) (5,5,25) (5,10,15) (5,15,25) และ (30,45,60) ในการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กำหนดค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ (6,6,6) และการคำนวณกำลังการทดสอบ กำหนดค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ (6,12,18) กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 , 0.05 และ 0.1 ใช้โปรแกรมอาร์ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล ทำการจำลองข้อมูลซ้ำ 5,000 รอบในแต่ละสถานการณ์

ผลการวิจัยพบว่าตัวสถิติทดสอบทามฮาน และตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เกือบทุกสถานการณ์ที่ศึกษา ยกเว้นกรณีที่มีระดับความแปรปรวนต่างกันมาก เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบ พบว่าตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในเกือบทุกสถานการณ์ที่ศึกษา และพบว่ากำลังการทดสอบจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : การเปรียบเทียบพหุคูณ กำลังการทดสอบ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตัวสถิติทดสอบของทามฮาน ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	An Efficiency Comparison of Multiple Comparison Test in Case of Heterogeneity of Variance for Three Populations by Using R Program
Students	Tanakorn Thanakarnsit
	Patinya Hatsakul
	Pakorn Tangjitphainpong
	Waris Jivorrawiwat
Degree	Bachelor of Science Program (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 Tamhane's test, Games-Howell test, and Brown-Forsythe test for multiple comparison test in case of heterogeneity of variance for 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), (15,15,15), (30,30,30), (60,60,60), (5,5,10), (5,5,25), (5,10,15), (5,15,25), and (30,45,60). The population mean are set equal to (6,6,6) for calculating probability of type I error, and set equal to (6,12,18) for calculating power of the test. 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 Tamhane's test and Games-Howell test can control probability of type I error in most situations except high level of noncentrality parameter. Considering the power of the test, Games-Howell test show the highest power of a test in most situations. Power of a test increases as sample size increased.

Keywords : Multiple Comparison, Power of a Test, Probability of Type I Error, Tamhane's Test, Games-Howell Test and Brown-Forsythe Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

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

ขอขอบพระคุณ จาก ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ และ รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง คณะกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำข้อบกพร่องตลอดจนแก้ไขข้อผิดพลาดเพิ่มเติม ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณอัจฉรา แผ้วบาง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำปัญหาพิเศษที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการทำงานมาโดยตลอดจนปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นายธนากร ธนาการสิทธิ์
นายปฏิญญา หัสกุล
นายภากร ตั้งจิตเพียรพงศ์
นายวริศ จิวรวิวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ตัวสถิติทดสอบความแปรปรวน	5
2.1.1 ตัวสถิติทดสอบเลวีน	5
2.2 ตัวสถิติทดสอบเมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากัน	6
2.2.1 ตัวสถิติทดสอบเวลช์	6
2.3 ตัวสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบพหุคูณ	7
2.3.1 ตัวสถิติทดสอบทามฮาน	7
2.3.2 ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์	8
2.3.3 ตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์	9
2.4 ตัวอย่างในการคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ	10
2.4.1 ตัวอย่างในการคำนวณของตัวสถิติทดสอบทามฮาน	13
2.4.2 ตัวอย่างในการคำนวณของตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์	14
2.4.3 ตัวอย่างในการคำนวณของตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์	15
2.5 การแจกแจงที่นำมาใช้ในงานวิจัย	16
2.5.1 การแจกแจงปรกติ	16
2.5.2 การแจกแจงแกมมา	18
2.6 การกำหนดระดับความแตกต่างของความแปรปรวน	20
2.7 เกณฑ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบ	21
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 การวางแผนการวิจัย	24
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1	45
4.2 กำลังการทดสอบ	74
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1	102
5.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ	104
5.3 ข้อเสนอแนะ	105
บรรณานุกรม	106
ภาคผนวก	107
ภาคผนวก ก คำสั่งโปรแกรมอาร์ ที่ใช้ในการวิจัย	108
ภาคผนวก ข ตารางสถิติที่ใช้ในการคำนวณ	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน	3
1.2	แสดงจำนวนลักษณะประชากรขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน	4
2.1	ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน	20
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างสมมุติฐานหลักและการสรุปผล	21
3.1	แสดงจำนวนลักษณะประชากรขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน	24
3.2	ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน	25
3.3	พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติที่ค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) มีค่าเฉลี่ย $E(X)=\mu$ และค่าความแปรปรวน $V(X)=\sigma^2$ กรณีค่าเฉลี่ยเท่ากัน	25
3.4	พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาที่ค่าพารามิเตอร์ (α,β) เมื่อค่าเฉลี่ย $E(X)=\alpha\beta$ และความแปรปรวน $V(X)=\alpha\beta^2$ กรณีค่าเฉลี่ยเท่ากัน	29
3.5	พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติที่ค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) มีค่าเฉลี่ย $E(X)=\mu$ และค่าความแปรปรวน $V(X)=\sigma^2$ กรณีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน	33
3.6	พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เมื่อค่าเฉลี่ย $E(X)=\alpha\beta$ และความแปรปรวน $V(X)=\alpha\beta^2$ กรณีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน	37
4.1	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	46
4.2	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	48
4.3	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	50
4.4	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	52
4.5	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	54
4.6	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	56
4.7	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	58
4.8	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	60
4.9	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	62
4.10	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	64
4.11	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.12	แสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	68
4.13	ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ของการแจกแจงปรกติ กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากัน	70
4.14	ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ของการแจกแจงปรกติ กรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	71
4.15	ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ของการแจกแจงแกมมา กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากัน	72
4.16	ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ของการแจกแจงแกมมา กรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	73
4.17	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	74
4.18	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	76
4.19	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	78
4.20	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	80
4.21	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	82
4.22	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	84
4.23	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อเท่ากัน	86
4.24	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	88
4.25	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	90
4.26	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	92
4.27	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	94
4.28	แสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	96
4.29	ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังทดสอบสูงที่สุด ของการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.30	ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ของการแจกแจงปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	99
4.31	ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ของการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน	100
4.32	ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ของการแจกแจงแกมมา เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ μ และ σ^2	17
2.2	การแจกแจงความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,8) (8,8) และ (12,8) ซึ่งก็คือมีพารามิเตอร์ σ^2 เท่ากัน แต่มีพารามิเตอร์ μ แตกต่างกัน	17
2.3	การแจกแจงความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,4) (4,8) และ (4,16) ซึ่งก็คือมีพารามิเตอร์ μ เท่ากัน แต่มีพารามิเตอร์ σ^2 แตกต่างกัน	18
2.4	ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) เป็น (12,6/12) (9,6/9) (6,1) และ (4,3/2)	19
3.1	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร (μ,σ^2) คือ (6,3) (6,4) (6,6) และ (6,9) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนน้อย($\phi = 0.72$ และ $\phi = 1.41$)	26
3.2	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (6,3) (6,4) (6,6) (6,9) และ (6,12) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนปานกลาง($\phi = 1.5$ และ $\phi = 2.1$)	27
3.3	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (6,3) (6,6) (6,7.2) และ (6,36) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนมาก ($\phi = 3.65$ และ $\phi = 8.6$)	28
3.4	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (12,6/12) (9,6/9) (6,1) และ (4,3/2) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนน้อย ($\phi = 0.72$ และ $\phi = 1.41$)	30
3.5	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (12,6/12) (9,6/9) (6,1) (4,3/2) และ (3,2) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนปานกลาง ($\phi = 1.5$ และ $\phi = 2.1$)	31
3.6	ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ(12,6/12) (6,1) (5,6/5) และ (1,6) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนมาก ($\phi = 3.65$ และ $\phi = 8.6$)	32
3.7	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (6,3) ,(12,4) ,(12,6) ,(18,6) และ (18,9) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนน้อย ($\phi = 1.5$ และ $\phi = 2.1$)	34
3.8	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารา (μ,σ^2) คือ (6,3) (12,4) (12,6) (18,9) และ (18,12) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนปานกลาง($\phi = 0.72$ และ $\phi = 1.41$)	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.9	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (6,3) (12,6) (18,7.2) และ (18,36) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนมาก ($\phi = 3.65$ และ $\phi = 8.6$)	36
3.10	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (12,6/12) (36,1/3) (24,1/2) (54,1/3) และ (36,1/2) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนน้อย ($\phi = 0.72$ และ $\phi = 1.41$)	38
3.11	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (12,6/12) (36,1/3) (24,1/2) (36,1/2) และ (27,2/3) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนปานกลาง ($\phi = 1.5$ และ $\phi = 2.1$)	39
3.12	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (12,6/12) (24,1/2) (45,2/5) และ (9,2) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนมาก ($\phi = 3.65$ และ $\phi = 8.6$)	40
3.13	ขั้นตอนการดำเนินงานการหาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1และกำลังการทดสอบ	45
4.1	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	47
4.2	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	47
4.3	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	49
4.4	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	49
4.5	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	51
4.6	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	51
4.7	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	53
4.8	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	53
4.9	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	55
4.10	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.11	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	57
4.12	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	57
4.13	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	59
4.14	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	59
4.15	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	61
4.16	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	61
4.17	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	63
4.18	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	63
4.19	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	65
4.20	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	65
4.21	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	67
4.22	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	67
4.23	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	69
4.24	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	69
4.25	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	75
4.26	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	75
4.27	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	77
4.28	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.29	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	79
4.30	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	79
4.31	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	81
4.32	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	81
4.33	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	83
4.34	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	83
4.35	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	85
4.36	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	85
4.37	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	87
4.38	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	87
4.39	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	89
4.40	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	89
4.41	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	91
4.42	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	91
4.43	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	93
4.44	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	93
4.45	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.46	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)	95
4.47	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) (5,5,25) และ (5,10,15)	97
4.48	กราฟแสดงค่ากำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาได้บางส่วนจากประชากรและใช้วิธีการทางสถิติทำการหาข้อสรุปเกี่ยวกับประชากรนั้นๆ โดยทั่วไปแล้วการศึกษาในเชิงอนุมานจะทำการประมาณค่าหรือทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะบางประการหรือธรรมชาติของประชากร จึงสามารถกล่าวได้ว่าสิ่งสำคัญสำหรับการอนุมานเชิงสถิตินั้นได้แก่ การประมาณค่า (Estimation) และการทดสอบสมมุติฐาน (Test of Hypothesis)
(วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล. 2548)

การทดสอบสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ในการทดสอบจะมีข้อตกลงเบื้องต้น ได้แก่

1. กลุ่มตัวอย่างต้องมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ
2. กลุ่มตัวอย่างต้องเป็นอิสระกัน
3. กลุ่มตัวอย่างต้องมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน

เมื่อทำการทดสอบแล้ว ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (H_0) ที่ว่าค่าเฉลี่ยของประชากรทุกกลุ่มเท่ากัน แสดงว่า ค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งกลุ่มจะแตกต่างจากกลุ่มอื่น ผู้ทำจึงต้องทำการทดสอบต่อไปโดยวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) เพื่อหาว่าค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มใดแตกต่างกันบ้าง ในกรณีความแปรปรวนเท่ากัน จะใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ Tukey 's test และ Fisher-Hayter test เป็นต้น ในกรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน จะใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบทามฮาน (Tamhane's Test : T2) ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell Test : GH) และ ตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ (Brown-Forsythe Test : BF) (ธีรศักดิ์ จันทร์กระจ่าง. 2551)

ทั้งหมดนี้จะใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล แต่เนื่องจากโปรแกรม SPSS นี้มีค่าใช้จ่ายของลิขสิทธิ์ จึงมีการนำโปรแกรม R มาใช้ เพราะเป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายของลิขสิทธิ์และสะดวกแก่การจำลองข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ดังนั้นในการทำปัญหาพิเศษ จึงสนใจทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของ ตัวสถิติทดสอบทามฮาน ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ สำหรับทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่มในกรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน สำหรับประชากร 3 กลุ่ม โดยใช้โปรแกรม R ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับ 3 ประชากร ด้วยตัวสถิติทดสอบทามฮาน ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน ด้วยตัวสถิติทดสอบทามฮาน ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับ 3 ประชากร โดยตัวสถิติทดสอบทามฮาน ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1

1.3.2 ศึกษาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ด้วยพารามิเตอร์เป็น μ และ σ^2 โดยมีฟังก์ชันหนาแน่นความน่าจะเป็นดังนี้

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

การแจกแจงแกมมา ด้วยพารามิเตอร์เป็น α และ β โดยมีฟังก์ชันหนาแน่นความน่าจะเป็นดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 กำหนดความแตกต่างของความแปรปรวนโดยใช้ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ (Noncentrality Parameter) เป็นเกณฑ์วัดความแตกต่างของความแปรปรวนของประชากร (วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล. 2548) โดยที่

$$\phi = \left[\frac{\sum_{i=1}^{3} (\sigma_i^2 - \overline{\sigma^2})^2 / 3}{\sigma_1^2} \right]^{1/2}$$

เมื่อ

σ_1^2 เป็น ค่าความแปรปรวนของประชากรที่มีค่าต่ำสุด

σ_i^2 เป็น ค่าความแปรปรวนของประชากรที่ i โดย i = 1,2,3

$\overline{\sigma^2}$ เป็น ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของประชากรทั้ง 3 กลุ่ม

โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1.1 ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน

ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน	ความแปรปรวนแต่ละประชากร	ϕ
มีความแตกต่างกันน้อย ($0 < \phi < 1.5$)	3 : 4 : 6 3 : 6 : 9	0.72 1.41
มีความแตกต่างกันกันปานกลาง ($1.5 \leq \phi < 3$)	3 : 4 : 9 3 : 6 : 12	1.5 2.1
มีความแตกต่างกันมาก ($\phi \geq 3$)	3 : 6 : 7.2 3 : 6 : 36	3.65 8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 กำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 3 ประชากร และศึกษาในกรณีที่ขนาดตัวอย่างสุ่มจากแต่ละประชากรเท่ากันและไม่เท่ากัน รวม 9 ลักษณะ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศล. 2548)

ตารางที่ 1.2 แสดงจำนวนลักษณะประชากรขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน

ลักษณะ	จำนวนลักษณะ	รายละเอียด
ขนาดเท่ากัน	4	(5,5,5) (15,15,15) (30,30,30) (60,60,60)
ขนาดไม่เท่ากัน	5	(5,5,10) (5,5,25) (5,10,15) (5,15,25) (30,45,60)

1.3.5 โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ทั้งหมดเขียนด้วยโปรแกรม R version 3.2.2 ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 5000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่1 (Probability of Type I error) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ตัดสินใจปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อสมมุติฐานหลักเป็นจริง แทนด้วยสัญลักษณ์ α

1.4.2 กำลังการทดสอบ (Power of a test) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ตัดสินใจปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อสมมุติฐานหลักเป็นเท็จ แทนด้วยสัญลักษณ์ $1-\beta$

1.4.3 เกณฑ์ของ 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 (Bradley J. V. 1978)

1.5ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน

1.5.2 ทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน สำหรับกรณีแต่ละประชากรมีขนาดตัวอย่างเท่ากันหรือไม่เท่ากัน ได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบความไม่เท่ากันของความแปรปรวน โดยทำการศึกษาตัวสถิติทดสอบ คือ ตัวสถิติทดสอบทามฮาน ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของตัวสถิติทดสอบ คุณสมบัติการแจกแจงที่ใช้ในการศึกษา ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ตัวอย่างการคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ตัวสถิติทดสอบความแปรปรวน

เมื่อต้องการทราบว่าตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่มมานั้นมีความแปรปรวนของประชากรของแต่ละกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันหรือไม่ จึงทำการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบเลวีน (Levene's Test)

2.1.1 ตัวสถิติทดสอบเลวีน (Levene's Test) นำเสนอโดย Levene, H. (1960) การทดสอบเลวีนมีประสิทธิภาพสูงกว่าการทดสอบอื่น ๆ โดยสามารถใช้ได้ทั้งในกรณีขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน ข้อกำหนดเบื้องต้นของการทดสอบเลวีนคือข้อมูลแต่ละกลุ่มต้องสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ และข้อมูลทั้ง a กลุ่มต้องเป็นอิสระกัน

การทดสอบเลวีนมีความทนทานต่อการฝ่าฝืนข้อกำหนดเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงปรกติมากกว่าการทดสอบบาร์ตเลตต์ (สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2558)

สมมุติฐาน $H_0: \ \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$

$H_1: \ \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j \quad ; i, j = 1, 2, 3$

ตัวสถิติทดสอบ

$$W = \frac{(n-2)\sum_{i=1}^{a} n_i \left(\bar{Z}_{i\bullet} - \bar{Z}_{\bullet\bullet}\right)^2}{(a-1)\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i}\left(Z_{ij} - \bar{Z}_{i\bullet}\right)^2}$$

เมื่อ $Z_{ij} = \left|X_{ij} - \overline{X}_{i\bullet}\right|$ คือ ค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าสังเกตที่ j ของกลุ่มที่ i และค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตของกลุ่มที่ i

$n = \sum_{i=1}^{a} n_i$ คือ ผลรวมของขนาดตัวอย่างทั้ง a กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาณาเขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อค่าตัวสถิติทดสอบ W มากกว่าค่า $F_{\alpha;a-1,n-a}$ ที่เปิดจากตารางที่ 2 ในภาคผนวก ข เมื่อ a คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.2 ตัวสถิติทดสอบเมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากัน

เมื่อทดสอบสมมุติฐานได้ผลปรากฏว่ามีการปฏิเสธสมมุติฐานหลักทำให้ทราบว่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมามีความแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างเมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากัน ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบของเวลช์จะทราบว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันหรือไม่และทำการเปรียบเทียบพหุคูณเพื่อต้องการทราบว่ามีค่าเฉลี่ยของคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันโดยใช้ตัวสถิติทดสอบทามฮาน ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์

2.2.1 ตัวสถิติทดสอบเวลช์ (Welch's Test) โดยตัวสถิติเวลช์เป็นตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ในกรณีความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ตัวสถิติทดสอบของเวลช์สามารถบอกได้ว่าค่าเฉลี่ยของประชากรแตกต่างกันหรือไม่

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

$H_1: \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$; $i, j = 1, 2, 3$

ตัวสถิติทดสอบคือ

$$F = \frac{\frac{1}{a-1}\sum_{i=1}^{a} w_i \left(\bar{X}_i - \tilde{X}\right)^2}{1 + \frac{2(a-2)}{a^2-1}\sum_{i=1}^{a}\left(\frac{1}{n_i - 1}\right)\left(1 - \frac{w_i}{W}\right)^2}$$

เมื่อ

$$w_i = \frac{n_i}{S_i^2} \quad , \quad W = \sum_{i=1}^{a} w_i \quad , \quad \tilde{X} = \frac{\sum_{i=1}^{a} w_i \bar{X}_i}{W}$$

อาณาเขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อค่าตัวสถิติทดสอบ F มากกว่าค่า $F_{\alpha;a-1,v}$ ที่เปิดจากตารางที่ 2 ในภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $$v = \frac{a^2-1}{3\sum_{i=1}^{a}\left(\frac{1}{n_i-1}\right)\left(1-\frac{w_i}{W}\right)^2}$$

เมื่อ n_i คือ จำนวนตัวอย่างที่ i

a คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.3 ตัวสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบพหุคูณ

เมื่อทราบว่ามีการปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (H_0) ที่ว่าค่าเฉลี่ยของประชากรทุกกลุ่มเท่ากัน แสดงว่า ค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งกลุ่มจะแตกต่างจากกลุ่มอื่น ผู้ทำจึงต้องทำการทดสอบต่อไปโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) เพื่อหาว่าค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มใดแตกต่างกันบ้าง ถ้าในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน จะใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ

2.3.1 ตัวสถิติทดสอบทามฮาน (Tamhane's Test) (ธีรศักดิ์ จันทร์กระจ่าง. 2551) เสนอโดย Tamhane, A. C. เป็นผู้พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1977 พื้นฐานการสร้างวิธีทดสอบนี้คล้ายคลึงกับสถิติบอนเฟอโรนี คือ ใช้วิธีทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ 2 กลุ่ม ในลักษณะเดียวกันกับการทดสอบที หลายๆ ครั้ง วิธีของ Tamhane นี้จะใช้การทดสอบความแตกต่างของพหุคูณด้วยเทคนิคของ Welch (1938) เพื่อให้ใช้ได้ในกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน
(Kirk, R. E. 1995)

สมมุติฐานคือ $H_0 : \mu_i = \mu_j$ เทียบกับ $H_1 : \mu_i \neq \mu_j$; $i, j = 1,2$ $i \neq j$

ตัวสถิติทดสอบคือ

$$T2_\alpha = m_{\alpha;c,v}\sqrt{\frac{S_i^2}{n_i}+\frac{S_j^2}{n_j}} \quad ; \quad n_i \neq n_j$$

$$= m_{\alpha;c,v}\sqrt{\frac{S_i^2+S_j^2}{n}} \quad ; \quad n_i = n_j$$

เมื่อ S_i^2 คือ ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง i

S_j^2 คือ ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง j

n_i คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง i

n_j คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง j

$m_{\alpha;c,v}$ คือ ค่าที่เปิดจากตารางที่ 3 ในภาคผนวก ข Studentized maximum modulus density ด้วยระดับองศาความเป็นอิสระ c และ v โดยที่ c เป็นจำนวนคู่ของประชากรที่ต้องการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ $$v = \frac{\left(\frac{S_i^2}{n_i}+\frac{S_j^2}{n_j}\right)^2}{\frac{S_i^4}{n_i^2(n_i-1)}+\frac{S_j^4}{n_j^2(n_j-1)}}$$

อาณาเขตวิกฤตคือ

จะปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อ $\left|\bar{X}_i-\bar{X}_j\right| \geq T2_\alpha$

2.3.2 ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell Test) โดย Games, P .A. และ Howell, J. F. ในปี ค.ศ. 1976 เพื่อการทดสอบความแตกต่างของค่าประชากรสองกลุ่ม ในกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน (Kirk, R. E. 1995)

สมมุติฐานคือ $H_0:\mu_i=\mu_j$ เทียบกับ $H_1:\mu_i\neq\mu_j$; $i,j = 1,2$ $i \neq j$

ตัวสถิติทดสอบคือ

$$GH_\alpha = q_\alpha(p,v)\sqrt{\left(\frac{S_i^2}{n_i}+\frac{S_j^2}{n_j}\right)/2} \quad ; \quad n_i \neq n_j$$

$$= q_\alpha(p,v)\sqrt{\left(\frac{S_i^2+S_j^2}{n}\right)/2} \quad ; \quad n_i = n_j$$

เมื่อ S_i^2 คือ ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง i

S_j^2 คือ ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง j

n_i คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง i

n_j คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง j

$q_\alpha(p,v)$ คือ ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเด็นท์ไดซ์ที่ระดับนัยสำคัญ α ที่มีจำนวนตัวอย่างเท่ากับ p และ v ซึ่งเปิดจากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ข

โดยที่ $$v = \frac{\left(\frac{S_i^2}{n_i}+\frac{S_j^2}{n_j}\right)^2}{\frac{S_i^4}{n_i^2(n_i-1)}+\frac{S_j^4}{n_j^2(n_j-1)}}$$

อาณาเขตวิกฤตคือ

จะปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อ $\left|\bar{X}_i-\bar{X}_j\right| \geq GH_\alpha$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ (Brown-Forsythe Test) เสนอโดย Brown, M. B. และ Forsythe, A. B. ในปี ค.ศ. 1974 เพื่อเป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรสองกลุ่มในกรณีที่มีความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน
(Kirk, R. E. 1995)

สมมุติฐานคือ $H_0 : \mu_i = \mu_j$ เทียบกับ $H_1 : \mu_i \neq \mu_j$; $i, j = 1, 2$ $i \neq j$

ตัวสถิติทดสอบคือ

$$BF_\alpha = F_{\alpha, v_1, v_2}\left(\frac{S_i^2}{n_i} + \frac{S_j^2}{n_j}\right) \quad ; \quad n_i \neq n_j$$

$$= F_{\alpha, v_1, v_2}\left(\frac{S_i^2 + S_j^2}{n}\right) \quad ; \quad n_i = n_j$$

เมื่อ S_i^2 คือ ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง i

S_j^2 คือ ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง j

n_i คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง i

n_j คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง j

F_{α, v_1, v_2} คือ ค่าที่เปิดจากตารางที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ α ด้วยองศาความเป็นอิสระ v_1 และ v_2

โดยที่ $v_1 = n_i - 1$

และ $$v_2 = \frac{\left(\frac{S_i^2}{n_i} + \frac{S_j^2}{n_j}\right)^2}{\frac{S_i^4}{n_i^2(n_i - 1)} + \frac{S_j^4}{n_j^2(n_j - 1)}}$$

อาณาเขตวิกฤตคือ

จะปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อ $\left(\bar{X}_i - \bar{X}_j\right)^2 \geq BF_\alpha$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ตัวอย่างในการคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ

ในการเปรียบเทียบสารกำจัดวัชพืช 3 ชนิด คือ A , B และ C วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และมี 6 ซ้ำ หลังจากนั้นนับจำนวนวัชพืชต่อแปลง ผลดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

	สารกำจัดวัชพืช		
	A	B	C
	4	8	25
	5	11	28
	2	9	20
	5	12	15
	4	7	14
	1	7	30
เฉลี่ย	3.5	9	22
S^2	2.7	4.4	5.2

วิเคราะห์ผลและเขียนสำหรับแนะนำเกษตรกรสำหรับการเลือกใช้สารกำจัดวัชพืชโดยในขั้นต้นควรทำการตรวจสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน (homogeneity of variance) เสียก่อน ในที่นี้จะเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบเลวีน (Levene's Test)

วิธีทำ คำนวณหาค่าสัมบูรณ์ของผลต่างจากค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์

$$Z_{ij} = \left| X_{ij} - \overline{X}_{i\bullet} \right|$$

	สารกำจัดวัชพืช			
	A	B	C	
	0.5	1	3	
	1.5	2	6	
	1.5	0	2	
	1.5	3	7	
	0.5	2	8	
	2.5	2	8	
รวม	1.33	1.66	5.66	8.65

สมมุติฐาน

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$

H_1 : $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$; $i, j = 1, 2, 3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W = \frac{(n-2)}{(a-1)} \frac{\sum_{i=1}^{a} n_i \left(\bar{Z}_{i\bullet} - \bar{Z}_{\bullet\bullet}\right)^2}{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} \left(Z_{ij} - \bar{Z}_{i\bullet}\right)^2}$$

โดยที่ $\sum_{i=1}^{a} n_i \left(\bar{Z}_{i\bullet} - \bar{Z}_{\bullet\bullet}\right)^2 = 6\left[(1.33-8.65)^2 + (1.66-8.65)^2 + (5.66-8.65)^2\right]$

$= 668.29$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n_i} \left(Z_{ij} - \bar{Z}_{i\bullet}\right)^2 = \left[(0.5-1.33)^2 + (1.5-1.33)^2 + \ldots + (8-5.66)^2 + (8-5.66)^2\right]$$

$= 41.50$

$$W = \frac{(18-3)}{(3-1)} \frac{668.29}{41.50}$$

$= 120.77$

อาณาเขตวิกฤต

จะปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อค่าสถิติทดสอบ W มากกว่าค่า $F_{\alpha;a-1,n-a}$ จากตารางที่ 2 ในภาคผนวก ข จะได้ $F_{0.05;2,3} = 9.55$ หรือ $F_{0.01;2,3} = 30.82$

เนื่องจาก $W = 120.77 > 30.82$ ซึ่งตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้อมูลจำนวนวัชพืชต่อแปลงไม่มีความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $\alpha = 0.01$

เนื่องจากพบว่าความแปรปรวนของทรีทเมนต์ไม่เท่ากัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน จึงไม่สามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงจำเป็นต้องใช้ตัวสถิติทดสอบเวลช์ (Welch's Test) โดยตัวสถิติทดสอบคือ จากโจทย์สามารถคำนวณได้ดังนี้

กลุ่ม	$\bar{X}_i$	S_i^2	w_i	$w_i\bar{X}_i$	$w_i\left(\bar{X}_i-\tilde{X}\right)^2$	$\frac{1}{n_i-1}$	$\left(1-\frac{w_i}{W}\right)^2$	$\left(\frac{1}{n_i-1}\right)\left(1-\frac{w_i}{W}\right)^2$
A	35	2.7	2.2222	7.7778	18.7112	0.2	0.1658	0.0332
B	9	4.4	1.3636	12.2727	9.2059	0.2	0.4048	0.0810
C	22	45.2	0.1327	2.9204	32.2973	0.2	0.9304	0.1861
รวม			3.7186	5.3736	60.2144			0.3002

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
F &= \frac{\frac{1}{a-1}\sum_{i=1}^{a} w_i\left(\bar{X}_i-\tilde{X}\right)^2}{1+\frac{2(a-2)}{a^2-1}\sum_{i=1}^{a}\left(\frac{1}{n_i-1}\right)\left(1-\frac{w_i}{W}\right)^2} \\
&= \frac{\frac{1}{(3-1)}(60.2144)}{1+\left[\frac{2(3-2)}{(3^2-1)}(0.3002)\right]} \\
&= 28.005
\end{aligned}
$$

และ

$$
\begin{aligned}
v &= \frac{a^2-1}{3\sum_{i=1}^{a}\left(\frac{1}{n_i-1}\right)\left(1-\frac{w_i}{W}\right)^2} \\
&= \frac{(3)^2-1}{3(0.3002)} \\
&= 8.883 \\
&\approx 9
\end{aligned}
$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2 จะได้ $F_{0.05;2,9}$ = 4.26 หรือ $F_{0.01;2,9}$ = 8.02

สมมุติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ VS $H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

เนื่องจาก F = 28.005 > 8.02 ซึ่งตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสารกำจัดวัชพืชทั้ง 4 ชนิดทำให้จำนวนวัชพืชต่อแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ α = 0.01

จึงควรทำการเปรียบเทียบพหุคูณ เพื่อตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์คู่ไหนบ้างที่แตกต่างกัน โดยจะใช้การทดสอบพหุคูณ (Multiple Comparison) จำนวน 3 วิธี คือ

2.4.1 ตัวอย่างในการคำนวณของตัวสถิติทดสอบทามฮาน (Tamhane's Test : T2)

คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$T2_{0.05} = m_{0.05;6,\nu}\sqrt{\frac{S_i^2 + S_j^2}{6}}$$

เมื่อ

$$\nu = \frac{\left(\frac{S_i^2}{6} + \frac{S_j^2}{6}\right)^2}{\frac{S_i^4}{(6)^2(6-1)} + \frac{S_j^4}{(6)^2(6-1)}}$$

คู่เปรียบเทียบ	S_i^2	S_j^2	ν	$m_{0.05;6,\nu}$	$T2_{0.05}$
1 – 2	2.7	4.4	9.4578	3.27	3.5571
1 – 3	2.7	5.2	5.5952	3.66	10.3413
2 – 3	4.4	5.2	5.9643	3.66	10.5232

ตัวอย่างการคำนวณค่า $T2_{0.05}$ ของคู่เปรียบเทียบ 1-2

$$S_1^2 = 2.7 \text{ , } S_2^2 = 4.4 \text{ , } \nu = \frac{\left(\frac{2.7}{6} + \frac{4.4}{6}\right)^2}{\frac{7.29}{(6)^2(6-1)} + \frac{19.36}{(6)^2(6-1)}} = 9.45$$

จากตารางที่ 3 จะได้ $m_{0.05;6,9}$ = 3.27

แทนค่าจะได้ $T2_{0.05} = 3.27\sqrt{\frac{2.7+4.4}{6}} = 3.5571$

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ได้แก่

$$|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| = |3.5 - 9| = 5.5 > 3.5571^*$$

$$|\bar{X}_1 - \bar{X}_3| = |3.5 - 22| = 18.5 > 10.3413^*$$

$$|\bar{X}_2 - \bar{X}_3| = |9 - 22| = 13 > 10.5232^*$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.4.2 ตัวอย่างในการคำนวณของตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell Test : GH)

คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$GH_{0.05} = q_{0.05}(4,v)\sqrt{\left(\frac{S_i^2+S_j^2}{6}\right)/2}$$

เมื่อ $$v = \frac{\left(\frac{S_i^2}{6}+\frac{S_j^2}{6}\right)^2}{\frac{S_i^4}{(6)^2(6-1)}+\frac{S_j^4}{(6)^2(6-1)}}$$

คู่เปรียบเทียบ	S_i^2	S_j^2	v	$q_{0.05}(4,v)$	$GH_{0.05}$
1 – 2	2.7	4.4	9.4578	4.42	3.3999
1 – 3	2.7	5.2	5.5952	4.90	9.7898
2 – 3	4.4	5.2	5.9643	4.90	9.9620

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ได้แก่

$$|\bar{X}_1-\bar{X}_2| = |3.5-9| = 5.5 > 3.3999^*$$
$$|\bar{X}_1-\bar{X}_3| = |3.5-22| = 18.5 > 9.7898^*$$
$$|\bar{X}_2-\bar{X}_3| = |9-22| = 13 > 9.9620^*$$

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอย่างการคำนวณค่า $GH_{0.05}$ ของคู่เปรียบเทียบ 1-2

$S_1^2 = 2.7$, $S_2^2 = 4.4$, $v = 9$ และ จากตารางที่ 1 จะได้ $q_{0.05}(4,v) = 4.42$

แทนค่าจะได้ $GH_{0.05} = 4.42\sqrt{\left(\frac{2.7+4.4}{6}\right)/2} = 3.3999$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ตัวอย่างในการคำนวณของตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ (Brown-Forsythe Test : BF)

คำนวณค่าสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$BF_{0.05} = F_{0.05,5,v_2}\left(\frac{S_i^2+S_j^2}{6}\right)$$

เมื่อ $$v_2 = \frac{\left(\frac{S_i^2}{6}+\frac{S_j^2}{6}\right)^2}{\frac{S_i^4}{(6)^2(6-1)}+\frac{S_j^4}{(6)^2(6-1)}}$$

คู่เปรียบเทียบ	S_i^2	S_j^2	v_2	$F_{0.05,5,v_2}$	$BF_{0.05}$
1 – 2	2.7	4.4	9.4578	3.48	4.1180
1 – 3	2.7	5.2	5.5952	4.39	35.0468
2 – 3	4.4	5.2	5.9643	4.39	36.2907

ผลกการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ได้แก่

$$\left(\bar{X}_1-\bar{X}_2\right)^2 = (3.5-9)^2 = 30.25 > 4.1180^*$$

$$\left(\bar{X}_1-\bar{X}_3\right)^2 = (3.5-22)^2 = 342.25 > 35.0468^*$$

$$\left(\bar{X}_2-\bar{X}_3\right)^2 = (9-22)^2 = 169 > 36.2907^*$$

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอย่างการคำนวณค่า $BF_{0.05}$ ของคู่เปรียบเทียบ 1-2

$$S_1^2 = 2.7, S_2^2 = 4.4, v = 9 \text{ และ } v_2 = \frac{\left(\frac{2.7}{6}+\frac{4.4}{6}\right)^2}{\frac{7.29}{(6)^2(6-1)}+\frac{19.36}{(6)^2(6-1)}} = 9.45$$

แทนค่าจะได้ $$BF_{0.05} = F_{0.05,5,9}\left(\frac{2.7+4.4}{6}\right) = 4.1180$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การแจกแจงที่นำมาใช้ในงานวิจัย

การแจกแจงของประชากร หมายถึงการแจกแจงของค่าที่สนใจศึกษาจากข้อมูลทุกหน่วยของประชากร การอนุมานเชิงสถิติ ซึ่งประกอบด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการทดสอบ ฐานทางสถิติมักจะมีข้อกำหนดเบื้องต้นว่า กลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่สุ่มได้นั้น ต้องมาจากประชากรที่ทราบล่วงหน้าว่ามีลักษณะการแจกแจงแบบใดแบบหนึ่ง เช่น การแจกแจงปรกติ การแจกแจงทวินาม การแจกแจงแกมมา การแจกแจงเลขชี้กำลัง และการแจกแจงไคกำลังสอง การแจกแจงปัวซง เป็นต้น

เนื่องจากในความเป็นจริงข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อาจไม่ได้มีการแจกแจงปรกติเพียงอย่างเดียว ในงานวิจัยครั้งนี้จึงเสนอการแจกแจงของประชากร 2 แบบคือ ในกรณีที่ลักษณะข้อมูลเป็นแบบสมมาตรจะใช้การแจกแจงปรกติ และกรณีที่ลักษณะข้อมูลนั้นไม่สมมาตรจะใช้การแจกแจงแกมมา ซึ่งแต่ละการแจกแจงมีรายละเอียด ดังนี้

2.5.1 การแจกแจงปรกติ (Normal Density)

เป็นการแจกแจงที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางและเป็นรูปแบบความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มต่อเนื่องที่สำคัญมากในวิชาสถิติ เนื่องจากข้อมูลต่างๆส่วนใหญ่เป็นการแจกแจงปรกติ เช่น คะแนนสอบ รายได้ โดยกราฟของฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปรกติมีลักษณะเป็นโค้งรูประฆังคว่ำ (Bell-shape) หรือเรียกว่าเส้นโค้งปรกติ (Normal curve) กล่าวคือเป็นเส้นโค้งสมมาตร พื้นที่ใต้โค้งรวมกันเป็น 1

คุณสมบัติของโค้งการแจกแจงปรกติ (สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2555)

1. เป็นกราฟที่มีจุดยอดเพียงจุดเดียว (Unimodal)

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

3. ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมจะมีค่าเท่ากันและอยู่ที่จุดกึ่งกลางคือจุด $X = \mu$

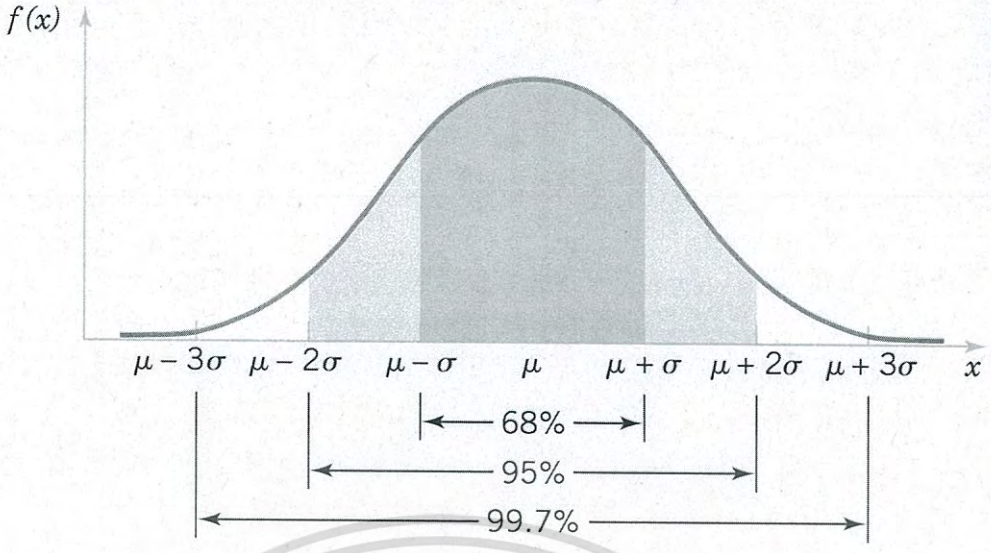
4. พื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ใต้โค้งปรกติ และอยู่เหนือแกน X จะมีค่าเท่ากับ 1

5. 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

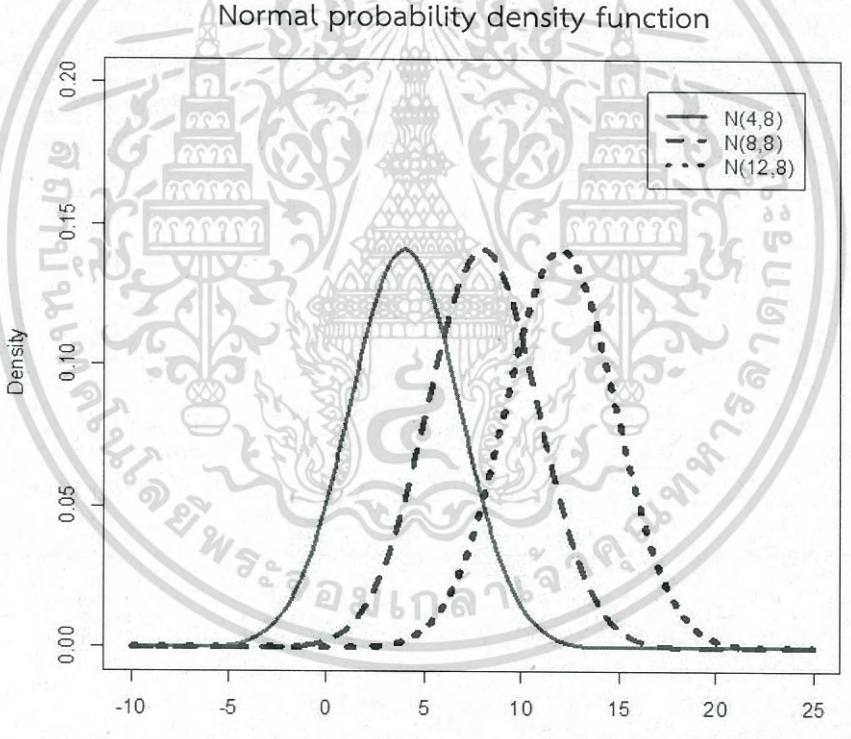
6. พารามิเตอร์ μ เป็นพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (Location Parameter) ทำให้โค้งปรกมีจุดกึ่งกลางคือ μ นั่นคือถ้า μ มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตำแหน่งของจุดกึ่งกลางจะเปลี่ยนไป ดังรูปที่ 2.2

7. พารามิเตอร์ σ^2 เป็นพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (Shape Parameter) นั่นคือถ้า σ^2 มีค่าเพิ่มขึ้น โค้งปรกติจะมีความโด่ง (Kurtosis) น้อยลง แต่ถ้า σ^2 มีค่าลดลง โค้งปรกติจะมีความโด่งมากขึ้นเพราะการกระจายของข้อมูลน้อยลงนั่นเองดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

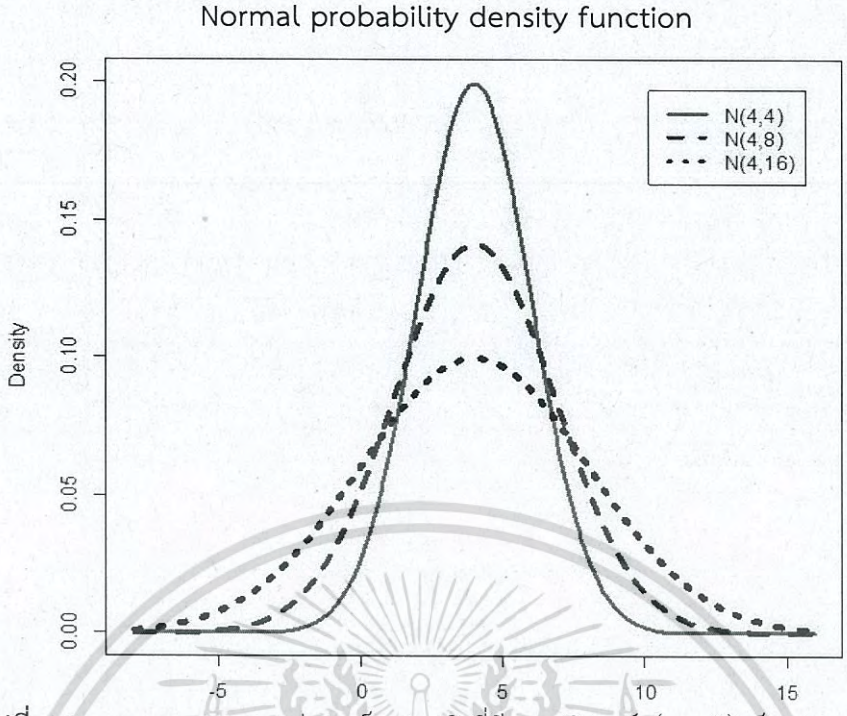


รูปที่ 2.1 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ μ และ σ^2



รูปที่ 2.2 การแจกแจงความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,8) (8,8) และ (12,8) ซึ่งก็คือมีพารามิเตอร์ σ^2 เท่ากัน แต่มีพารามิเตอร์ μ แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การแจกแจงความน่าจะเป็นปรกติ ที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (4,4) (4,8) และ (4,16) ซึ่งก็คือมีพารามิเตอร์ μ เท่ากัน แต่มีพารามิเตอร์ σ^2 แตกต่างกัน

ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 แล้วฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของ X คือ

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

โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X) = \mu$

และค่าความแปรปรวน $V(X) = \sigma^2$

อาจใช้สัญลักษณ์สำหรับตัวแปรสุ่มปรกติ คือ $X \sim \mathrm{N}\left(\mu,\sigma^2\right)$

2.5.2 การแจกแจงแกมมา (Gamma Density)

การแจกแจงแกมมา ตัวแปร X เป็นช่วงเวลาในการรอคอยที่จะเกิดความสำเร็จขึ้น α ครั้ง ในการหาฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาจะต้องอาศัยฟังก์ชันแกมมา (Gamma function) ฟังก์ชันแกมมาของ α เขียนแทนด้วย $\Gamma(\alpha)$ ซึ่ง

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1}e^{-x}dx \qquad \text{สำหรับทุกค่าของ } \alpha > 0$$

$$= (\alpha-1)\Gamma(\alpha-1)$$

ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา ด้วยพารามิเตอร์ α และ β แล้วฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เมื่อ X เป็น ระยะเวลาของการรอคอยจนเกิดสิ่งที่สนใจหรือความสำเร็จ ครบ α ครั้ง

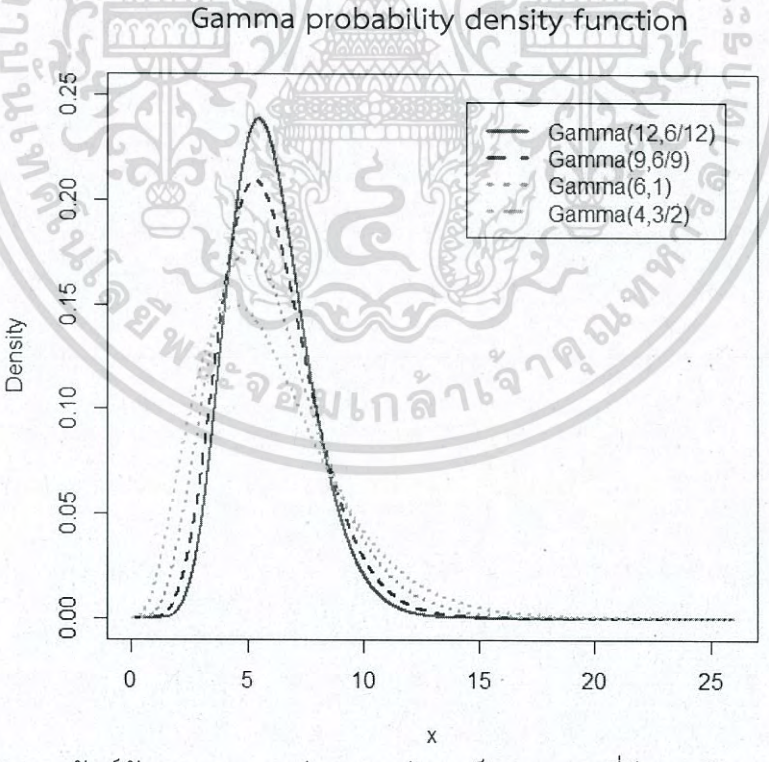
α เป็น จำนวนครั้งของการเกิดสิ่งที่สนใจหรือความสำเร็จ

β เป็น ระยะเวลาเฉลี่ยของการรอคอยโดยเฉลี่ยต่อหน่วยของเหตุการณ์

โดยที่กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมาจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ α และ β ซึ่งพารามิเตอร์ α คือพารามิเตอร์ที่แสดงรูปร่าง (Shape parameter) ส่วนพารามิเตอร์ β คือพารามิเตอร์ที่แสดงถึงสเกล (Scale parameter)

ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $E(X) = \alpha\beta$

ความแปรปรวน $V(X) = \alpha\beta^2$



รูปที่ 2.5 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา ที่มีพารามิเตอร์ (α , β) เป็น (12,6/12) (9,6/9) (6,1) และ (4,3/2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การกำหนดระดับความแตกต่างของความแปรปรวน

กำหนดความแตกต่างของความแปรปรวนโดยใช้ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ (Noncentrality Parameter) เป็นเกณฑ์วัดความแตกต่างของความแปรปรวนของประชากร

$$\phi = \left[\frac{\sum_{i=1}^{3} (\sigma_i^2 - \overline{\sigma^2})^2 / 3}{\sigma_1^2} \right]^{1/2}$$

เมื่อ

σ_1^2 เป็น ค่าความแปรปรวนของประชากรที่มีค่าต่ำสุด

σ_i^2 เป็น ค่าความแปรปรวนของประชากรที่ i โดย i = 1, 2, 3

$\overline{\sigma^2}$ เป็น ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของประชากรทั้ง 3 กลุ่ม

ตารางที่ 2.1 ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน

ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน	ความแปรปรวน	ϕ
มีความแตกต่างกันน้อย	3 : 4 : 6	0.72
$(0 < \phi < 1.5)$	3 : 6 : 9	1.41
มีความแตกต่างกันปานกลาง	3 : 4 : 9	1.5
$(1.5 \leq \phi < 3)$	3 : 6 : 12	2.1
มีความแตกต่างกันมาก	3 : 6 : 7.2	3.65
$(\phi \geq 3)$	3 : 6 : 36	8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 เกณฑ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบ

ประสิทธิภาพการทดสอบ (ปิยวรรณ ถือแก้ว. 2552) หมายถึงเกณฑ์ในการตัดสินว่าวิธีทดสอบใดดีที่สุดในบรรดาวิธีทดสอบที่สนใจศึกษา โดยวัดประสิทธิภาพจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Probability of type I error) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ตัดสินใจปฏิเสธสมมุติฐานหลัก เมื่อสมมุติฐานหลักเป็นจริง แทนด้วย α

กำลังการทดสอบ (Power of a test) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ตัดสินใจปฏิเสธ สมมุติฐานหลัก เมื่อสมมุติฐานหลักเป็นเท็จ แทนด้วย $1-\beta$ ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสมมุติฐานหลักและการสรุปผล

สมมุติฐานหลัก (H_0)	การสรุปผล	
	ยอมรับ H_0	ปฏิเสธ H_0
จริง	ความน่าจะเป็น $=(1-\alpha)$	ความผิดพลาดแบบที่หนึ่ง ความน่าจะเป็น $=\alpha$
เท็จ	ความผิดพลาดแบบที่สอง ความน่าจะเป็น $=\beta$	กำลังการทดสอบความน่าจะเป็น $=(1-\beta)$

เกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1

เกณฑ์ของ Bradley (1978) กำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่เกิดจากการทดลอง เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ " τ " ซึ่งถ้าค่าของ τ ตกอยู่ในช่วง $[0.5\alpha, 1.5\alpha]$ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความผิดพลาดแบบ 1 ได้ แต่ถ้าค่า τ ตกอยู่นอกช่วงที่กำหนดจะถือว่าไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ หรือเขียนช่วงที่กำหนดแต่ละระดับนัยสำคัญได้ดังนี้ (Bradley J. V. 1978)

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]

ถ้าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดลองตกอยู่นอกเหนือจากช่วงที่กำหนด หรือการทดลองนั้นไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรศักดิ์ จันทร์กระจ่าง. (2551) : การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณ และหากำลังการทดสอบ 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's, วิธี Games-Howell และวิธี Brown-Forsythe ตามข้อตกลงความแปรปรวนวิวิธพันธ์ของข้อมูลที่แจกแจงต่างกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สมุทรปราการ เขต 2 จำนวน 571 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน แล้วกำหนดเป็นประชากรเทียม เพื่อสุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 20,40,80 และ 120 คน ขนาดละ 30 ครั้ง ด้วยการสุ่มแบบใส่คืน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบทดสอบวัดความสามารถสมองด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 0.855

ผลการศึกษาพบว่าผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี ในการแจกแจงเป็นโค้งปรกติ และ เป็นโค้งสูงแหลม มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมุติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมุติฐาน ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด ของการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ในการแจกแจงเป็นโค้งปรกติ โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบวิธี Game-Howell ในการแจกแจงเป็นโค้งปรกติ และโค้งเบ้ลบ และวิธี Brown-Forsythe ในการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมุติฐาน ในการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ ของการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 120 คน, วิธี Game-Howell ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน และวิธี Brown-Forsythe ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่ากำลังการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณ 3 วิธี จากลักษณะการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ มีค่ากำลังการทดสอบสูงขึ้นเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลป็นโค้งปรกติ มีค่ากำลังการทดสอบมากกว่าในทุกลักษณะการแจกแจงในวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ค่ากำลังการทดสอบการทดสอบพหุคูณ วิธี Brown-Forsythe มีค่ากำลังการทดสอบมากสุด

ชิธิมาโวร์ บุญมา. (2549) : การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณในกลุ่มการเปรียบเทียบภายหลัง (Post Hoc Contrast) ที่เป็น Pairwise Test 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ภายการแจกแจงปรกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากันตั้งแต่ 3 ถึง 8 กลุ่ม แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มขนาดเล็ก ขนาดกลางและ ขนาดใหญ่ ข้อมูลการวิจัยได้จากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น โดยทำการทำลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ในแต่ละขนาดการทดลองด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. การควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อ k=3 ทั้ง 4 วิธี ได้แก่วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี เมื่อ k เพิ่มขึ้น k=4 ทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อ k=5 มี 1 วิธี ได้แก่ วิธีDunnett's C เพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กตั้งแต่ k=6 ถึง k=8 ทั้ง 4 วิธีไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้อัตราความผิดพลาดแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกกรณี สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อ k=3 ทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี เมื่อ k เพิ่มขึ้น k=4 ทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเช่นเดียวกัน และ ตั้งแต่ k=5 ถึง k=8 ทั้ง 4 วิธีไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้อัตราความผิดพลาดแบบที่ 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกกรณี

2. ทุกวิธีการทดสอบที่นำมาคำนวณหากำลังการทดสอบ จะมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้นตามขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ B จะทำให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่าการเพิ่มอิทธิพลทรีทเมนต์แบบ A ทุกวิธีการทดสอบ และพบว่า กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน เมื่อ k=3 วิธี Game-Howell มีกำลังการทดสอบสูงสุดทุกกรณี เมื่อ k เพิ่มขึ้น ทั้ง 4 วิธี ไม่มีการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์การควบคุมอัตราความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 และ กำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเมื่อความแปรปรวนของประชากร 3 กลุ่มไม่เท่ากันโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ 3 ตัวคือ ตัวสถิติทดสอบทามฮาน (Tamhane's Test:T2)ตัวสถิติทดสอบ เกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell Test : GH) และ ตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ (Brown-Forsythe Test : BF)

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ศึกษาจากการจำลองข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยที่ใช้โปรแกรม R เวอร์ชั่น 3.2.2 ในการทำการวิจัย เพื่อเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบดังกล่าว

3.1 การวางแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ในการศึกษาเปรียบเทียบดังนี้

3.1.1 กำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 3 ประชากร

3.1.2 กำหนดขนาดตัวอย่างสุ่ม (n_1, n_2, n_3) จากแต่ละประชากรเท่ากันและไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนลักษณะประชากรขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน

ลักษณะ	จำนวนลักษณะ	รายละเอียด
ขนาดเท่ากัน	4	(5,5,5) , (15,15,15) , (30,30,30) , (60,60,60)
ขนาดไม่เท่ากัน	5	(5,5,10) , (5,5,25) , (5,10,15) , (5,15,25) , (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 กำหนดความแตกต่างของความแปรปรวน สำหรับการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบโดยใช้ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ ϕ (Noncentrality Parameter) เป็นเกณฑ์ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน

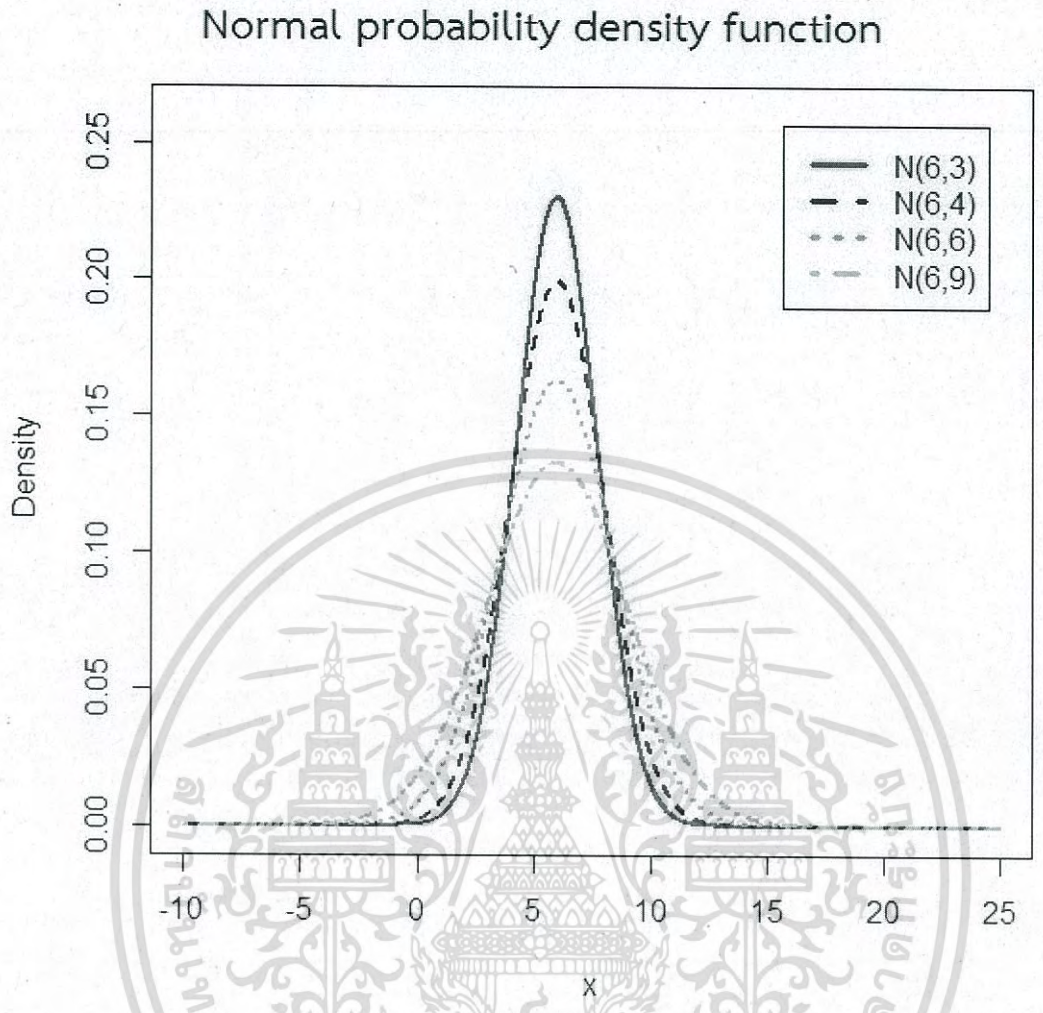
ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน	ความแปรปรวน	ϕ
มีความแตกต่างกันน้อย $(0 < \phi < 1.5)$	3 : 4 : 6	0.72
	3 : 6 : 9	1.41
มีความแตกต่างกันปานกลาง $(1.5 \le \phi < 3)$	3 : 4 : 9	1.5
	3 : 6 : 12	2.1
มีความแตกต่างกันมาก $(\phi \ge 3)$	3 : 6 : 7.2	3.65
	3 : 6 : 36	8.6

3.1.4 กรณีค่าเฉลี่ยเท่ากันของการแจกแจงปรกติ กำหนดค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) ดังตารางที่ 3.3 แสดงดังรูปที่ 3.1-3.3 และการแจกแจงแกมมากำหนดค่าพารามิเตอร์ (α, β) ดังตารางที่ 3.4 แสดงดังรูปที่ 3.4-3.6

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติที่ค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) มีค่าเฉลี่ย $E(X) = \mu$ และค่าความแปรปรวน $Var(X) = \sigma^2$

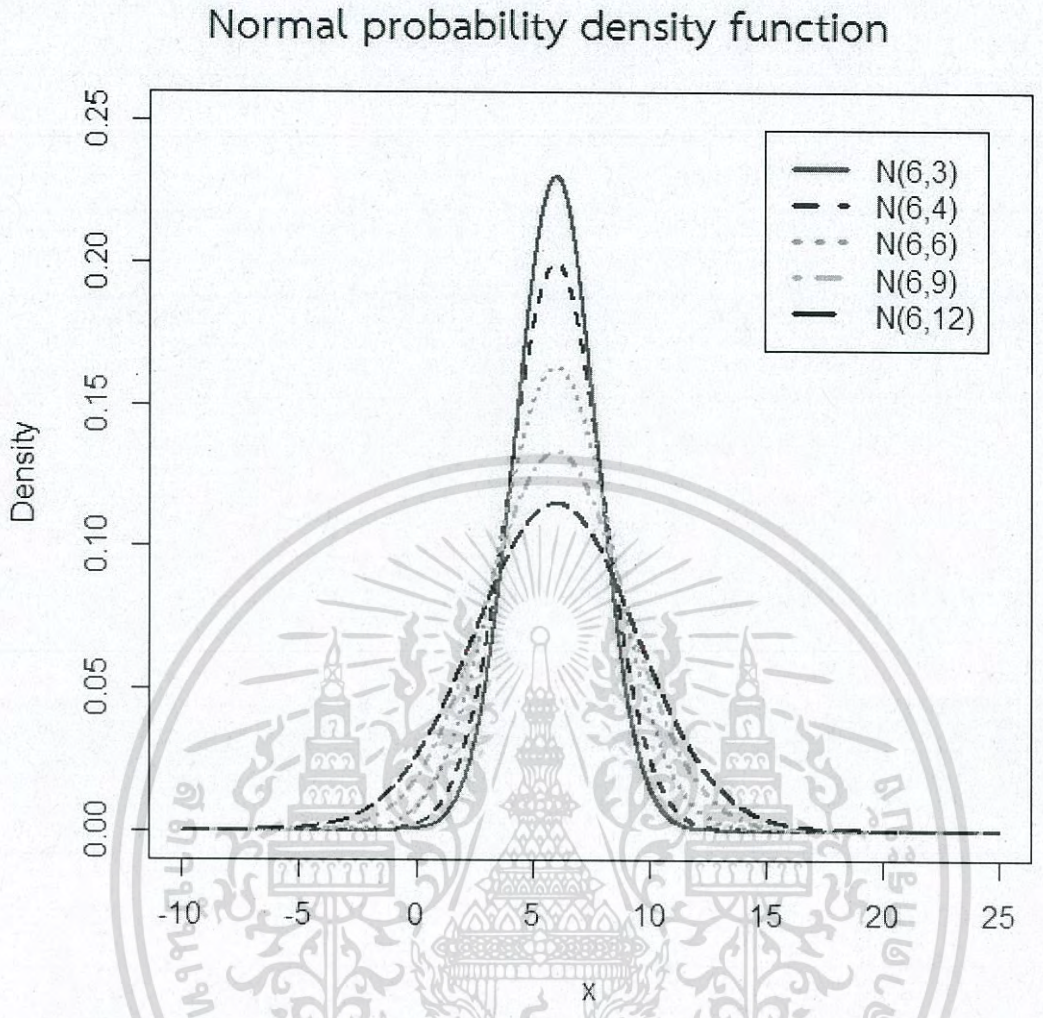
ประชากรที่ 1			ประชากรที่ 2			ประชากรที่ 3			ϕ
(μ, σ^2)	μ	σ^2	(μ, σ^2)	μ	σ^2	(μ, σ^2)	μ	σ^2	
(6,3)	6	3	(6,4)	6	4	(6,6)	6	6	0.72
(6,3)	6	3	(6,6)	6	6	(6,9)	6	9	1.41
(6,3)	6	3	(6,4)	6	4	(6,9)	6	9	1.5
(6,3)	6	3	(6,6)	6	6	(6,12)	6	12	2.1
(6,3)	6	3	(6,6)	6	6	(6,7.2)	6	7.2	3.65
(6,3)	6	3	(6,6)	6	6	(6,36)	6	36	8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



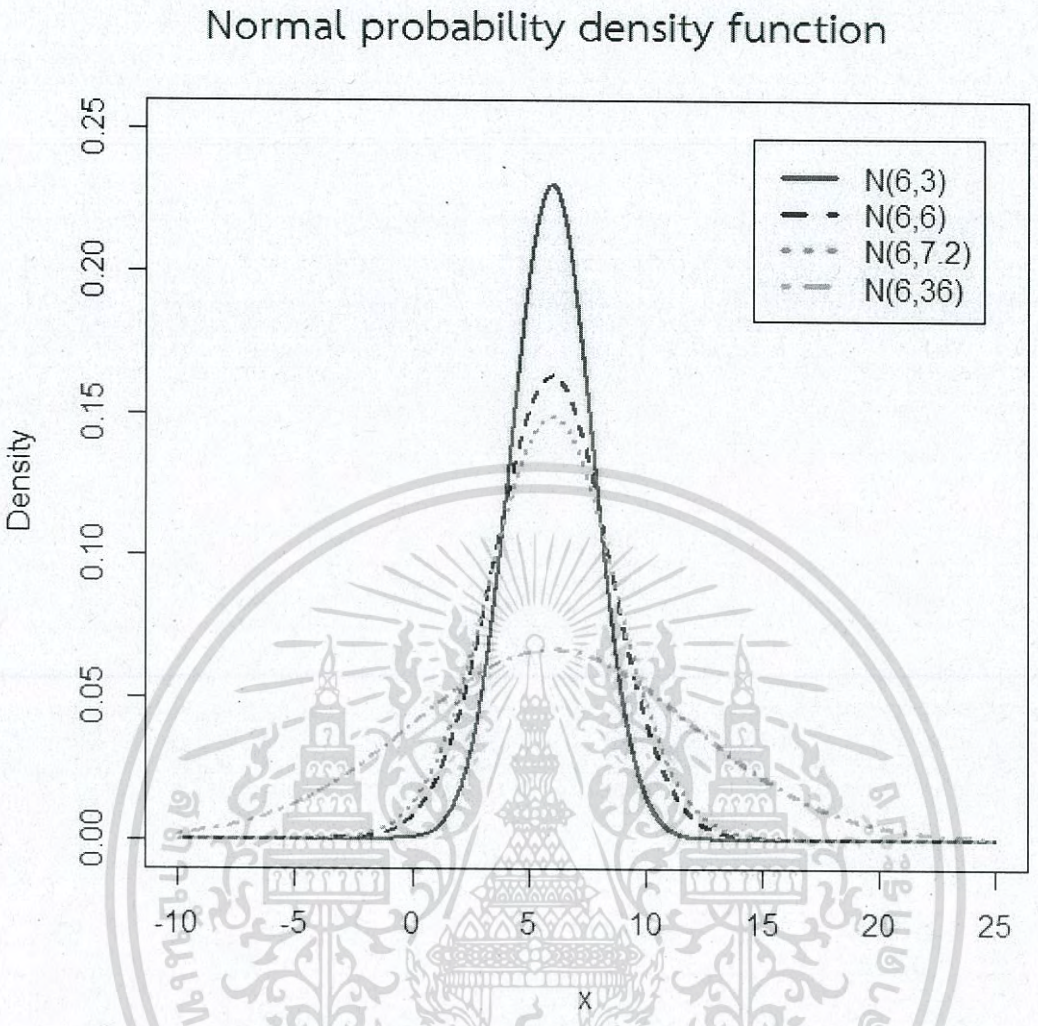
รูปที่ 3.1 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (6,3) (6,4) (6,6) และ (6,9) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนน้อย ($\phi = 0.72$ และ $\phi = 1.41$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (6,3) (6,4) (6,6) (6,9) และ (6,12) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนปานกลาง ($\phi = 1.5$ และ $\phi = 2.1$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



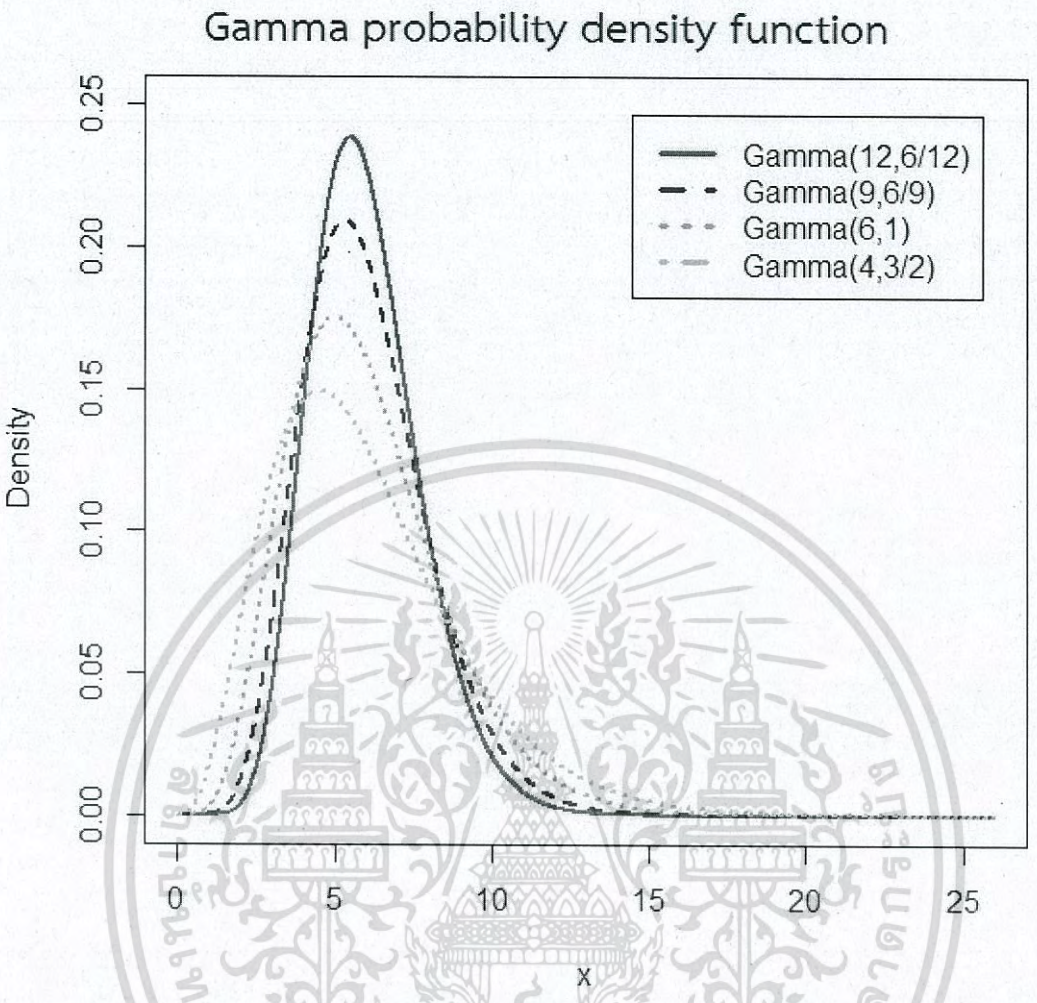
รูปที่ 3.3 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (6,3) (6,6) (6,7.2) และ (6,36) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนมาก ($\phi = 3.65$ และ $\phi = 8.6$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาที่ค่าพารามิเตอร์ (α, β) เมื่อค่าเฉลี่ย $E(X) = \alpha\beta$ และ ความแปรปรวน $Var(X) = \alpha\beta^2$.

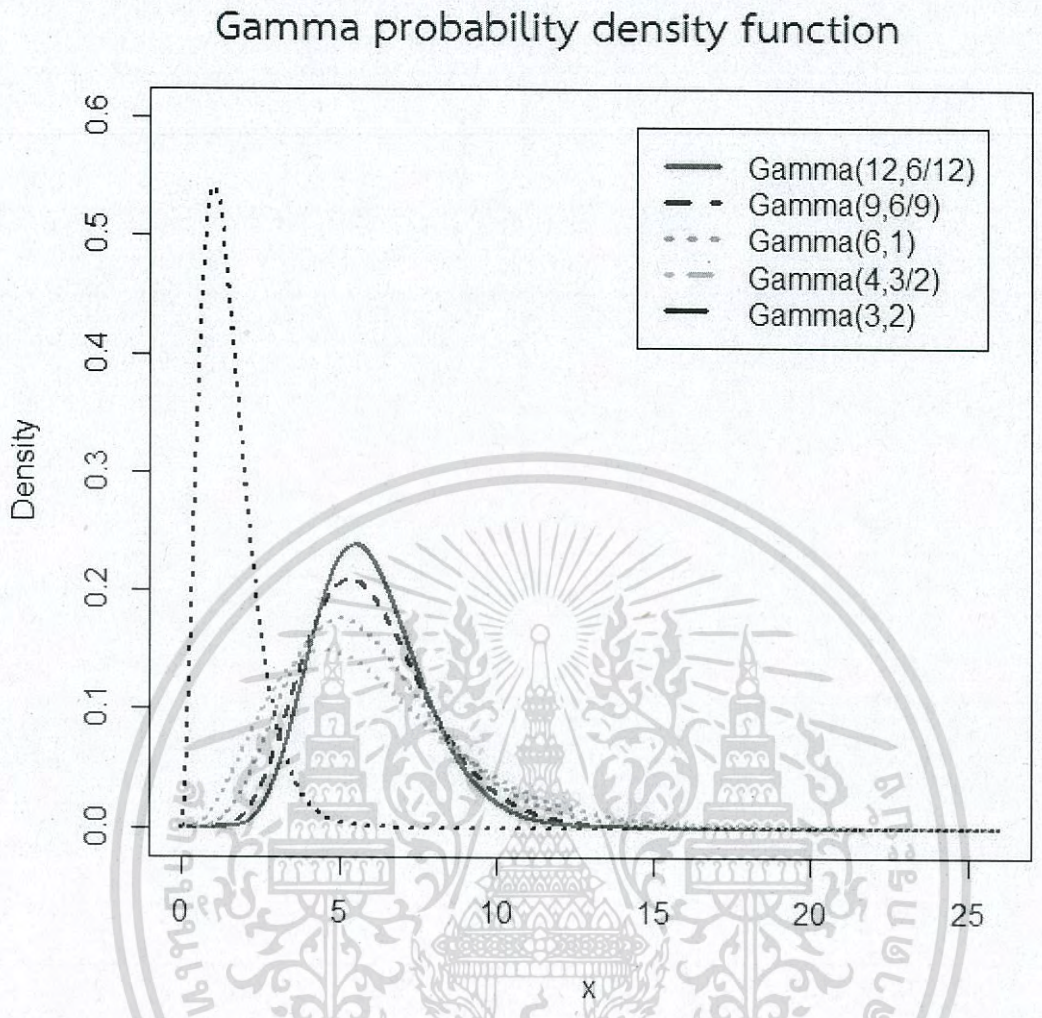
ประชากรที่ 1			ประชากรที่ 2			ประชากรที่ 3			ϕ
(α, β)	$\alpha\beta$	$\alpha\beta^2$	(α, β)	$\alpha\beta$	$\alpha\beta^2$	(α, β)	$\alpha\beta$	$\alpha\beta^2$	
(12,6/12)	6	3	(9,6/9)	6	4	(6,1)	6	6	0.72
(12,6/12)	6	3	(6,1)	6	6	(4,3/2)	6	9	1.41
(12,6/12)	6	3	(9,6/9)	6	4	(4,3/2)	6	9	1.5
(12,6/12)	6	3	(6,1)	6	6	(3,2)	6	12	2.1
(12,6/12)	6	3	(6,1)	6	6	(5,6/5)	6	7.2	3.65
(12,6/12)	6	3	(6,1)	6	6	(1,6)	6	36	8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



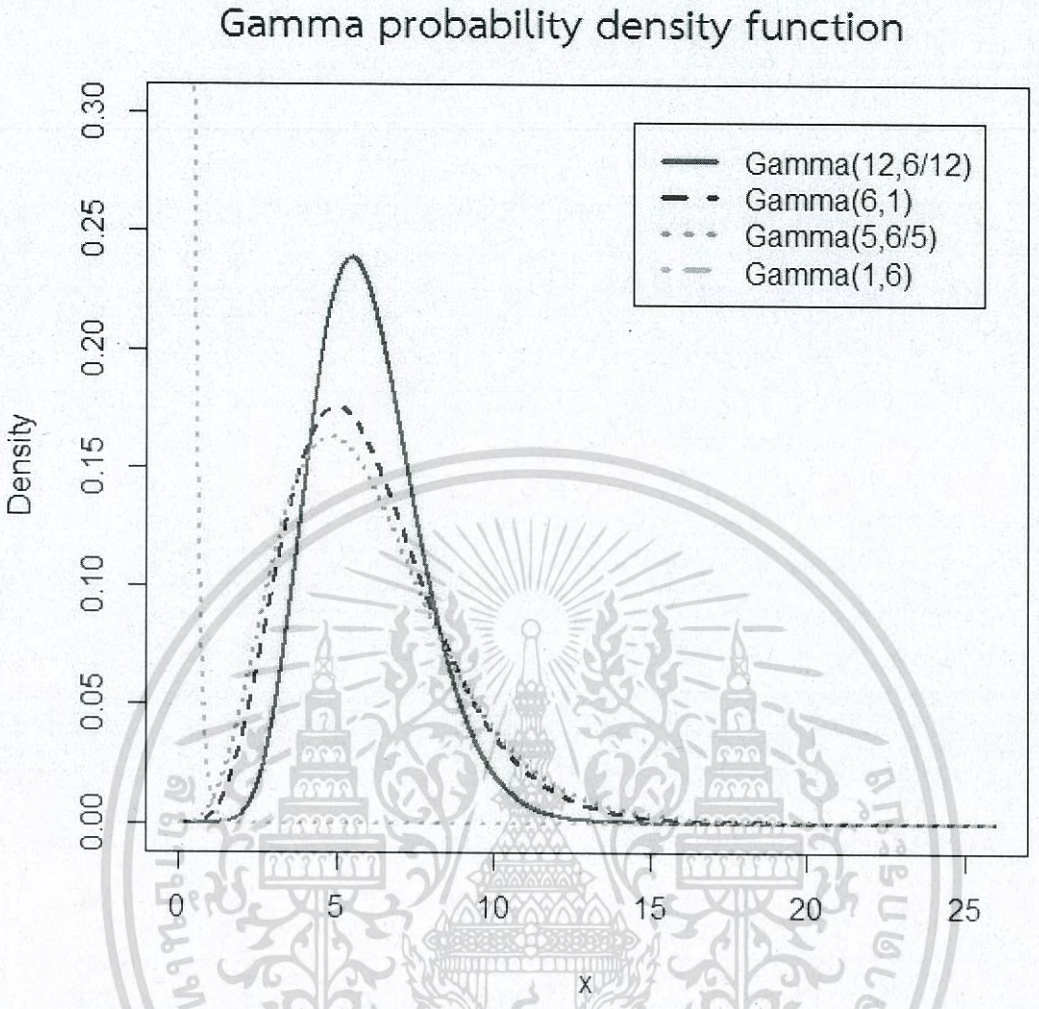
รูปที่ 3.4 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α, β) คือ (12,6/12) (9,6/9) (6,1) และ (4,3/2) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนน้อย ($\phi = 0.72$ และ $\phi = 1.41$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α, β) คือ (12,6/12) (9,6/9) (6,1) (4,3/2) และ (3,2) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนปานกลาง ($\phi = 1.5$ และ $\phi = 2.1$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α, β) คือ (12,6/12) (6,1) (5,6/5) และ (1,6) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนมาก ($\phi = 3.65$ และ $\phi = 8$)

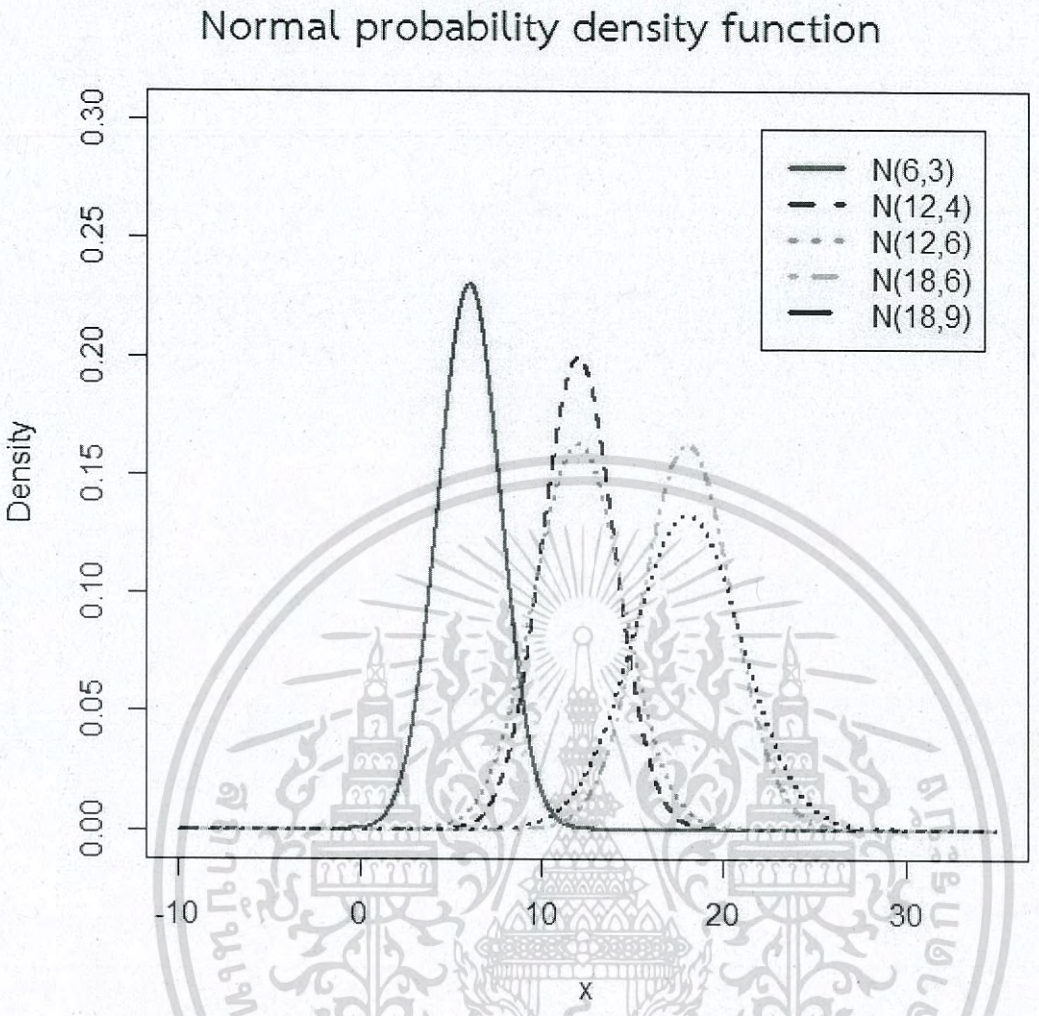
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 กรณีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน (กำหนดสัดส่วนค่าเฉลี่ยของประชากรเป็น 6: 12 :18) ของการแจกแจงปรกติ กำหนดค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) ดังตารางที่ 3.5 แสดงด้วยรูป 3.7-3.9 และการแจกแจงแกมมา กำหนดค่าพารามิเตอร์ (α,β) ดังตารางที่ 3.6 แสดงดังรูปที่ 3.10-3.12

ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติที่ค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) มีค่าเฉลี่ย $E(X)=\mu$ และ ค่าความแปรปรวน $Var(X)=\sigma^2$

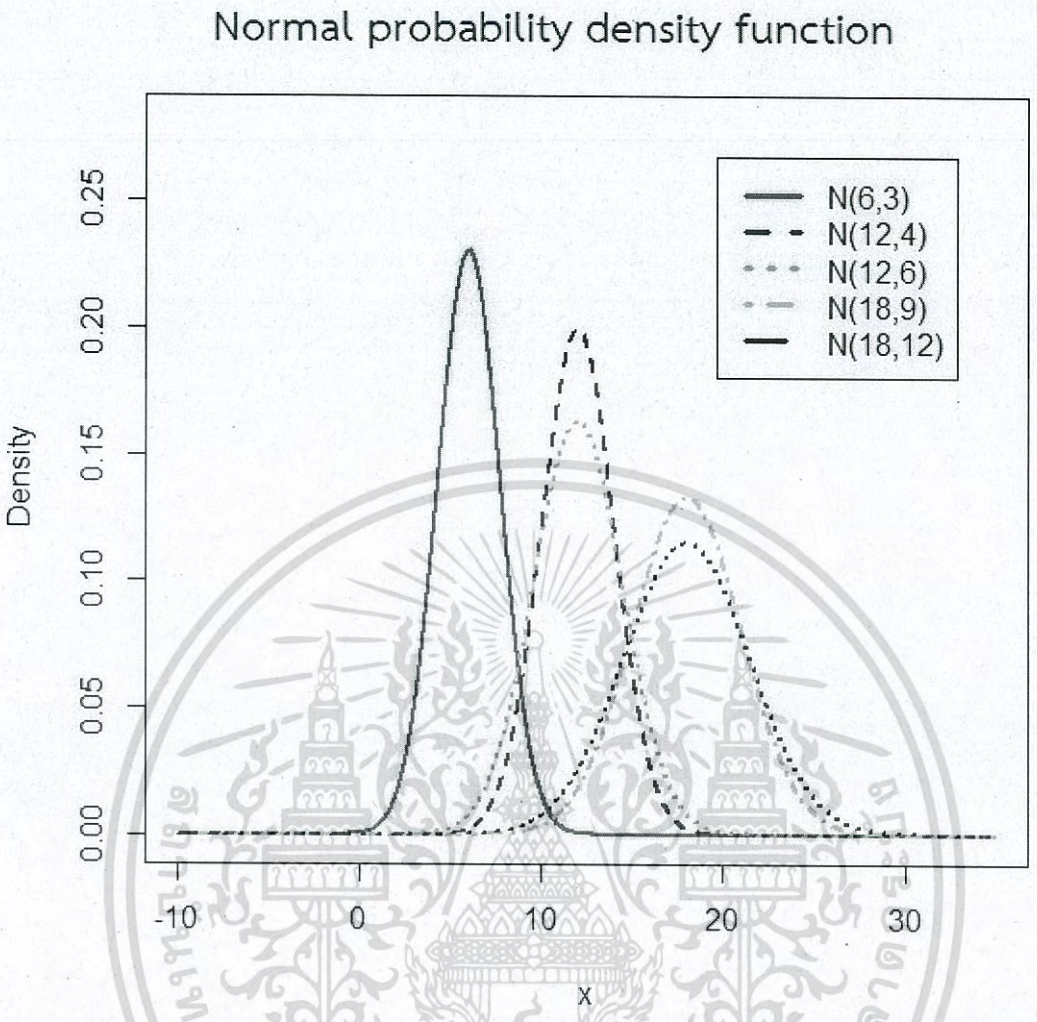
ประชากรที่ 1			ประชากรที่ 2			ประชากรที่ 3			ϕ
(μ,σ^2)	μ	σ^2	(μ,σ^2)	μ	σ^2	(μ,σ^2)	μ	σ^2	
(6,3)	6	3	(12,4)	12	4	(18,6)	18	6	0.72
(6,3)	6	3	(12,6)	12	6	(18,9)	18	9	1.41
(6,3)	6	3	(12,4)	12	4	(18,9)	18	9	1.5
(6,3)	6	3	(12,6)	12	6	(18,12)	18	12	2.1
(6,3)	6	3	(12,6)	12	6	(18,7.2)	18	7.2	3.65
(6,3)	6	3	(12,6)	12	6	(18,36)	18	36	8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



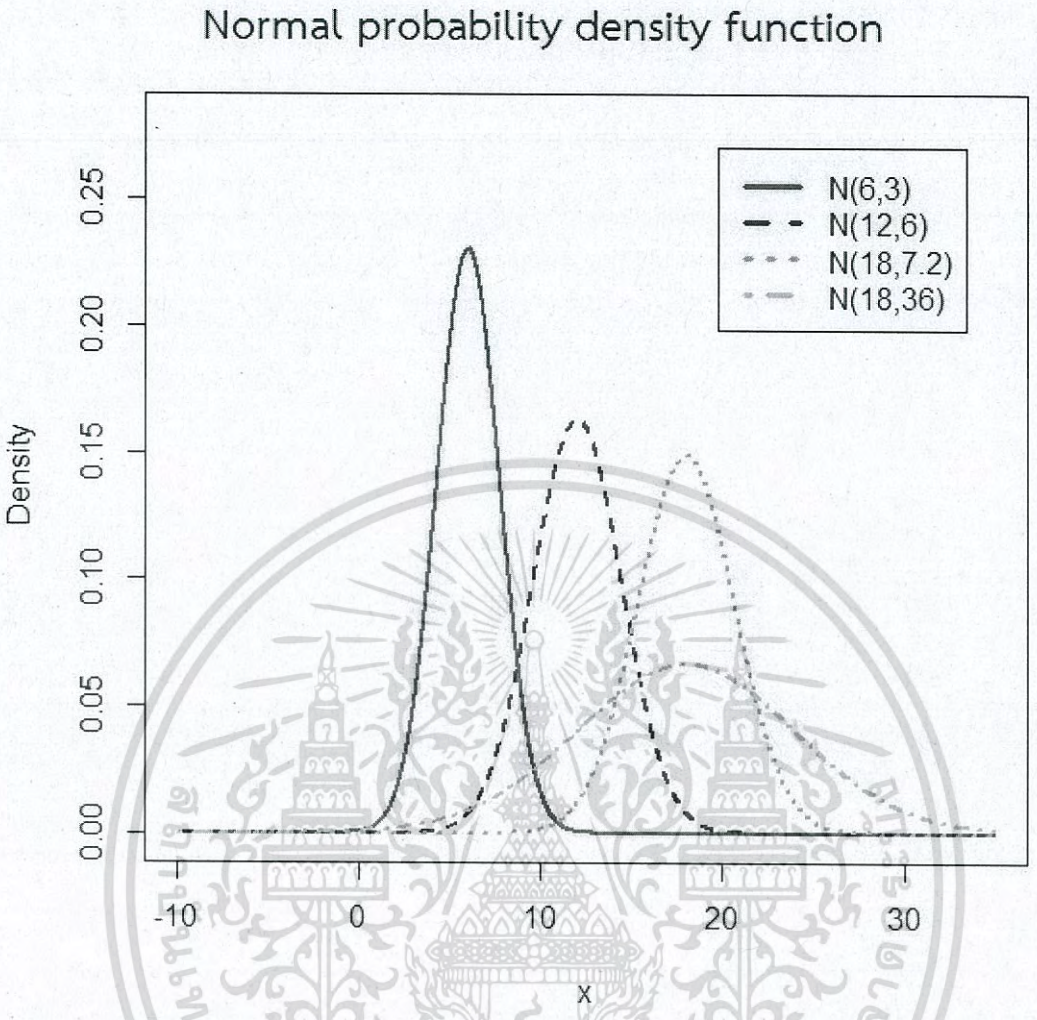
รูปที่ 3.7 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (6,3) ,(12,4) ,(12,6) ,(18,6) และ (18,9) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนน้อย ($\phi = 1.5$ และ $\phi = 2.1$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารา (μ, σ^2) คือ (6,3) (12,4) (12,6) (18,9) และ (18,12) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนปานกลาง ($\phi = 0.72$ และ $\phi = 1.41$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



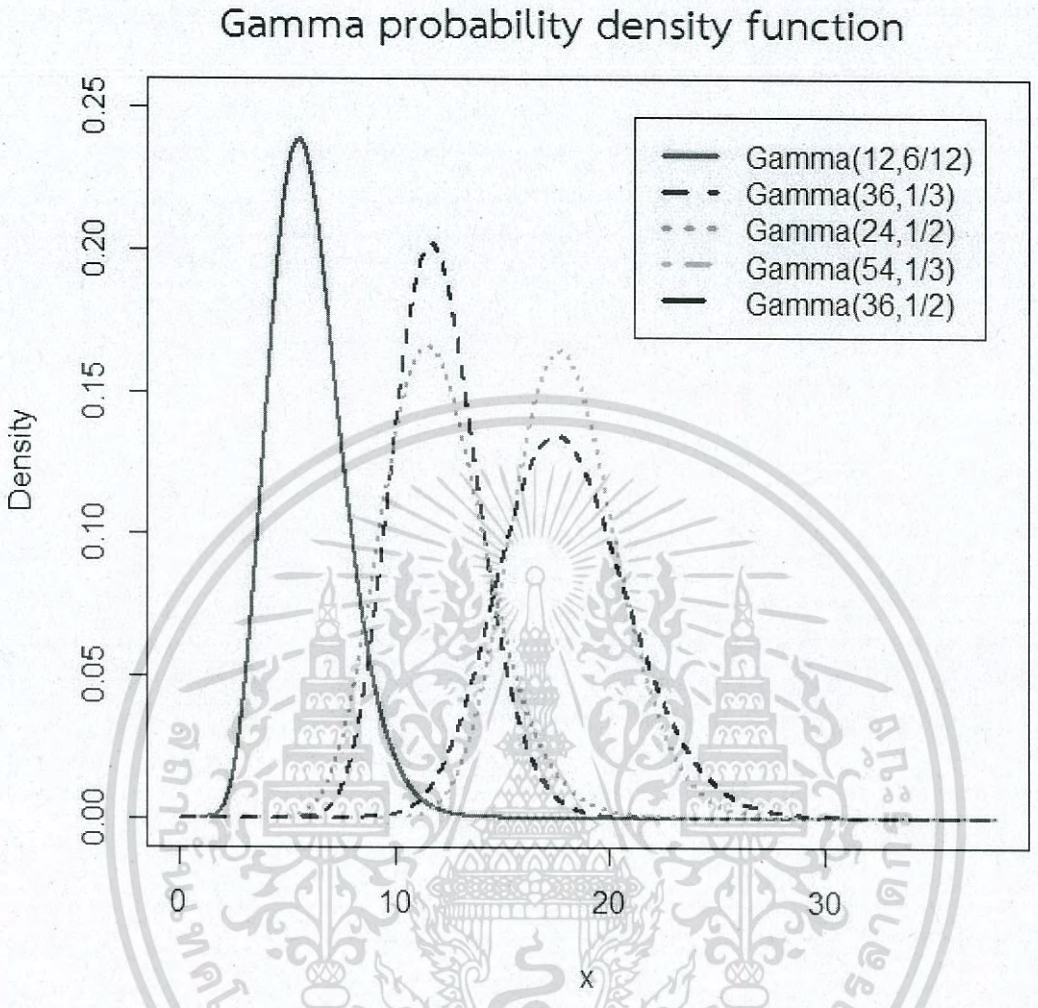
รูปที่ 3.9 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติเมื่อค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (6,3) (12,6) (18,7.2) และ (18,36) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนมาก ($\phi = 3.65$ และ $\phi = 8.6$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) เมื่อค่าเฉลี่ย $E(X) = \alpha\beta$ และ ความแปรปรวน $Var(X) = \alpha\beta^2$

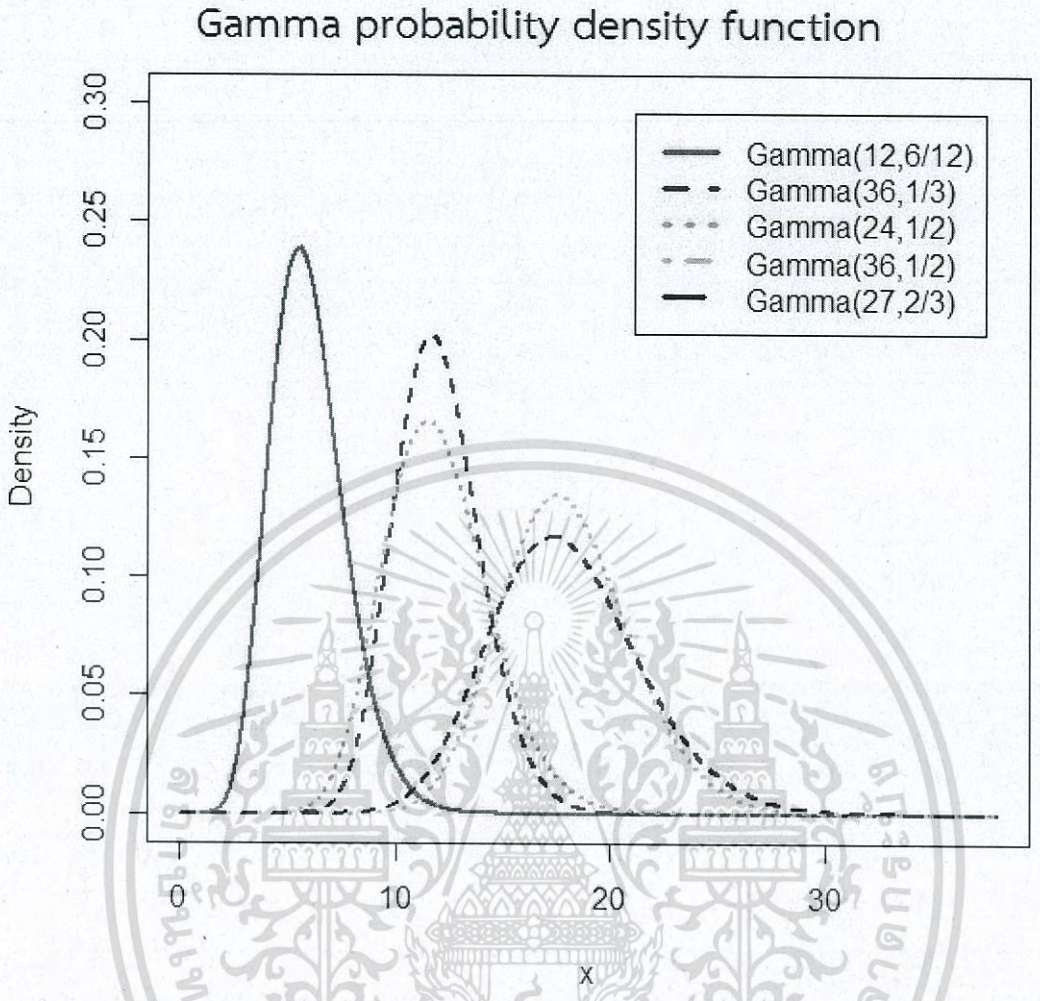
ประชากรที่ 1			ประชากรที่ 2			ประชากรที่ 3			
(α, β)	$\alpha\beta$	$\alpha\beta^2$	(α, β)	$\alpha\beta$	$\alpha\beta^2$	(α, β)	$\alpha\beta$	$\alpha\beta^2$	ϕ
(12,6/12)	6	3	(36,1/3)	12	4	(54,1/3)	18	6	0.72
(12,6/12)	6	3	(24,1/2)	12	6	(36,1/2)	18	9	1.41
(12,6/12)	6	3	(36,1/3)	12	4	(36,1/2)	18	9	1.5
(12,6/12)	6	3	(24,1/2)	12	6	(27,2/3)	18	12	2.1
(12,6/12)	6	3	(24,1/2)	12	6	(45,2/5)	18	7.2	3.65
(12,6/12)	6	3	(24,1/2)	12	6	(9,2)	18	36	8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



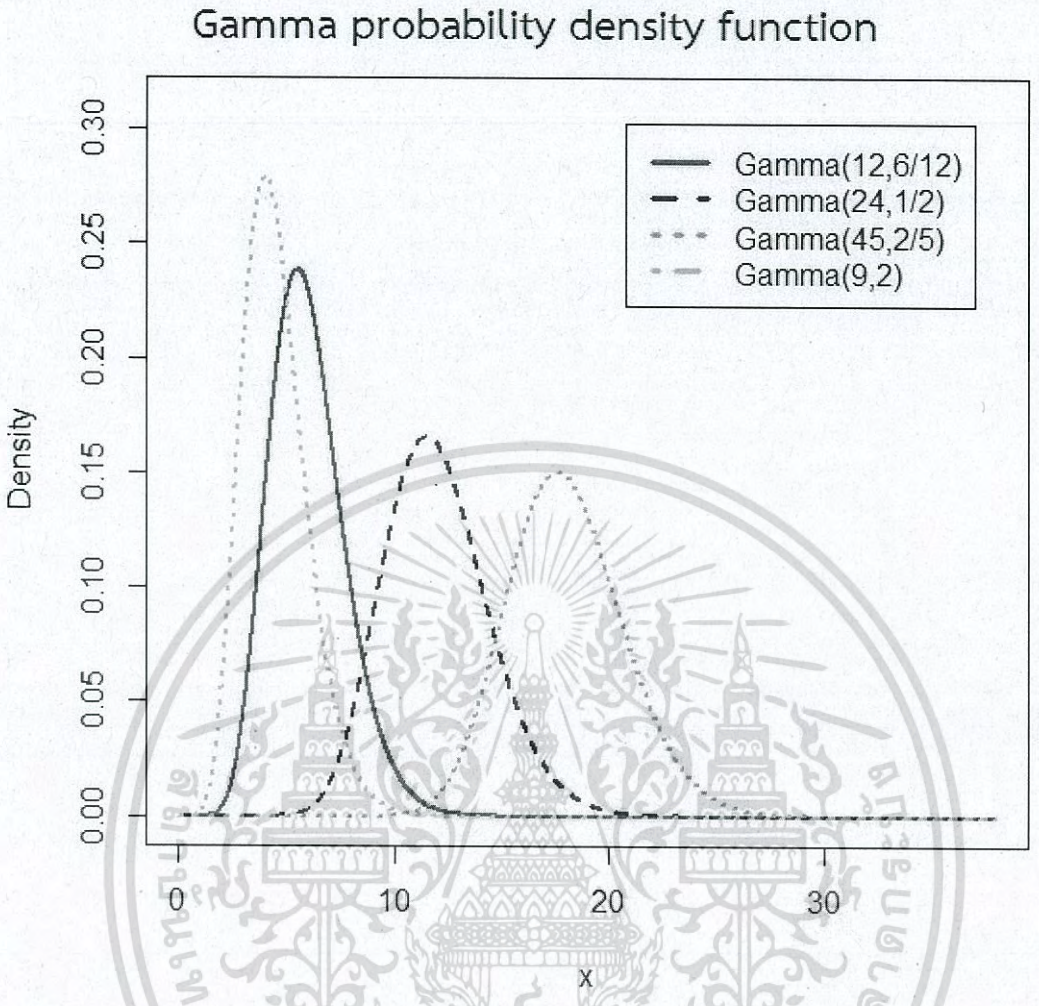
รูปที่ 3.10 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α, β) คือ (12,6/12) (36,1/3) (24,1/2) (54,1/3) และ (36,1/2) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนน้อย ($\phi = 0.72$ และ $\phi = 1.41$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α, β) คือ (12,6/12) (36,1/3) (24,1/2) (36,1/2) และ (27,2/3) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนปานกลาง ($\phi = 1.5$ และ $\phi = 2.1$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมาเมื่อค่าพารามิเตอร์ (α, β) คือ (12,6/12) (24,1/2) (45,2/5) และ (9,2) โดยมีความแตกต่างของความแปรปรวนมาก ($\phi = 3.65$ และ $\phi = 8.6$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1

3.1.7 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบและความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เพื่อหาตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุดในแต่ละสถานการณ์

3.1.8 โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ทั้งหมดเขียนด้วยโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.2.2 ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 5,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

โดยวิธีการดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งการดำเนินการเป็นได้หลายขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.2.1 จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรม R โดยกำหนดให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 3 ประชากร โดยมีการแจกแจง ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ค่าพารามิเตอร์ และขนาดตัวอย่าง เป็นไปตามขอบเขตของการวิจัย

3.2.2 จำนวนคู่เปรียบเทียบสำหรับจำนวนประชากรเท่ากับ 3 ประชากรคือ $\binom{3}{2} = \frac{3!}{(3-2)!2!} = 3$ คู่ การเปรียบเทียบพหุคูณจะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไปทีละคู่ โดยจะกำหนดสัญลักษณ์แทนคู่ที่กำลังทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอยู่คือ i และ j

3.2.3 คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เพื่อทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ และบันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก $\left(H_0 : \mu_i = \mu_j\right)$ เมื่อสมมุติฐานหลักเป็นจริงทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

3.2.4 หาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานหลักหารด้วย 5,000

3.2.5 ทำการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละตัวสถิติทดสอบกับเกณฑ์ของ Bradley ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในช่วง $[0.5\alpha, 1.5\alpha]$ สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ α นั่นคือถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง $[0.05, 0.015]$ สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 อยู่ในช่วง $[0.025, 0.075]$ สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และอยู่ในช่วง $[0.05, 0.15]$ สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ตามลำดับ (Bradley, J. V. 1978)

3.2.6 จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรม R โดยกำหนดให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันทั้ง 3 ประชากร โดยมีการแจกแจง ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ค่าพารามิเตอร์ และขนาดตัวอย่าง เป็นไปตามขอบเขตของการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

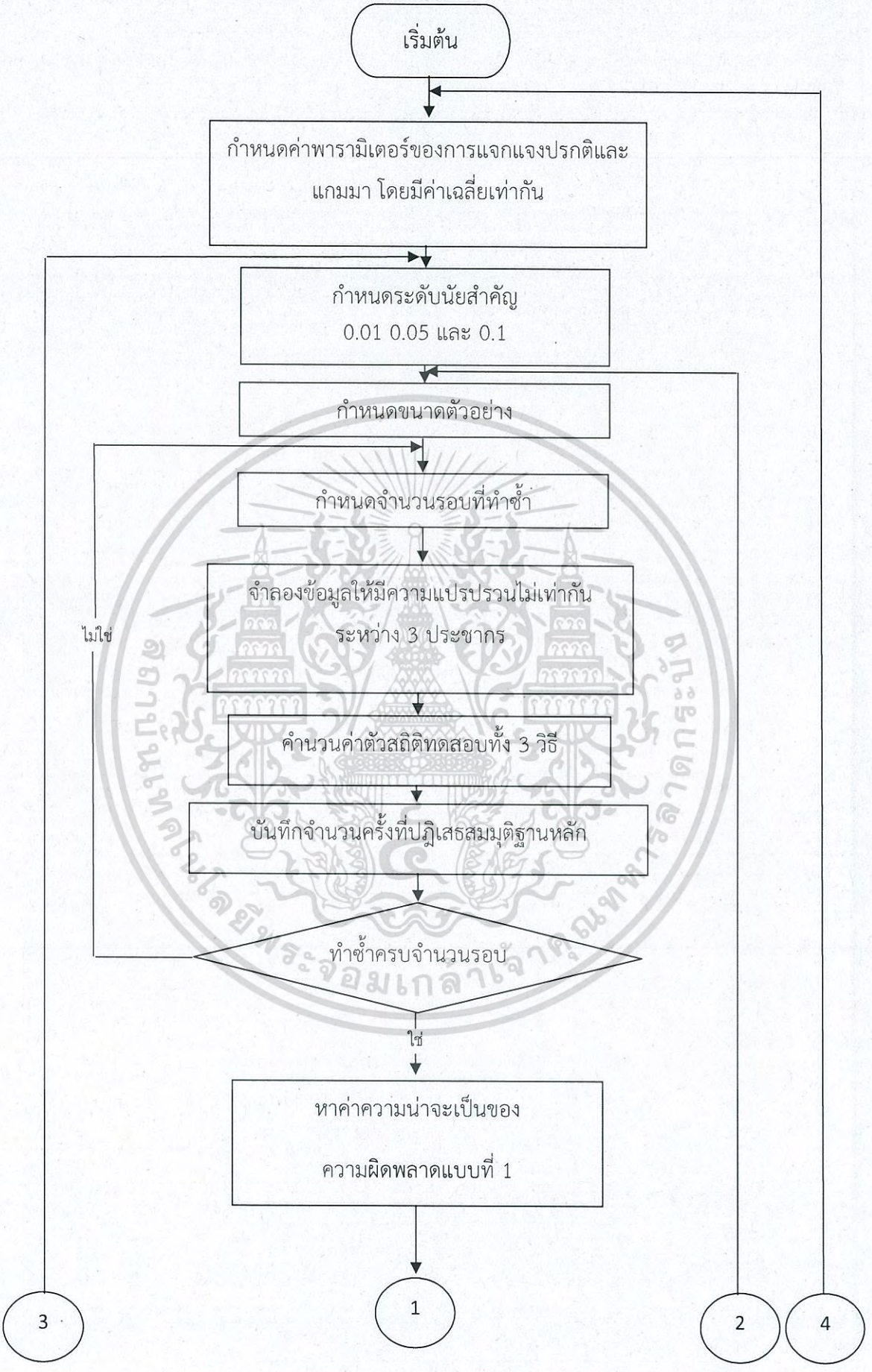
3.2.7 คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เพื่อทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ และบันทึกจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก $\left(H_0 : \mu_i = \mu_j\right)$ เมื่อสมมุติฐานหลักเป็นเท็จ ทำซ้ำจนครบ 5,000 ครั้ง

3.2.8 หาค่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี โดยนำจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมุติฐานหลักหารด้วย 5,000

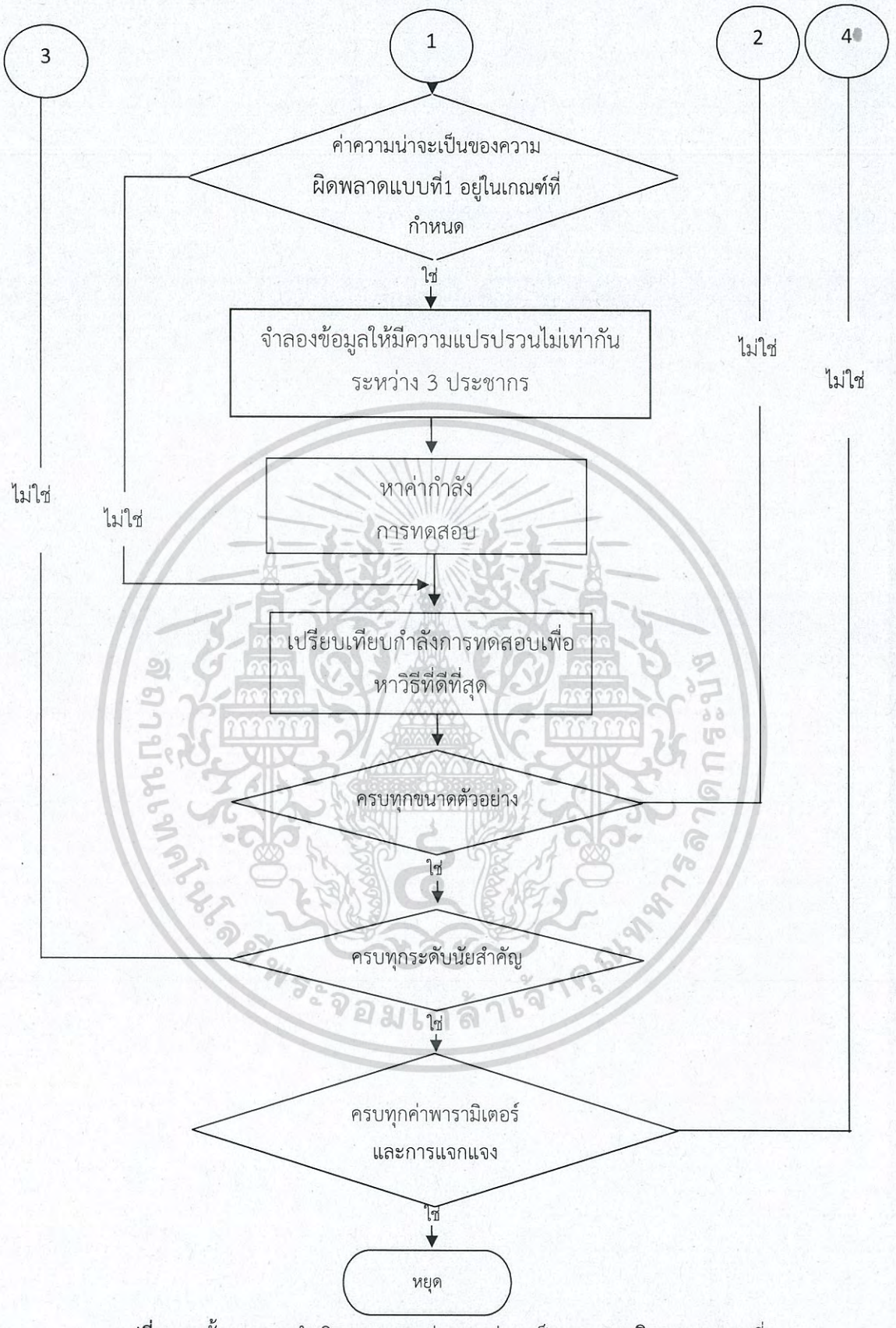
3.2.9 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี โดยตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด จะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัยและการประมวลผลข้อมูลสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการดำเนินงานการหาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

และกำลังการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวตัวสถิติทดสอบ 3 ตัว ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบทามฮาน(Tamhane's Test : T2) ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell Test : GH) และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ (Brown-Forsythe Test : BF) ซึ่งผ่านการทดสอบภายใต้ข้อกำหนดที่ว่าความแปรปรวนไม่เท่ากัน (Levene test) และมีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย (Welch) แล้วจึงไปทำการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 3ตัวตัวสถิติทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และ กำลังการทดสอบของตัวตัวสถิติทดสอบในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน โดยจะทำการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.2.3 ทำซ้ำ 5,000 ครั้ง แล้วทำการทดสอบด้วยตัวตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวที่ทำการศึกษา

การเสนอผลวิจัยทำโดยการเปรียบเทียบตัวตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว โดยพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley ในการเปรียบเทียบ จากนั้นจะทำการพิจารณากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ทำการศึกษา ซึ่งจะนำเสนอในรูปแบบของตารางและกราฟเพื่อสะดวกในการอธิบายผล

4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

การคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละตัวตัวสถิติทดสอบจะใช้ขนาดตัวอย่าง พารามิเตอร์ และระดับนัยสำคัญ ของการแจกแจงปรกติ ดังตารางที่ 4.1 – 4.6 และการแจกแจงแกมมา ดังตารางที่ 4.7 - 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

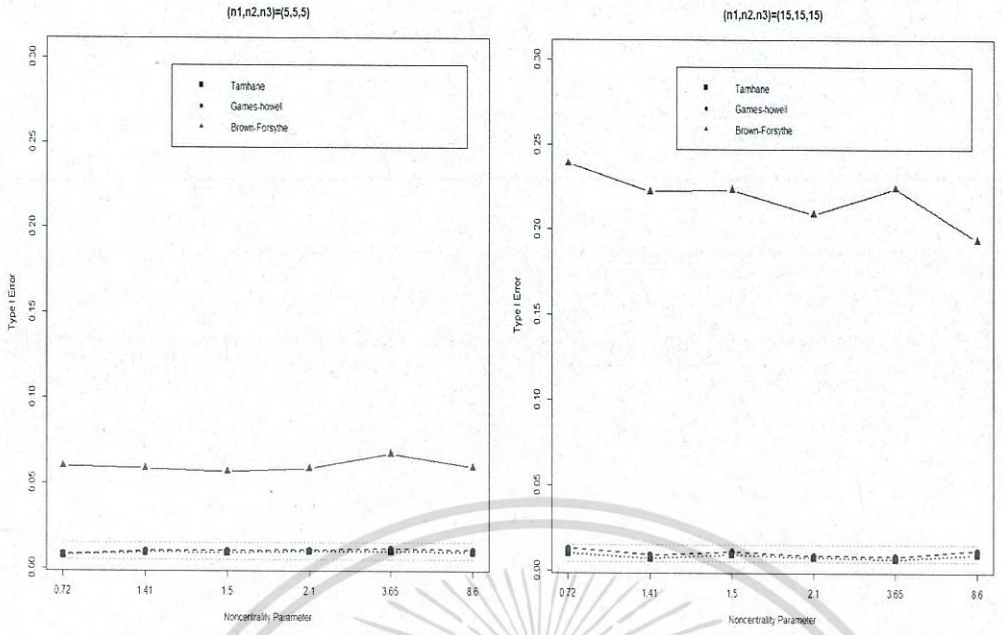
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.0076*	0.0092*	0.0090*	0.0098*	0.0098*	0.0092*
	15:15:15	0.0100*	0.0068*	0.0092*	0.0074*	0.0064*	0.0092*
	30:30:30	0.0082*	0.0100*	0.0084*	0.0064*	0.0076*	0.0084*
	60:60:60	0.0070*	0.0088*	0.0074*	0.0072*	0.0088*	0.0078*
Game-Howell	5: 5:5	0.0082*	0.0100*	0.0100*	0.0106*	0.0114*	0.0104*
	15:15:15	0.0126*	0.0090*	0.0108*	0.0086*	0.0080*	0.0114*
	30:30:30	0.0104*	0.0112*	0.0098*	0.0076*	0.0088*	0.0100*
	60:60:60	0.0080*	0.0108*	0.0084*	0.0100*	0.0096*	0.0090*
Brown-Forsythe	5: 5:5	0.0600	0.0586	0.0568	0.0586	0.0674	0.0594
	15:15:15	0.2388	0.2222	0.2234	0.2090	0.2240	0.1936
	30:30:30	0.3224	0.3228	0.3196	0.3154	0.3172	0.2986
	60:60:60	0.4002	0.3950	0.3960	0.3838	0.4088	0.3780

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

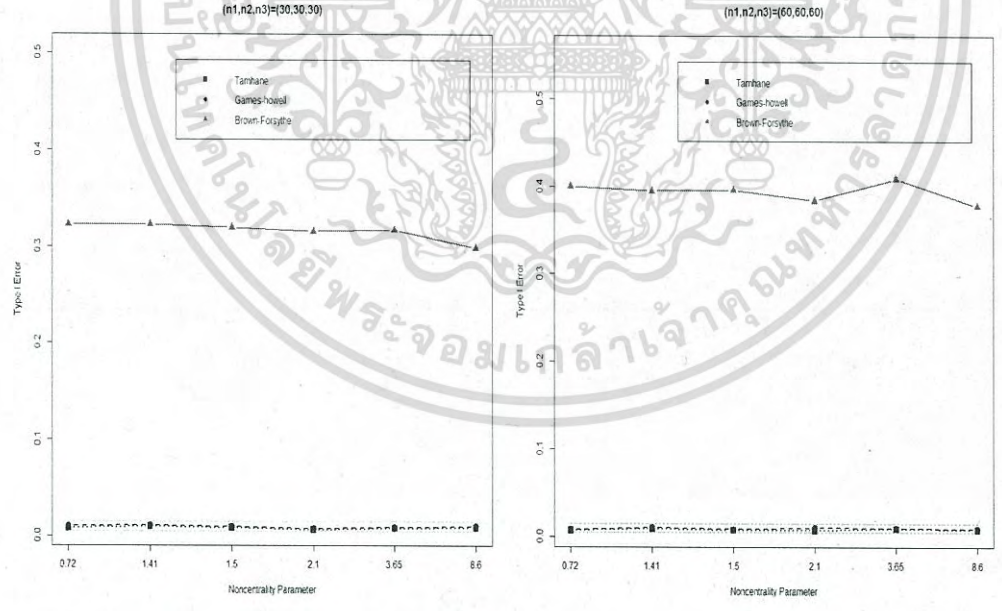
จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมด แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.1 - 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



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

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

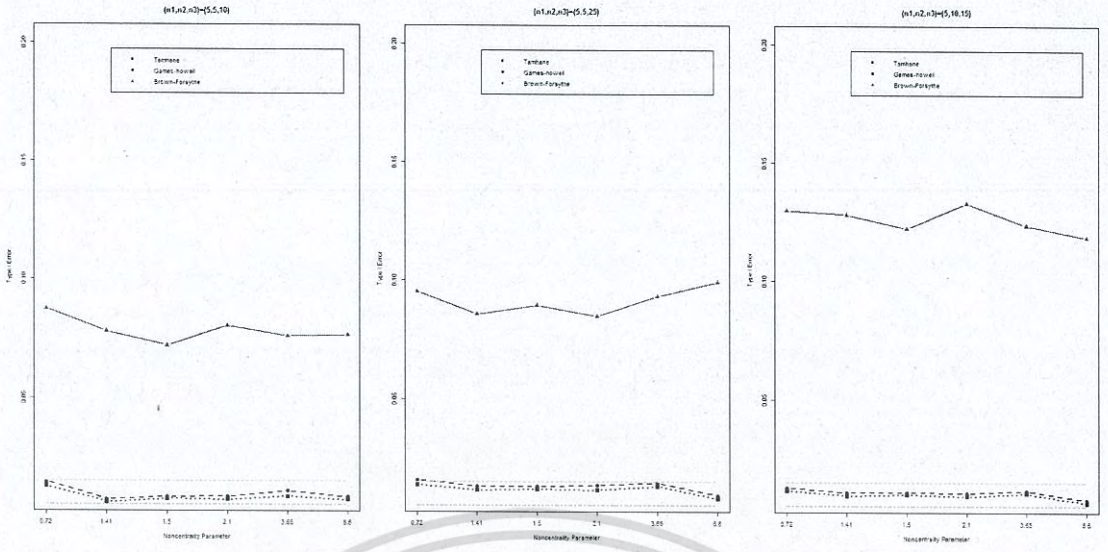
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.0128*	0.0060*	0.0074*	0.0070*	0.0084*	0.0070*
	5:5:25	0.0136*	0.0114*	0.0118*	0.0114*	0.0130*	0.0078*
	5:10:15	0.0114*	0.0094*	0.0100*	0.0092*	0.0104*	0.0064*
	5:15:25	0.0114*	0.0110*	0.0114*	0.0088*	0.0114*	0.0110*
	30:45:60	0.0086*	0.0096*	0.0082*	0.0086*	0.0112*	0.0070*
Game-Howell	5:5:10	0.0146*	0.0072*	0.0082*	0.0084*	0.0108*	0.0084*
	5:5:25	0.0158	0.0130*	0.0130*	0.0134*	0.0146*	0.0092*
	5:10:15	0.0128*	0.0108*	0.0108*	0.0106*	0.0116*	0.0076*
	5:15:25	0.0126*	0.0128*	0.0136*	0.0114*	0.0140*	0.0124*
	30:45:60	0.0102*	0.0108*	0.0112*	0.0100*	0.0120*	0.0076*
Brown-Forsythe	5:5:10	0.0874	0.0780	0.0720	0.0804	0.0760	0.0766
	5:5:25	0.0952	0.0856	0.0894	0.0848	0.0932	0.0992
	5:10:15	0.1298	0.1280	0.1222	0.1328	0.1236	0.1184
	5:15:25	0.1598	0.1572	0.1560	0.1694	0.1686	0.1546
	30:45:60	0.3570	0.3572	0.3590	0.3616	0.3582	0.3492

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

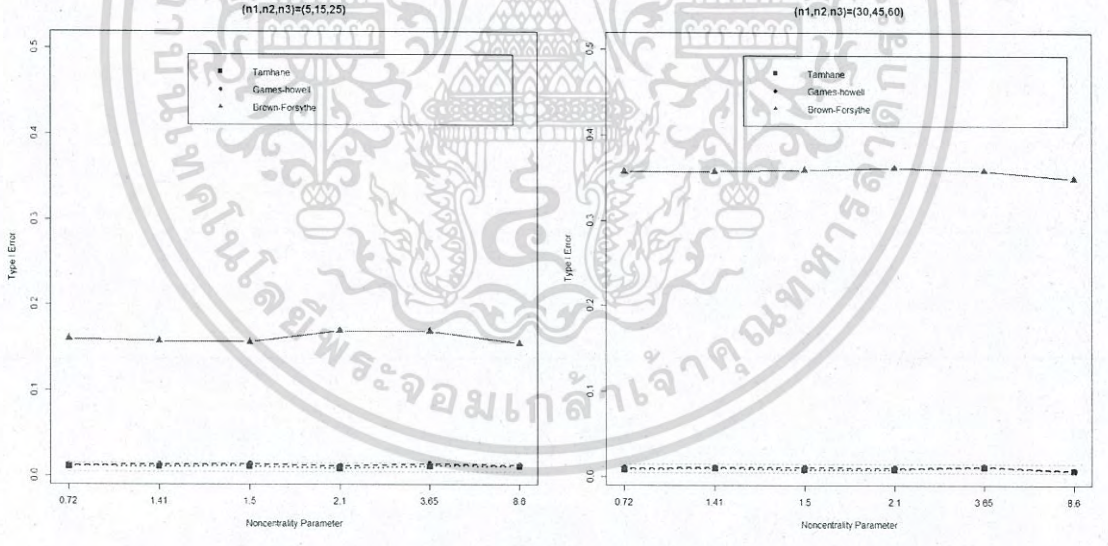
จากตารางที่ 4.2 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมด แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.3- 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



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

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

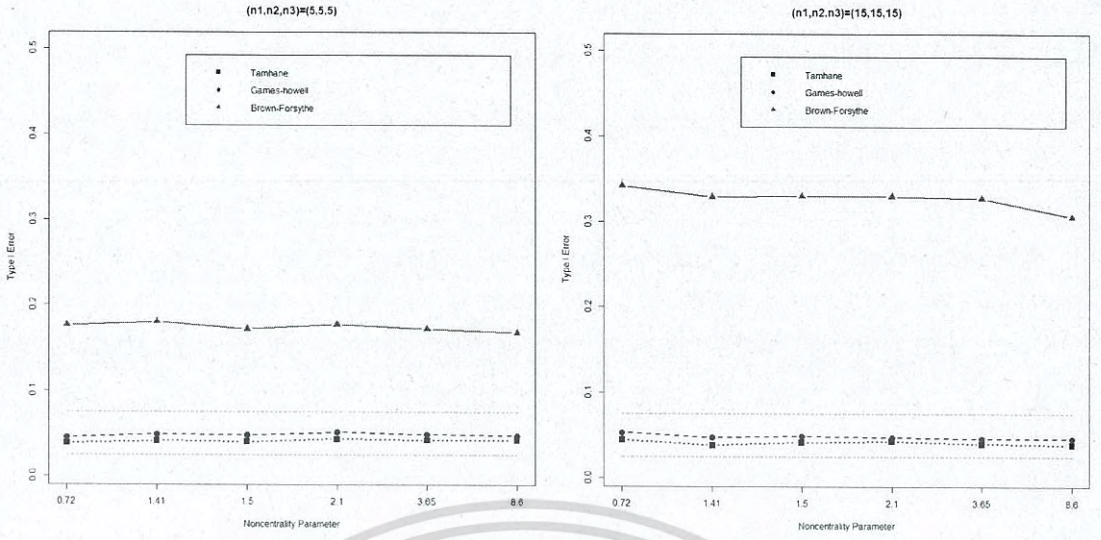
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.0386*	0.0410*	0.0400*	0.0432*	0.0420*	0.0422*
	15:15:15	0.0444*	0.0384*	0.0414*	0.0428*	0.0398*	0.0388*
	30:30:30	0.0386*	0.0420*	0.0448*	0.0336*	0.0382*	0.0394*
	60:60:60	0.0438*	0.0470*	0.0392*	0.0382*	0.0400*	0.0440*
Game-Howell	5: 5:5	0.0454*	0.0490*	0.0478*	0.0512*	0.0488*	0.0472*
	15:15:15	0.0530*	0.0470*	0.0488*	0.0472*	0.0460*	0.0462*
	30:30:30	0.0474*	0.0508*	0.0530*	0.0390*	0.0458*	0.0482*
	60:60:60	0.0538*	0.0564*	0.0460*	0.0448*	0.0480*	0.0500*
Brown-Forsythe	5: 5:5	0.1764	0.1804	0.1720	0.1776	0.1724	0.1680
	15:15:15	0.3418	0.3288	0.3300	0.3294	0.3272	0.3058
	30:30:30	0.4046	0.3952	0.4100	0.3876	0.4114	0.3818
	60:60:60	0.4528	0.4614	0.4514	0.4422	0.4510	0.4224

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

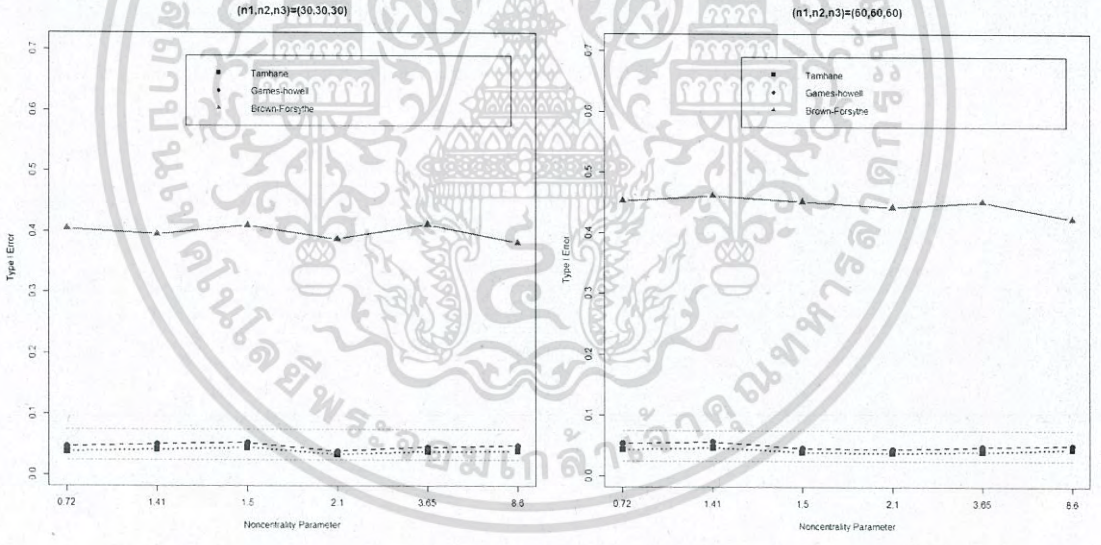
จากตารางที่ 4.3 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมด แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.5 - 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



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

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

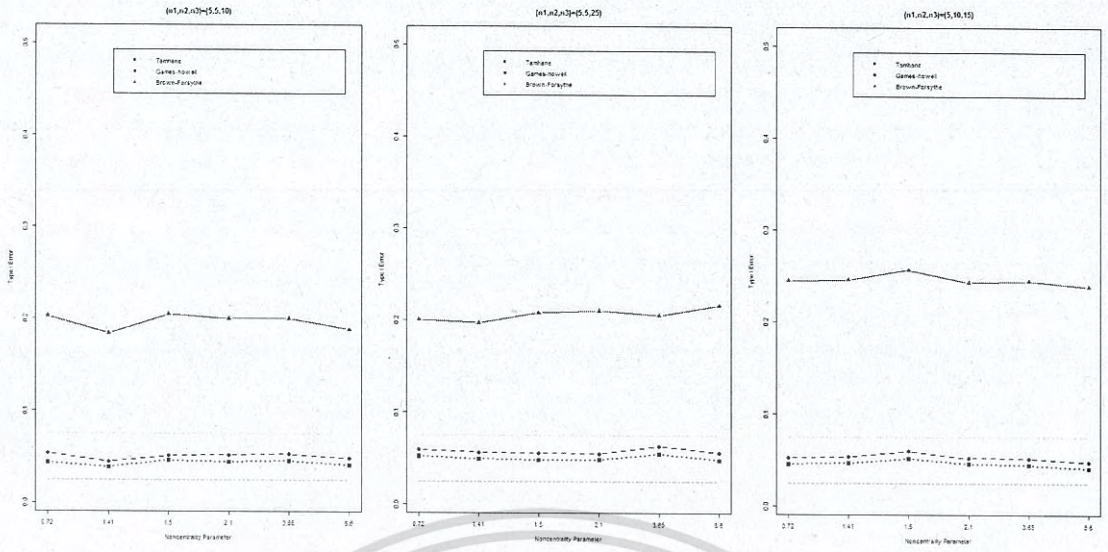
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.0434*	0.0384*	0.0456*	0.0438*	0.0452*	0.0406*
	5:5:25	0.0516*	0.0490*	0.0476*	0.0480*	0.0542*	0.0478*
	5:10:15	0.0452*	0.0464*	0.0512*	0.0456*	0.0446*	0.0408*
	5:15:25	0.0548*	0.0516*	0.0478*	0.0398*	0.0520*	0.0420*
	30:45:60	0.0440*	0.0494*	0.0472*	0.0418*	0.0458*	0.0400*
Game-Howell	5:5:10	0.0534*	0.0442*	0.0510*	0.0516*	0.0526*	0.0482*
	5:5:25	0.0588*	0.0562*	0.0552*	0.0548*	0.0630*	0.0562*
	5:10:15	0.0520*	0.0532*	0.0598*	0.0520*	0.0518*	0.0476*
	5:15:25	0.0626*	0.0594*	0.0548*	0.0488*	0.0602*	0.0492*
	30:45:60	0.0520*	0.0580*	0.0516*	0.0490*	0.0512*	0.0462*
Brown-Forsythe	5:5:10	0.2024	0.1836	0.2044	0.1998	0.1998	0.1882
	5:5:25	0.2002	0.1968	0.2078	0.2098	0.2050	0.2158
	5:10:15	0.2444	0.2456	0.2564	0.2430	0.2444	0.2384
	5:15:25	0.2748	0.2682	0.2688	0.2716	0.2638	0.2748
	30:45:60	0.4268	0.4244	0.4420	0.4182	0.4164	0.4104

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

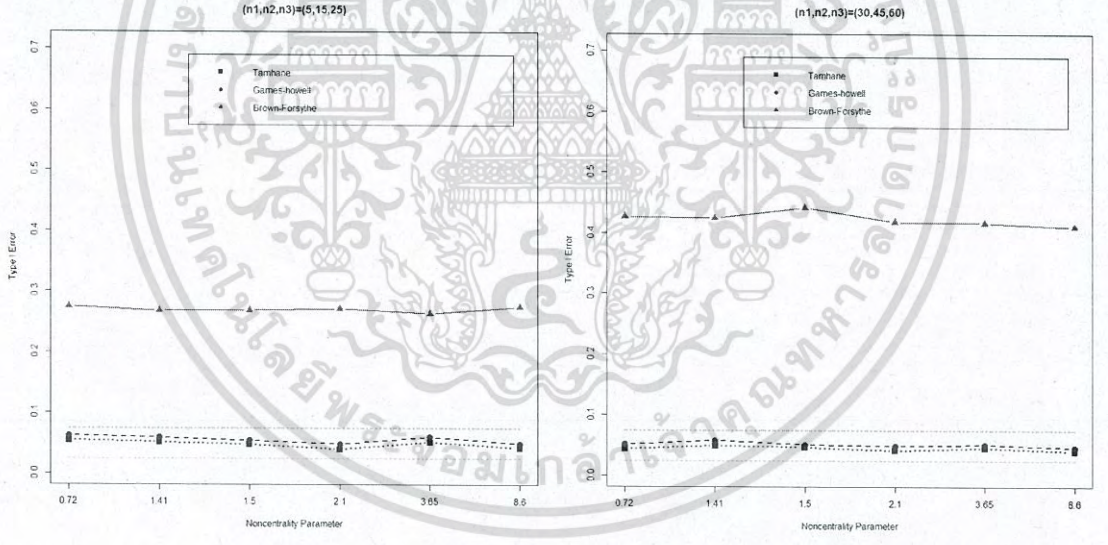
จากตารางที่ 4.4 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมด แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.7-4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



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

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

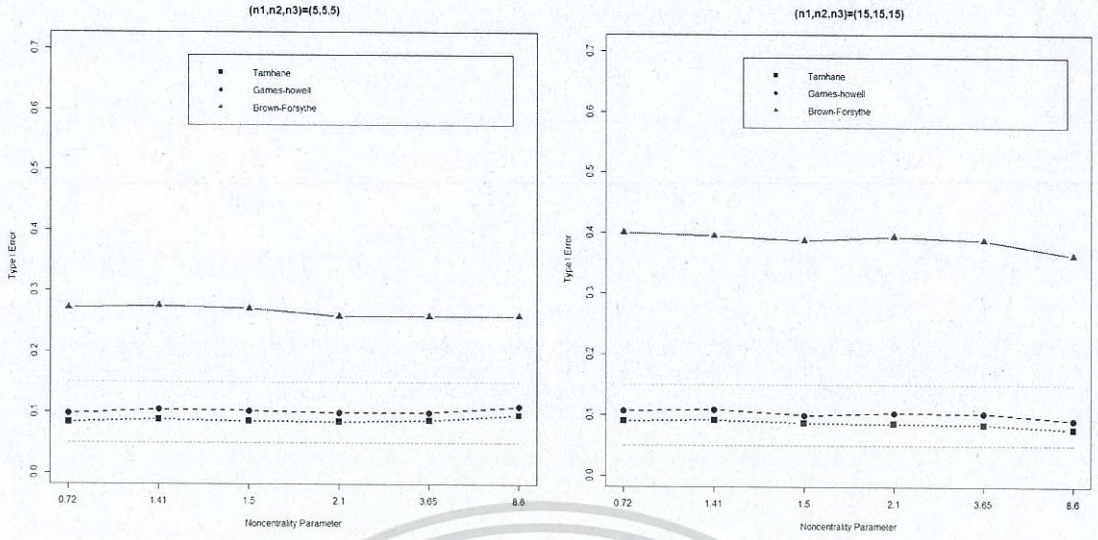
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.0838*	0.0884*	0.0854*	0.0846*	0.0866*	0.0958*
	15:15:15	0.0904*	0.0916*	0.0864*	0.0856*	0.0840*	0.0766*
	30:30:30	0.0824*	0.0854*	0.0804*	0.0822*	0.0830*	0.0820*
	60:60:60	0.0840*	0.0922*	0.0776*	0.0756*	0.0822*	0.0826*
Game-Howell	5: 5:5	0.0982*	0.1048*	0.1028*	0.0992*	0.0998*	0.1100*
	15:15:15	0.1070*	0.1090*	0.0996*	0.1036*	0.1026*	0.0912*
	30:30:30	0.0992*	0.1010*	0.0968*	0.0954*	0.1008*	0.0980*
	60:60:60	0.1016*	0.1088*	0.0956*	0.0892*	0.1006*	0.0960*
Brown-Forsythe	5: 5:5	0.2720	0.2752	0.2706	0.2584	0.2582	0.2586
	15:15:15	0.4002	0.3952	0.3870	0.3938	0.3874	0.3626
	30:30:30	0.4440	0.4372	0.4348	0.4298	0.4468	0.4162
	60:60:60	0.4792	0.4888	0.4810	0.4702	0.4820	0.4560

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

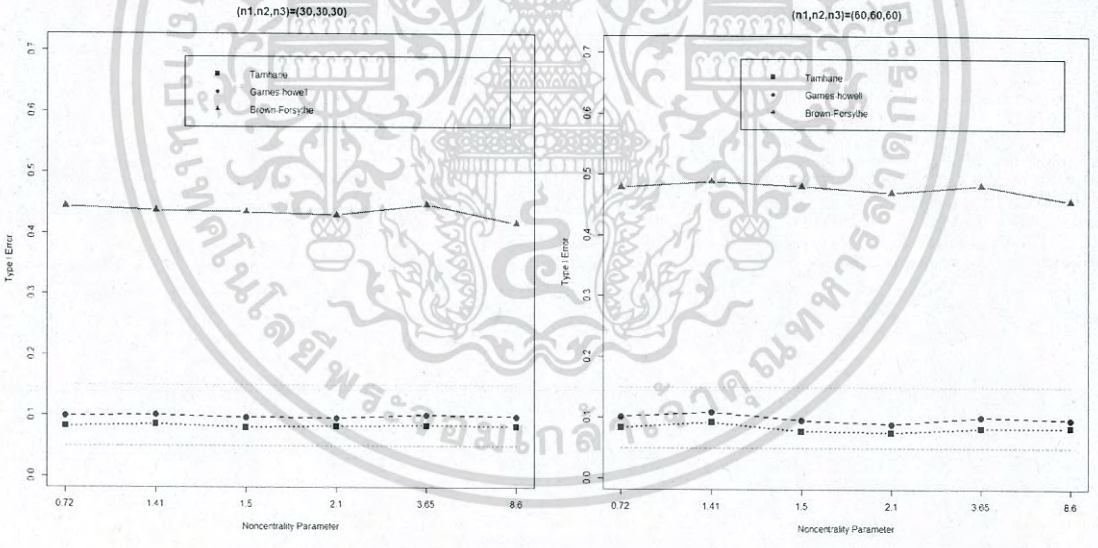
จากตารางที่ 4.5 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมด แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.9-4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



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

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

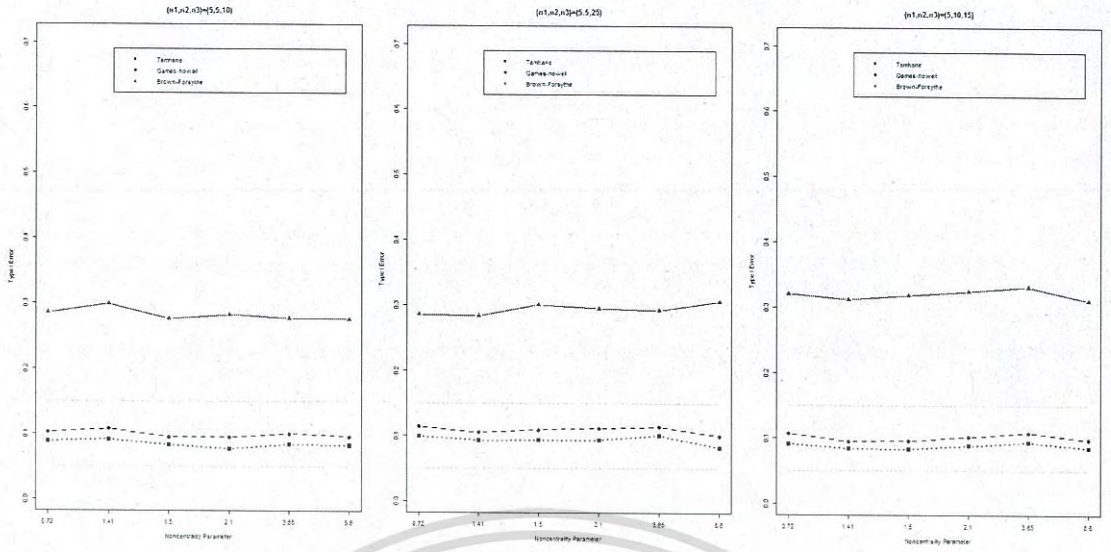
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.0886*	0.0914*	0.0828*	0.0770*	0.0838*	0.0826*
	5:5:25	0.0990*	0.0924*	0.0936*	0.0934*	0.1008*	0.0822*
	5:10:15	0.0910*	0.0836*	0.0828*	0.0880*	0.0934*	0.0850*
	5:15:25	0.0926*	0.0884*	0.0886*	0.0858*	0.0916*	0.0834*
	30:45:60	0.0864*	0.0956*	0.0894*	0.0810*	0.0868*	0.0802*
Game-Howell	5:5:10	0.1030*	0.1078*	0.0954*	0.0948*	0.1006*	0.0962*
	5:5:25	0.1140*	0.1054*	0.1094*	0.1114*	0.1140*	0.1000*
	5:10:15	0.1070*	0.0952*	0.0956*	0.1020*	0.1086*	0.0978*
	5:15:25	0.1100*	0.1030*	0.1082*	0.1032*	0.1100*	0.0992*
	30:45:60	0.1030*	0.1116*	0.1050*	0.0988*	0.1020*	0.0988*
Brown-Forsythe	5:5:10	0.2854	0.2990	0.2760	0.2824	0.2770	0.2760
	5:5:25	0.2856	0.2836	0.3008	0.2950	0.2922	0.3060
	5:10:15	0.3206	0.3120	0.3182	0.3242	0.3310	0.3104
	5:15:25	0.3328	0.3366	0.3538	0.3416	0.3376	0.3280
	30:45:60	0.4632	0.4636	0.4752	0.4590	0.4532	0.4556

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

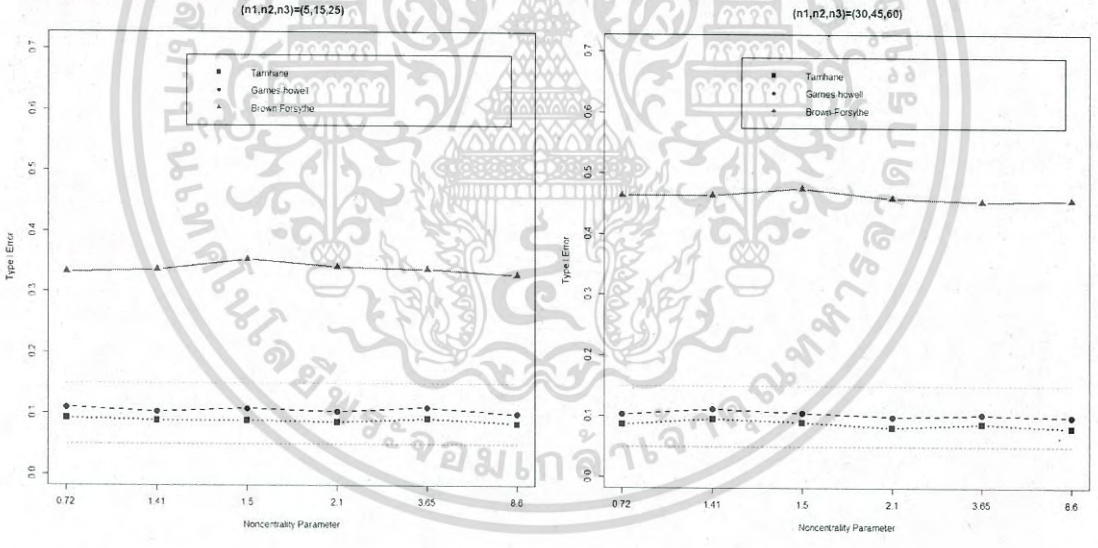
จากตารางที่ 4.6 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมด แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.11-4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



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

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

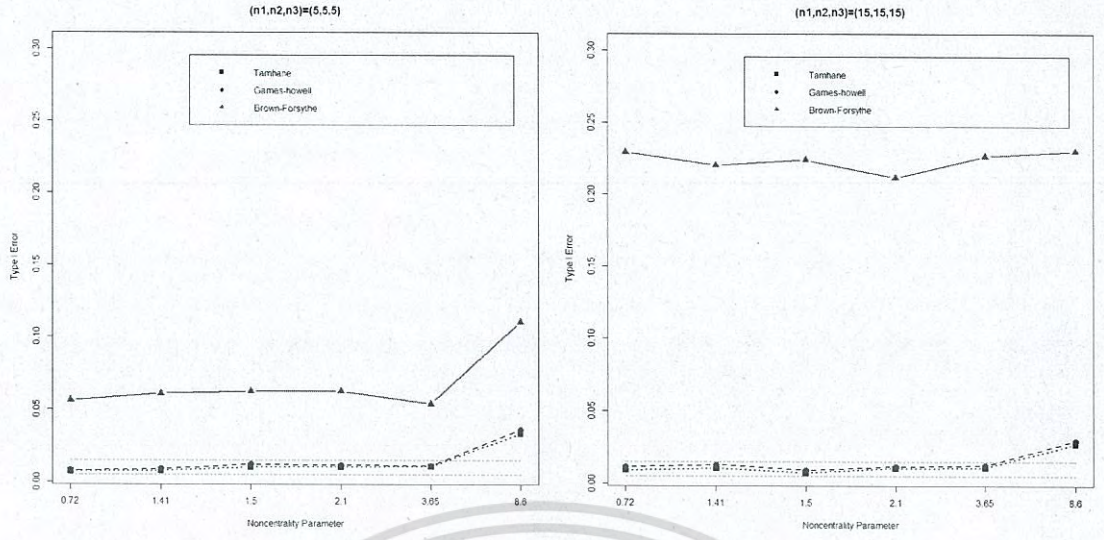
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.0072*	0.0076*	0.0100*	0.0102*	0.0106*	0.0334
	15:15:15	0.0090*	0.0102*	0.0072*	0.0102*	0.0106*	0.0272
	30:30:30	0.0076*	0.0100*	0.0092*	0.0118*	0.0092*	0.0200
	60:60:60	0.0072*	0.0098*	0.0088*	0.0078*	0.0062*	0.0142*
Game-Howell	5: 5:5	0.0078*	0.0088*	0.0120*	0.0112*	0.0110*	0.0362
	15:15:15	0.0112*	0.0126*	0.0090*	0.0114*	0.0122*	0.0294
	30:30:30	0.0094*	0.0128*	0.0106*	0.0140*	0.0114*	0.0226
	60:60:60	0.0094*	0.0116*	0.0112*	0.0098*	0.0088*	0.0160
Brown-Forsythe	5: 5:5	0.0562	0.0610	0.0626	0.0624	0.0538	0.1108
	15:15:15	0.2294	0.2204	0.2242	0.2116	0.2266	0.2304
	30:30:30	0.3328	0.3272	0.3294	0.3186	0.3214	0.3046
	60:60:60	0.4032	0.3996	0.4104	0.3890	0.3960	0.3902

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

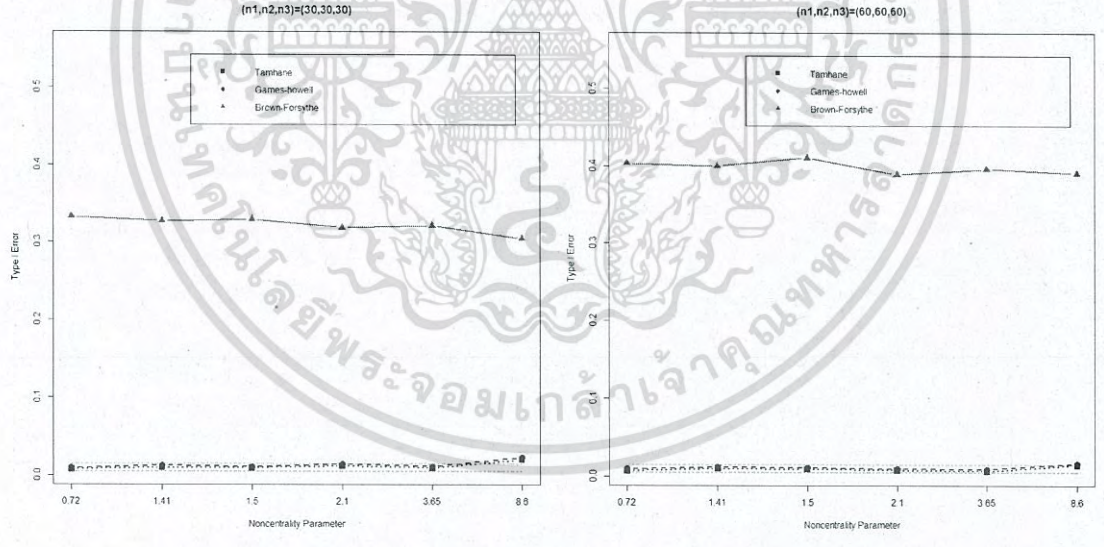
จากตารางที่ 4.7 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley เกือบทั้งหมด ยกเว้นค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์เท่ากับ 8.6 แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.13-4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



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

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

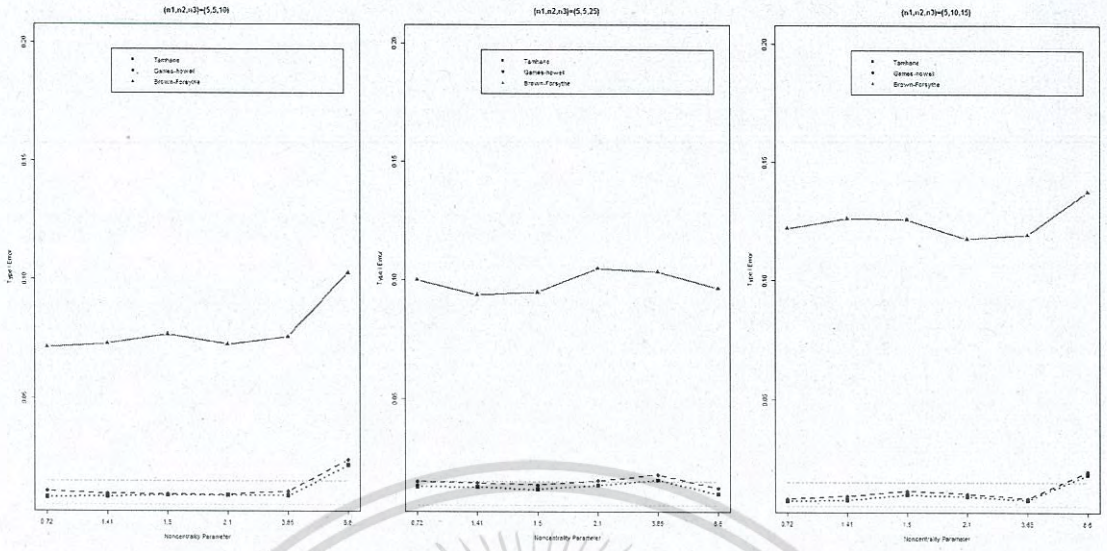
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.0082*	0.0084*	0.0090*	0.0090*	0.0088*	0.0216
	5:5:25	0.0128*	0.0126*	0.0116*	0.0134*	0.0156	0.0098*
	5:10:15	0.0072*	0.0076*	0.0098*	0.0090*	0.0076*	0.0182
	5:15:25	0.0108*	0.0086*	0.0098*	0.0112*	0.0114*	0.0146*
	30:45:60	0.0086*	0.0086*	0.0082*	0.0094*	0.0082*	0.0128*
Game-Howell	5:5:10	0.0108*	0.0096*	0.0094*	0.0092*	0.0106*	0.0240
	5:5:25	0.0150*	0.0144*	0.0136*	0.0154	0.0180	0.0122*
	5:10:15	0.0080*	0.0092*	0.0114*	0.0102*	0.0082*	0.0196
	5:15:25	0.0120*	0.0102*	0.0112*	0.0130*	0.0136*	0.0154
	30:45:60	0.0096*	0.0094*	0.0100*	0.0104*	0.0092*	0.0138*
Brown-Forsythe	5:5:10	0.0714	0.0728	0.0768	0.0726	0.0758	0.1028
	5:5:25	0.1000	0.0936	0.0948	0.1048	0.1034	0.0966
	5:10:15	0.1220	0.1262	0.1258	0.1176	0.1194	0.1376
	5:15:25	0.1590	0.1584	0.1690	0.1550	0.1638	0.1556
	30:45:60	0.3488	0.3488	0.3590	0.3524	0.3650	0.3440

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

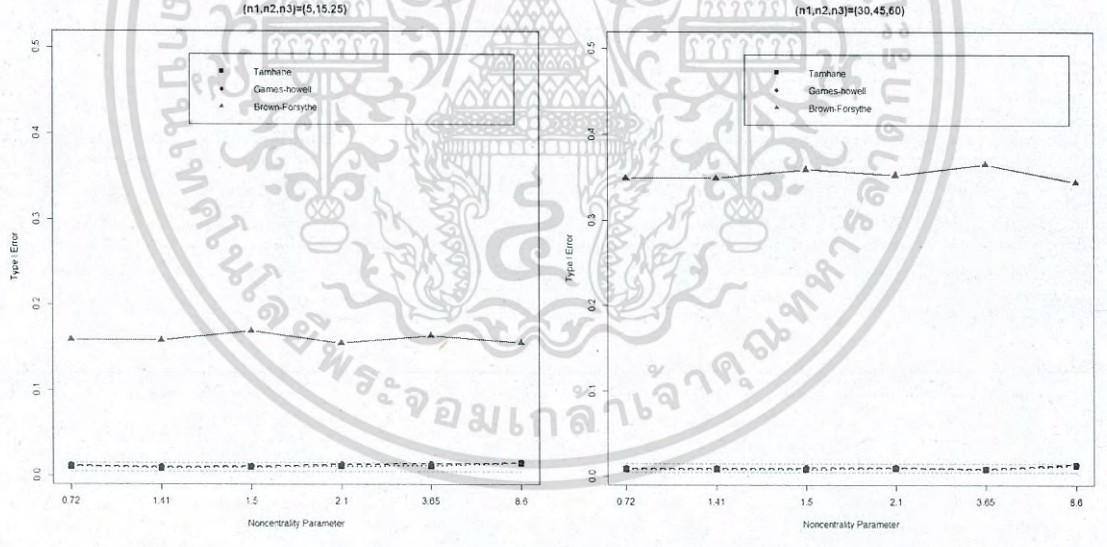
จากตารางที่ 4.8 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley เกือบทั้งหมด ยกเว้นค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์เท่ากับ 3.65 ตัวสถิติทดสอบ Tamhane ที่ขนาดตัวอย่าง (5:5:25) และค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์เท่ากับ 8.6 ตัวสถิติทดสอบ Tamhane ที่ขนาดตัวอย่าง (5:5:10) (5:10:15) และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell ที่ขนาดตัวอย่าง (5:5:10) (5:10:15) (5:15:25) แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.15-4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



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

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

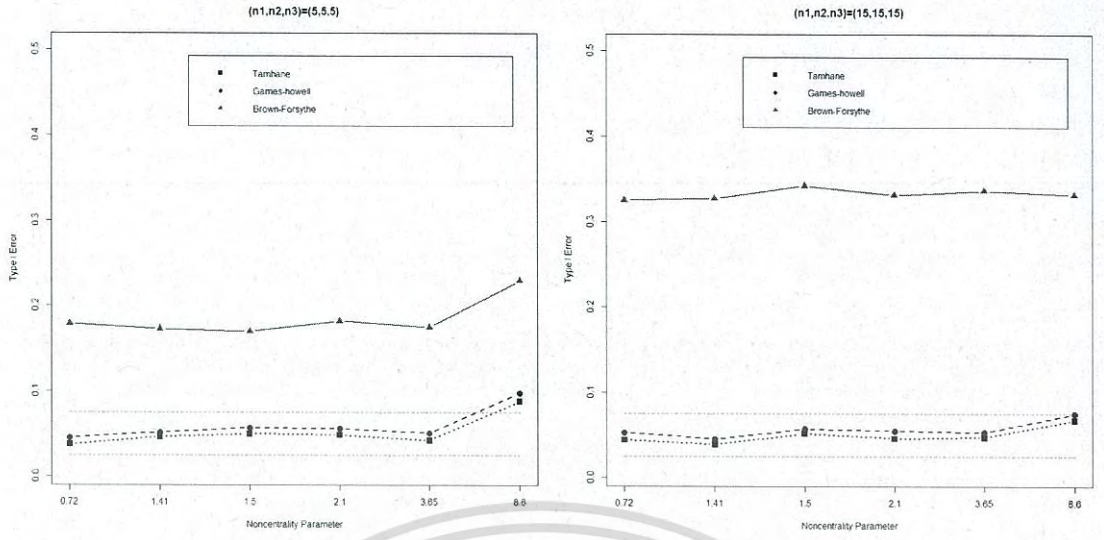
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.0374*	0.0462*	0.0498*	0.0486*	0.0424*	0.0878
	15:15:15	0.0440*	0.0388*	0.0516*	0.0460*	0.0472*	0.0672*
	30:30:30	0.0462*	0.0442*	0.0444*	0.0418*	0.0442*	0.0564*
	60:60:60	0.0408*	0.0454*	0.0424*	0.0468*	0.0360*	0.0498*
Game-Howell	5: 5:5	0.0456*	0.0514*	0.0570*	0.0558*	0.0508*	0.0980
	15:15:15	0.0530*	0.0452*	0.0572*	0.0550*	0.0534*	0.0746*
	30:30:30	0.0568*	0.0512*	0.0508*	0.0476*	0.0536*	0.0650*
	60:60:60	0.0488*	0.0534*	0.0506*	0.0538*	0.0434*	0.0574*
Brown-Forsythe	5: 5:5	0.1788	0.1728	0.1696	0.1822	0.1746	0.2296
	15:15:15	0.325	0.3272	0.3422	0.3312	0.3366	0.3320
	30:30:30	0.4054	0.4162	0.4084	0.3960	0.4084	0.3928
	60:60:60	0.4534	0.4432	0.4566	0.4460	0.4542	0.4472

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

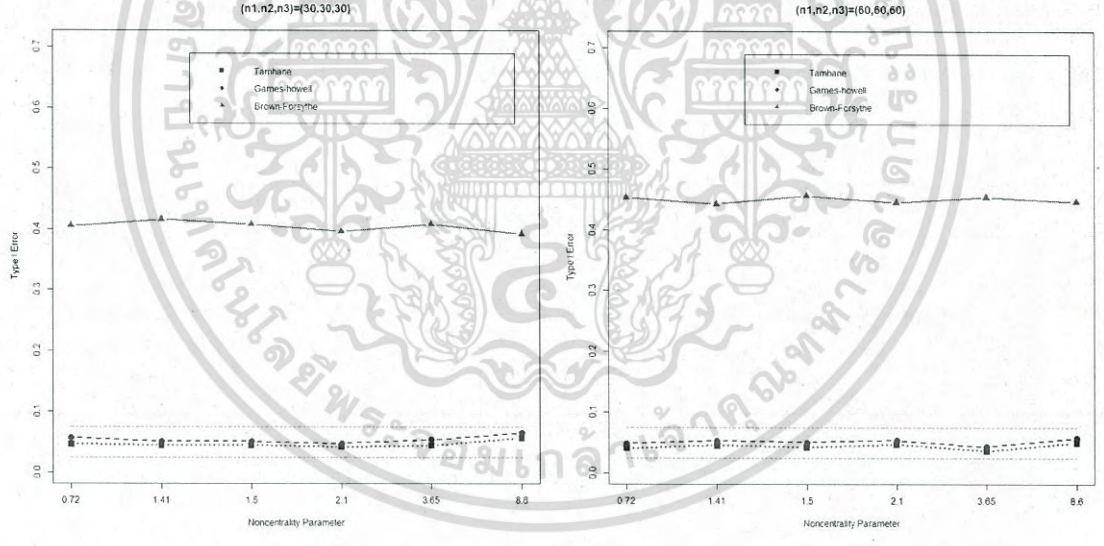
จากตารางที่ 4.9 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley เกือบทั้งหมด ยกเว้นค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์เท่ากับ 8.6 ตัวสถิติทดสอบ Tamhane ที่ขนาดตัวอย่าง (5:5:5) และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell ที่ขนาดตัวอย่าง (5:5:5) แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.17-4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



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

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

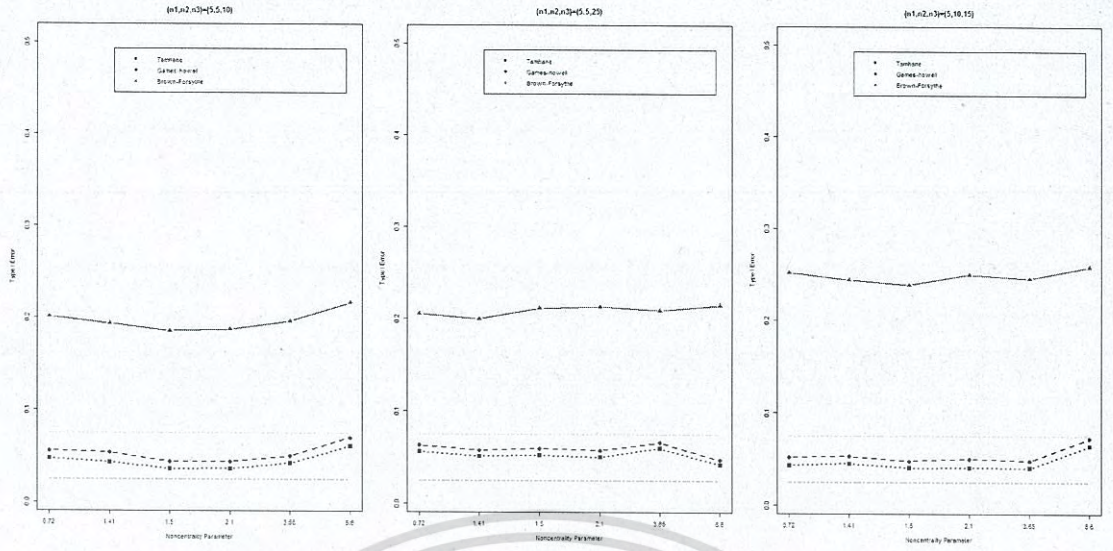
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.0468*	0.0424*	0.0354*	0.0358*	0.0420*	0.0608*
	5:5:25	0.0554*	0.0508*	0.0518*	0.0498*	0.0594*	0.0420*
	5:10:15	0.0424*	0.0446*	0.0400*	0.0402*	0.0398*	0.0636*
	5:15:25	0.0470*	0.0450*	0.0500*	0.0430*	0.0462*	0.0570*
	30:45:60	0.0404*	0.0412*	0.0420*	0.0464*	0.0442*	0.0464*
Game-Howell	5:5:10	0.0552*	0.0532*	0.0432*	0.0436*	0.0496*	0.0700*
	5:5:25	0.0628*	0.0572*	0.0594*	0.0574*	0.0658*	0.0470*
	5:10:15	0.0516*	0.0526*	0.0474*	0.0498*	0.0476*	0.0722*
	5:15:25	0.0556*	0.0534*	0.0588*	0.0530*	0.0532*	0.0648*
	30:45:60	0.0480*	0.0478*	0.0498*	0.0522*	0.0500*	0.0544*
Brown-Forsythe	5:5:10	0.2006	0.1932	0.1850	0.1870	0.1958	0.2162
	5:5:25	0.2052	0.1994	0.2112	0.2130	0.2090	0.2148
	5:10:15	0.2516	0.2438	0.2384	0.2496	0.2450	0.2580
	5:15:25	0.2628	0.2724	0.2726	0.2734	0.2646	0.2756
	30:45:60	0.4208	0.4300	0.4172	0.4344	0.4172	0.4034

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

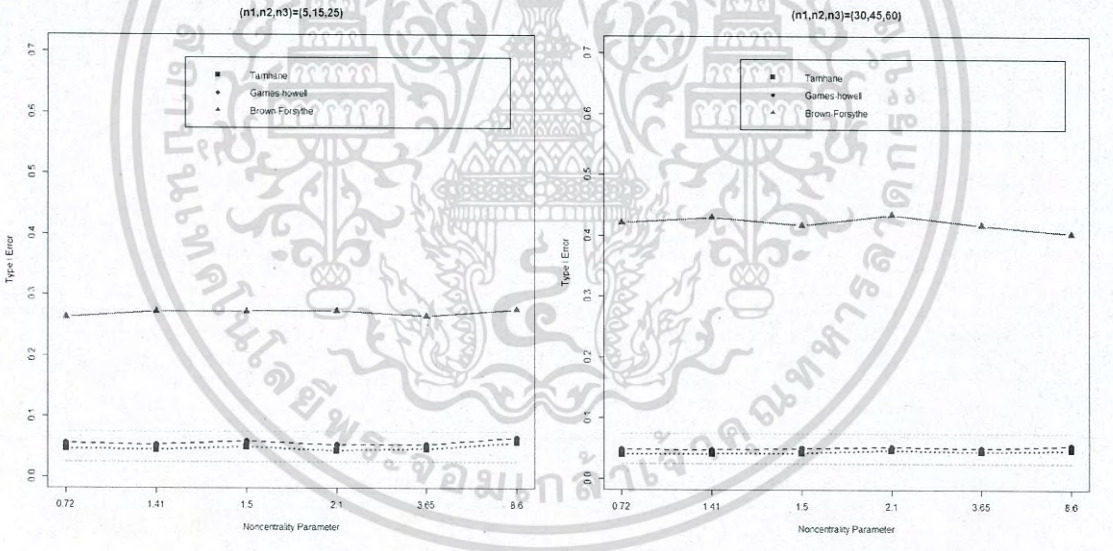
จากตารางที่ 4.10 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมด แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.19-4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



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

รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

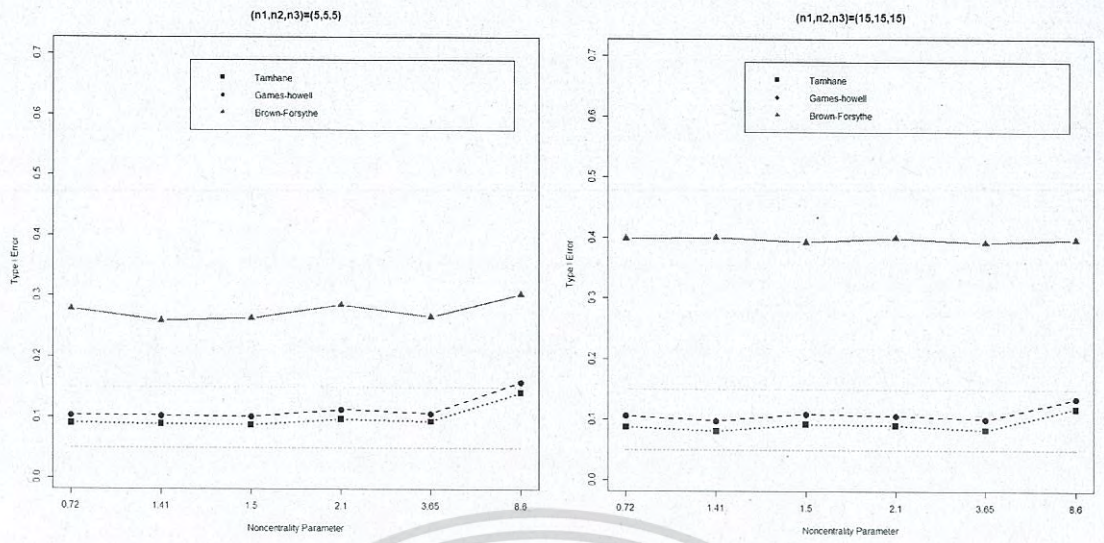
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.0908*	0.0894*	0.0876*	0.0968*	0.0938*	0.1414*
	15:15:15	0.0876*	0.0812*	0.0924*	0.0906*	0.0834*	0.1182*
	30:30:30	0.0868*	0.0784*	0.0814*	0.0784*	0.0898*	0.0984*
	60:60:60	0.0788*	0.0924*	0.0842*	0.0872*	0.0772*	0.0882*
Game-Howell	5: 5:5	0.1034*	0.1028*	0.1014*	0.1130*	0.1066*	0.1586
	15:15:15	0.1060*	0.0976*	0.1094*	0.1062*	0.1006*	0.1350*
	30:30:30	0.1038*	0.0908*	0.0970*	0.0916*	0.1066*	0.1126*
	60:60:60	0.0960*	0.1096*	0.0988*	0.1028*	0.0946*	0.1036*
Brown-Forsythe	5: 5:5	0.2784	0.2592	0.2634	0.2856	0.2660	0.3038
	15:15:15	0.3982	0.4002	0.3928	0.3998	0.3922	0.3976
	30:30:30	0.4442	0.4418	0.4490	0.4320	0.4476	0.4314
	60:60:60	0.4766	0.4732	0.4836	0.4794	0.4818	0.4782

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

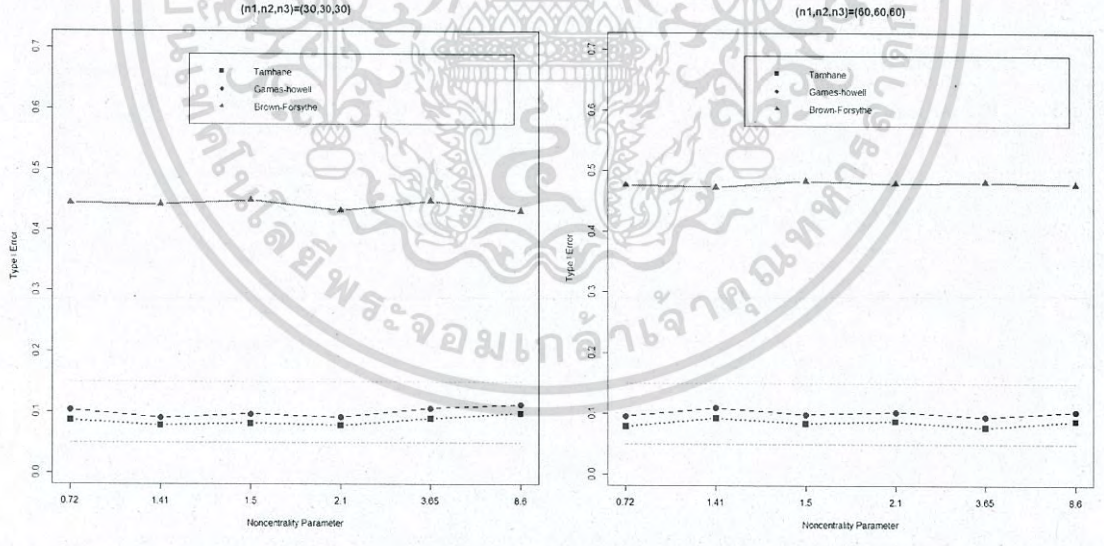
จากตารางที่ 4.11 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมด แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.21-4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



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

รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

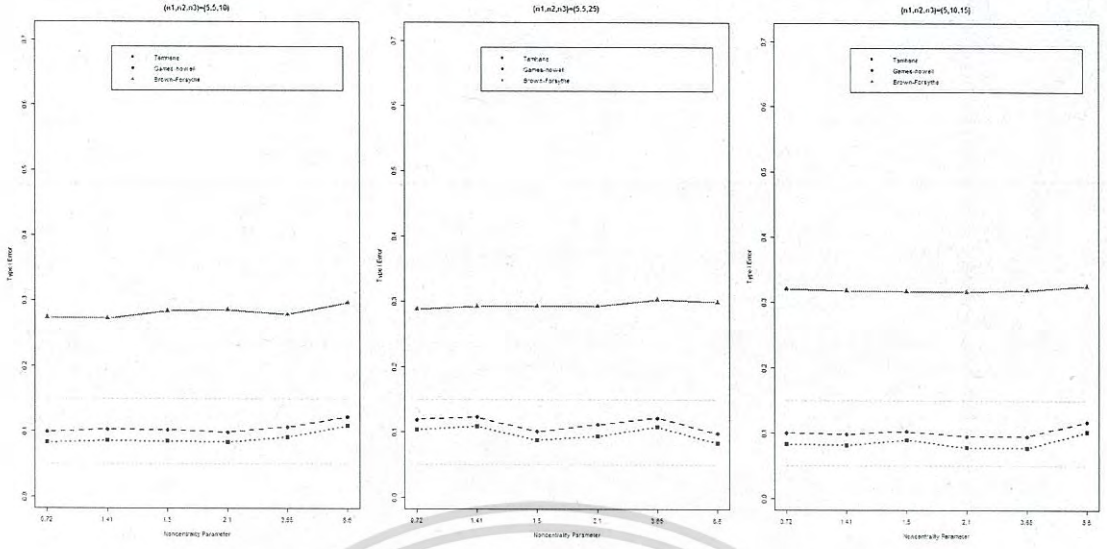
ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.0828*	0.0856*	0.0846*	0.0830*	0.0910*	0.1086*
	5:5:25	0.1036*	0.1088*	0.0872*	0.0936*	0.1080*	0.0828*
	5:10:15	0.0832*	0.0814*	0.0896*	0.0778*	0.0772*	0.1014*
	5:15:25	0.0892*	0.0892*	0.0934*	0.0872*	0.0912*	0.0952*
	30:45:60	0.0794*	0.0820*	0.0852*	0.0936*	0.0878*	0.0870*
Game-Howell	5:5:10	0.0990*	0.1028*	0.1024*	0.0986*	0.1068*	0.1222*
	5:5:25	0.1190*	0.1228*	0.1008*	0.1114*	0.1216*	0.0984*
	5:10:15	0.1004*	0.0986*	0.1028*	0.0952*	0.0952*	0.1174*
	5:15:25	0.1070*	0.1044*	0.1116*	0.1032*	0.1082*	0.1124*
	30:45:60	0.0968*	0.0976*	0.1048*	0.1092*	0.0998*	0.1058*
Brown-Forsythe	5:5:10	0.2738	0.2724	0.2838	0.2860	0.2784	0.2972
	5:5:25	0.2878	0.2924	0.2926	0.2926	0.3028	0.2992
	5:10:15	0.3204	0.3178	0.3170	0.3160	0.3186	0.3248
	5:15:25	0.3412	0.3470	0.3504	0.3398	0.3430	0.3522
	30:45:60	0.4534	0.4670	0.4524	0.4688	0.4532	0.4416

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

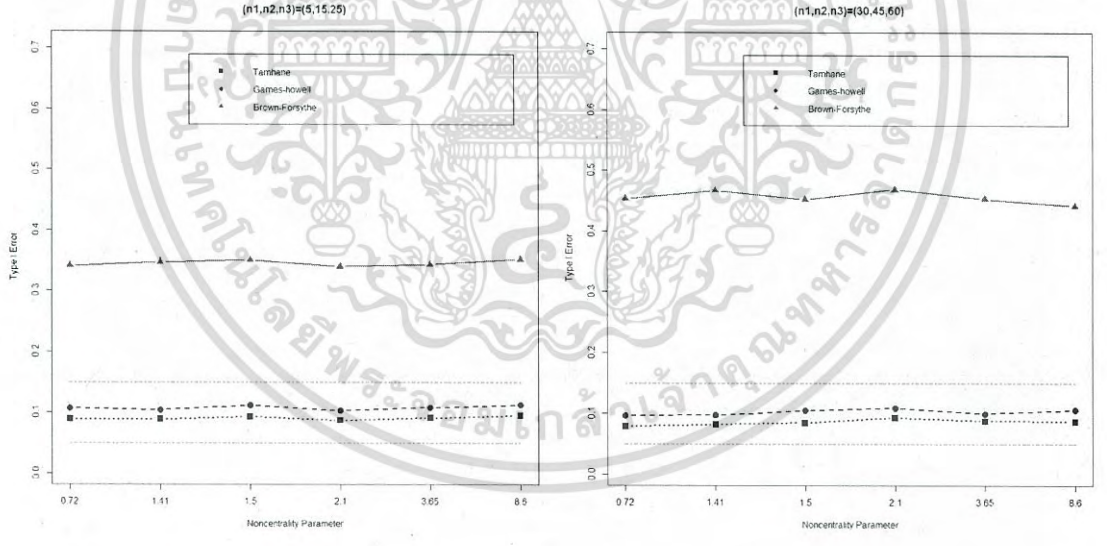
จากตารางที่ 4.12 จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell อยู่ในเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมด แต่ตัวสถิติทดสอบ Brown-Forsythe ไม่เข้าเกณฑ์ของ Bradley ทั้งหมดดังรูปที่ 4.23-4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



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

รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการแจกแจงแกมมาระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.1-4.12 จะพบว่าสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.13 – 4.16

ตารางที่ 4.13 ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ของการแจกแจงปรกติ กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
0.01	5: 5:5	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	15:15:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.05	5: 5:5	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	15:15:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.1	5: 5:5	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	15:15:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH

จากตารางที่ 4.13 จะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ของการแจกแจงปรกติ กรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
0.01	5:5:10	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:5:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:10:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:15:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.05	5:5:10	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:5:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:10:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:15:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.1	5:5:10	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:5:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:10:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:15:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH

จากตารางที่ 4.14 จะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Tamhane และ ตัวสถิติทดสอบ Game-Howell สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ทุกสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ของการแจกแจงแกมมา กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
0.01	5: 5:5	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	-
	15:15:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	-
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	-
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2
0.05	5:5:5	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	-
	15:15:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.1	5: 5:5	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2
	15:15:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH

จากตารางที่ 4.15 จะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เกือบทุกสถานการณ์ ยกเว้นค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์เท่ากับ 8.6 ระดับนัยสำคัญ 0.01 ที่ขนาดตัวอย่าง (5:5:5) (15:15:15) และ (30:30:30) ระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่ขนาดตัวอย่าง (5:5:5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ของการแจกแจงแกมมา กรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
0.01	5:5:10	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	-
	5:5:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	-	T2,GH
	5:10:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	-
	5:15:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.05	5:5:10	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:5:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:10:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:15:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.1	5:5:10	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:5:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:10:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	5:15:25	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH

จากตารางที่ 4.16 จะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เกือบทุกสถานการณ์ ยกเว้นค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์เท่ากับ 3.65 ระดับนัยสำคัญ 0.01 ที่ขนาดตัวอย่าง (5:5:25) และค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์เท่ากับ 8.6 ระดับนัยสำคัญ 0.01 ที่ขนาดตัวอย่าง (5:5:10) และ (5:10:15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 กำลังการทดสอบ

การคำนวณกำลังการทดสอบของแต่ละตัวตัวสถิติทดสอบจะใช้ขนาดตัวอย่าง ข้อมูลพารามิเตอร์ และระดับนัยสำคัญ ของการแจกแจงปรกติ ดังตารางที่ 4.17 – 4.22 และการแจกแจงแกมมา ดังตารางที่ 4.23 - 4.28

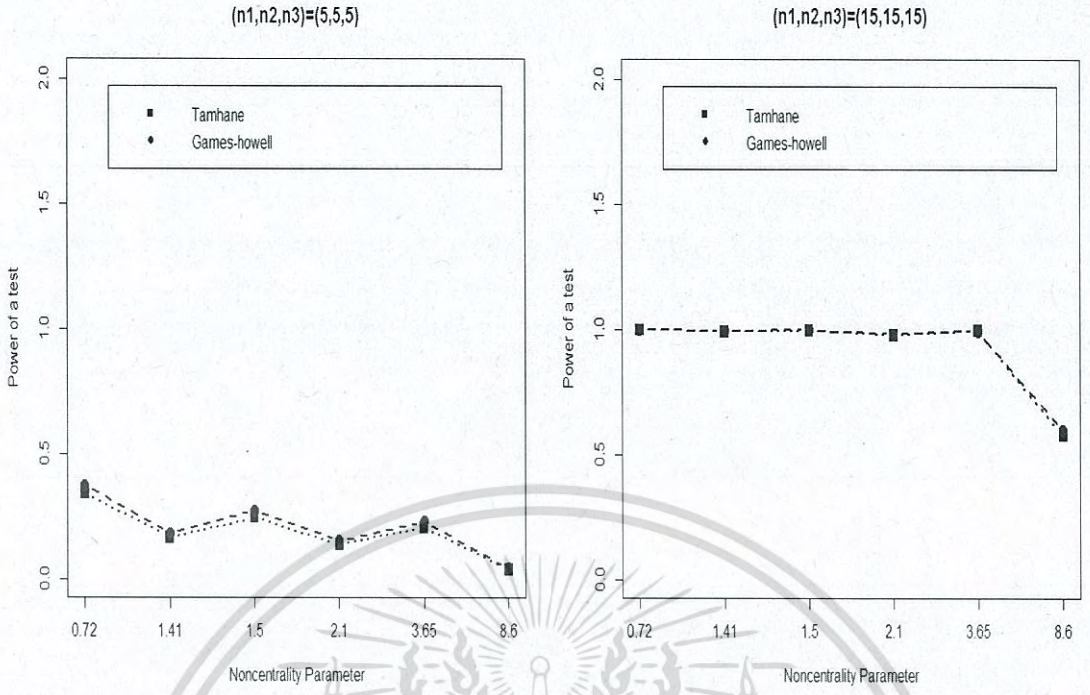
ตารางที่ 4.17 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.3430	0.1654	0.2464	0.1384	0.2064	0.0394
	15:15:15	1*	0.9940	0.9976	0.9806	0.9966	0.5780
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9658
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5: 5:5	0.3738	0.1848	0.2752	0.1534	0.2322	0.0458
	15:15:15	1*	0.9956	0.9980	0.9830	0.9974	0.5982
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9698
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

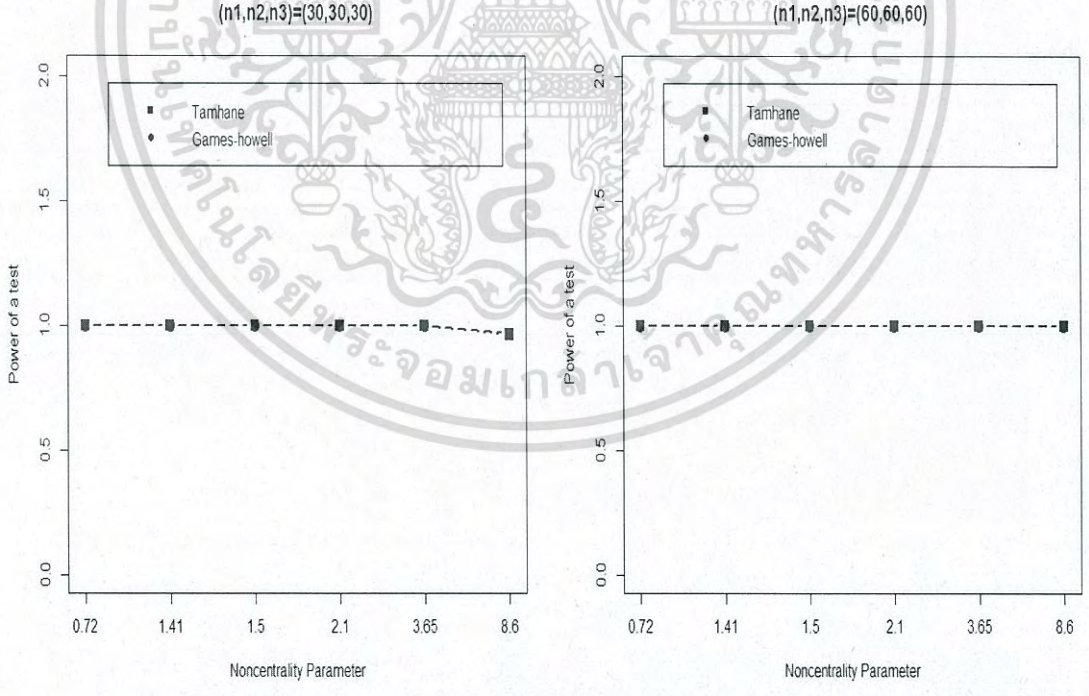
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.17 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.25-4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

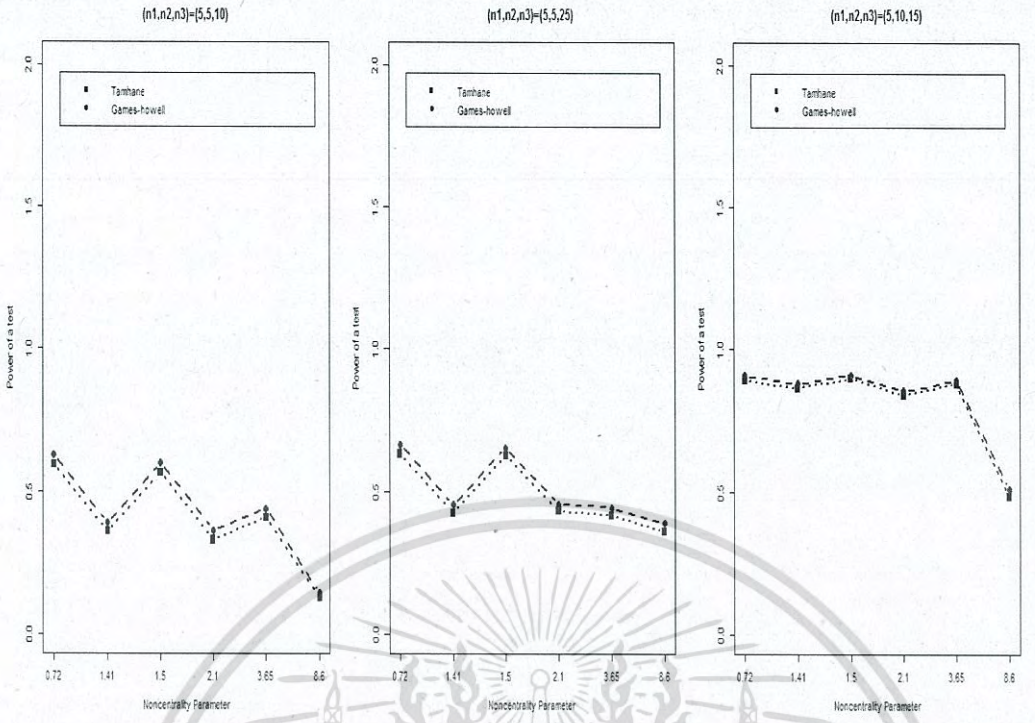
ตารางที่ 4.18 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.5938	0.3582	0.5652	0.3288	0.4080	0.1254
	5:5:25	0.6310	0.4250	0.6250	0.4322	0.4148	0.3600
	5:10:15	0.8912	0.8636	0.8976	0.8392	0.8790	0.4856
	5:15:25	0.9078	0.9076	0.9050	0.9068	0.9138	0.7966
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5:5:10	0.6254	0.3874	0.5974	0.3630	0.4394	0.1424
	5:5:25	0.6652	0.4524	0.6518	0.4550	0.4432	0.3876
	5:10:15	0.9076	0.8792	0.9098	0.8550	0.8942	0.5106
	5:15:25	0.9184	0.9186	0.9206	0.9196	0.9244	0.8192
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

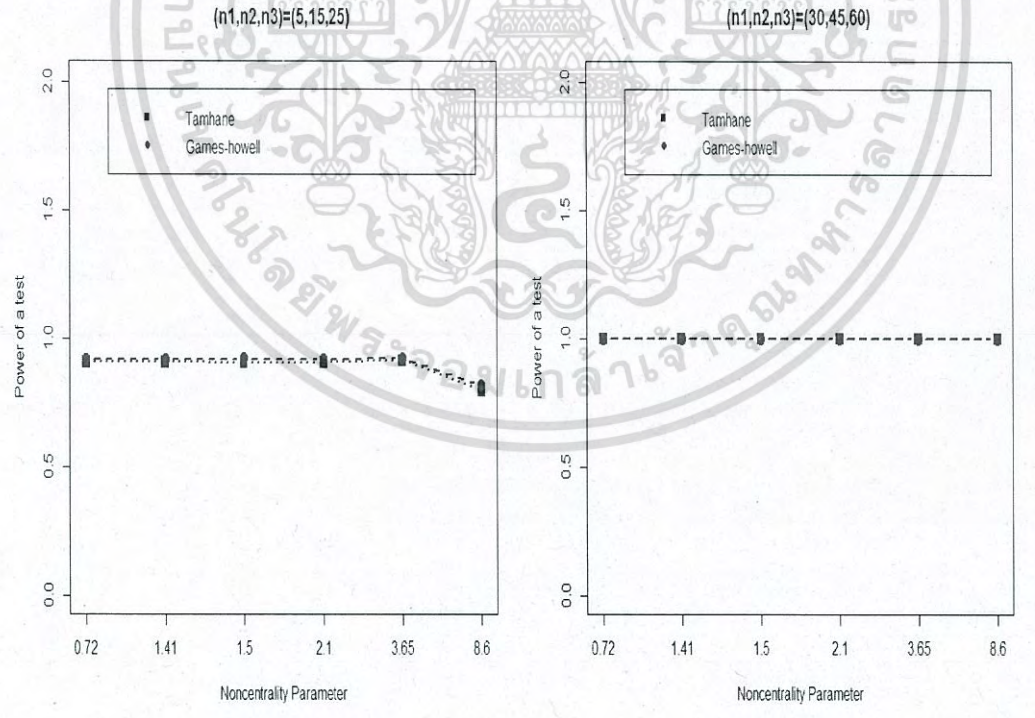
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.18 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.27-4.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

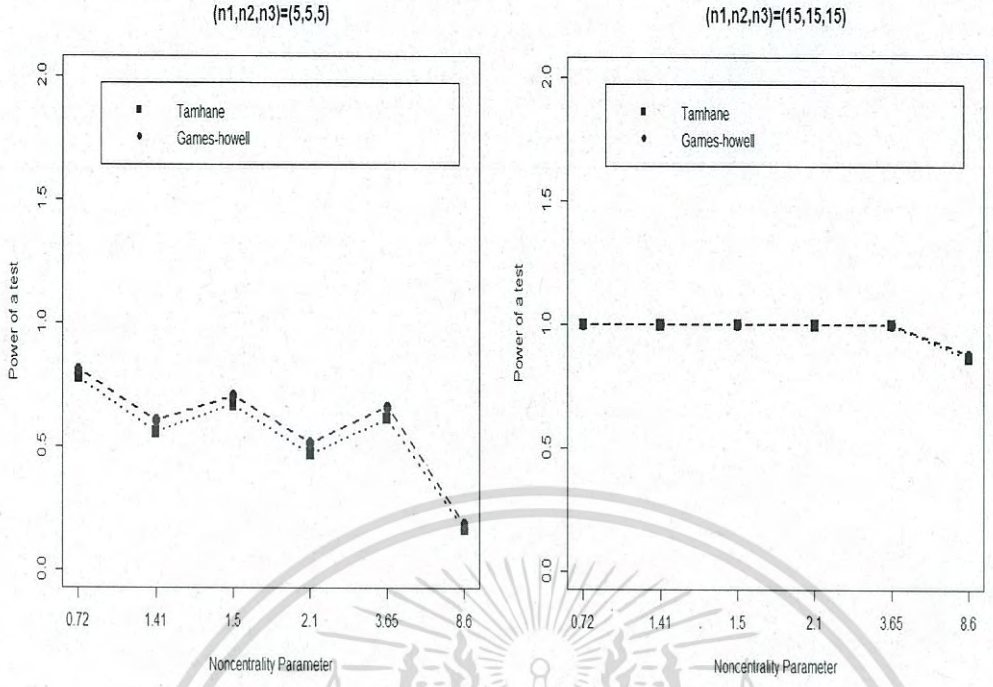
ตารางที่ 4.19 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.7790	0.5572	0.6672	0.4706	0.6142	0.1648
	15:15:15	1*	0.9994	1*	0.9982	0.9996	0.8676
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9988
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5: 5:5	0.8110	0.6042	0.7062	0.5154	0.6614	0.1886
	15:15:15	1*	0.9994	1	0.9986	0.9998	0.8794
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9990
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

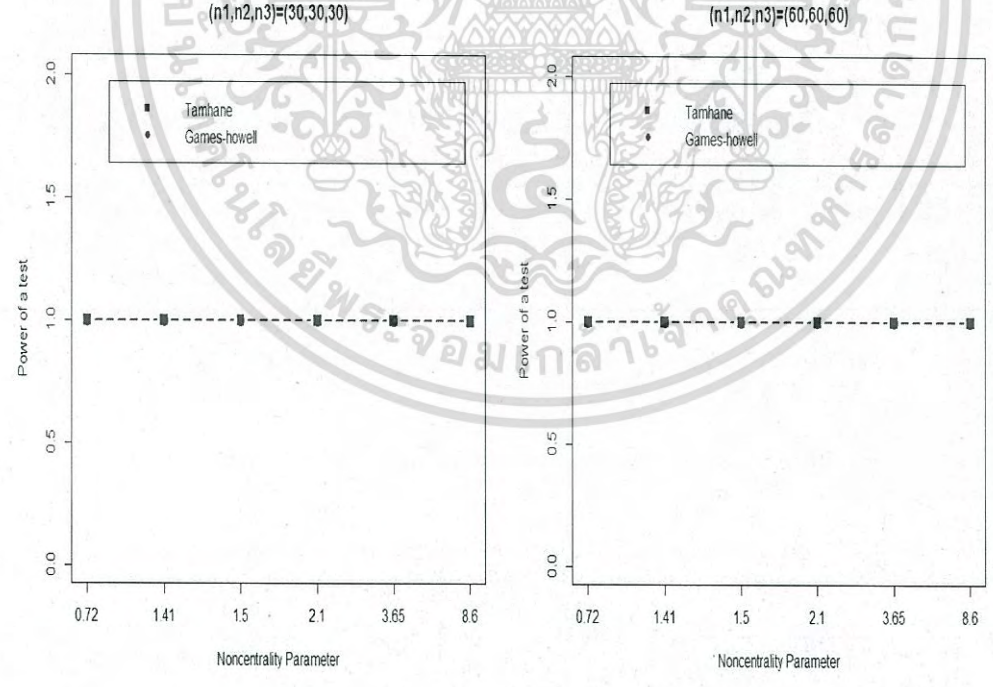
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.19 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.29-4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

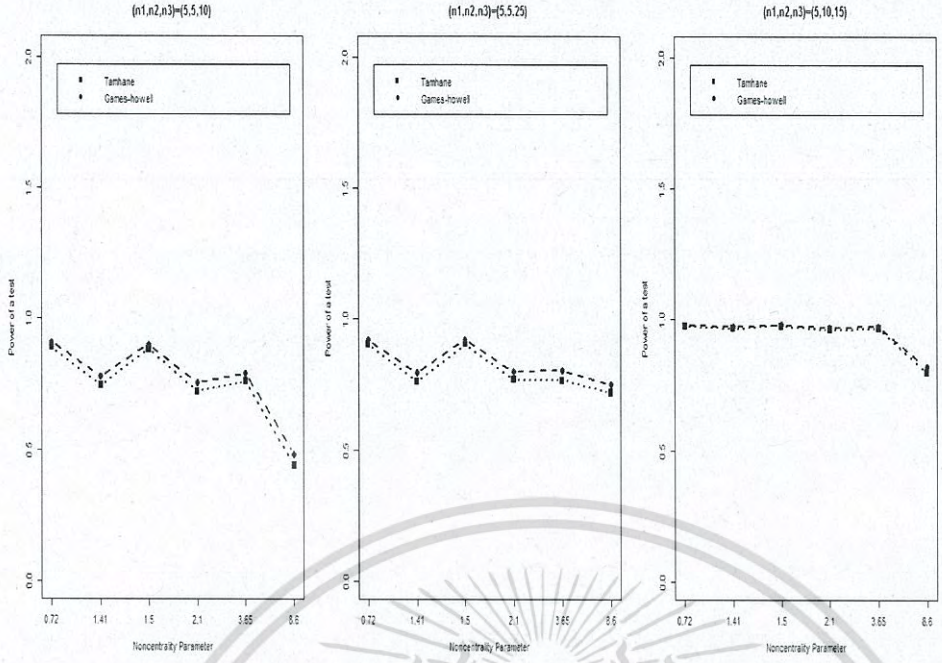
ตารางที่ 4.20 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.8898	0.7458	0.8836	0.7226	0.7606	0.4396
	5:5:25	0.9036	0.7616	0.9060	0.7684	0.7662	0.7194
	5:10:15	0.9738	0.9664	0.9766	0.9616	0.9668	0.7988
	5:15:25	0.9810	0.9762	0.9780	0.9770	0.9746	0.9546
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5:5:10	0.9104	0.7794	0.9022	0.7556	0.7918	0.4824
	5:5:25	0.9194	0.7946	0.9222	0.7994	0.8034	0.7508
	5:10:15	0.9792	0.9730	0.9800	0.9690	0.9736	0.8214
	5:15:25	0.9850	0.9814	0.9838	0.9820	0.9792	0.9644
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

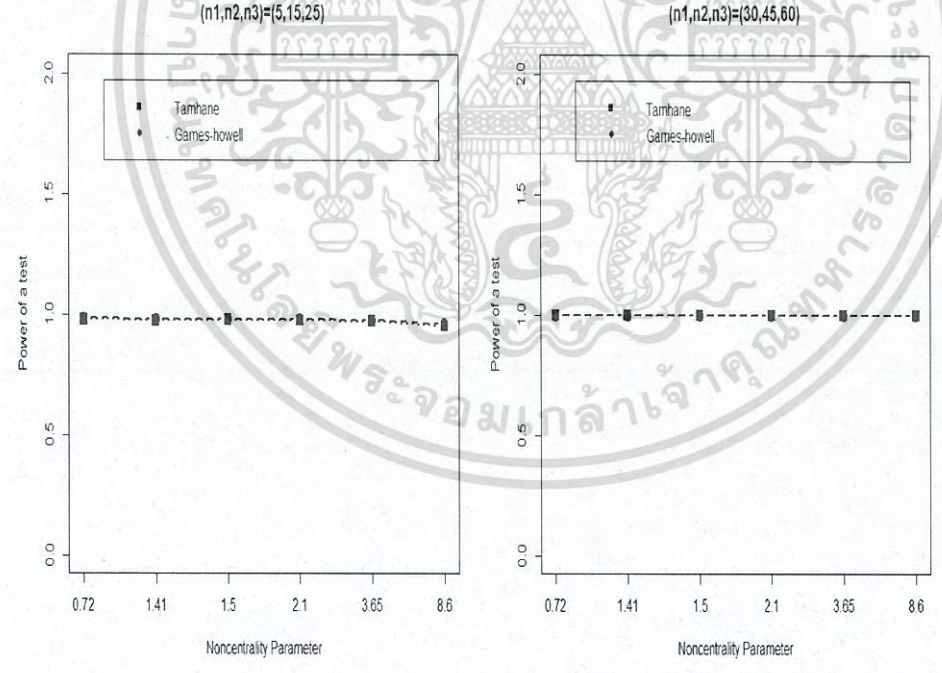
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.20 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.31-4.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

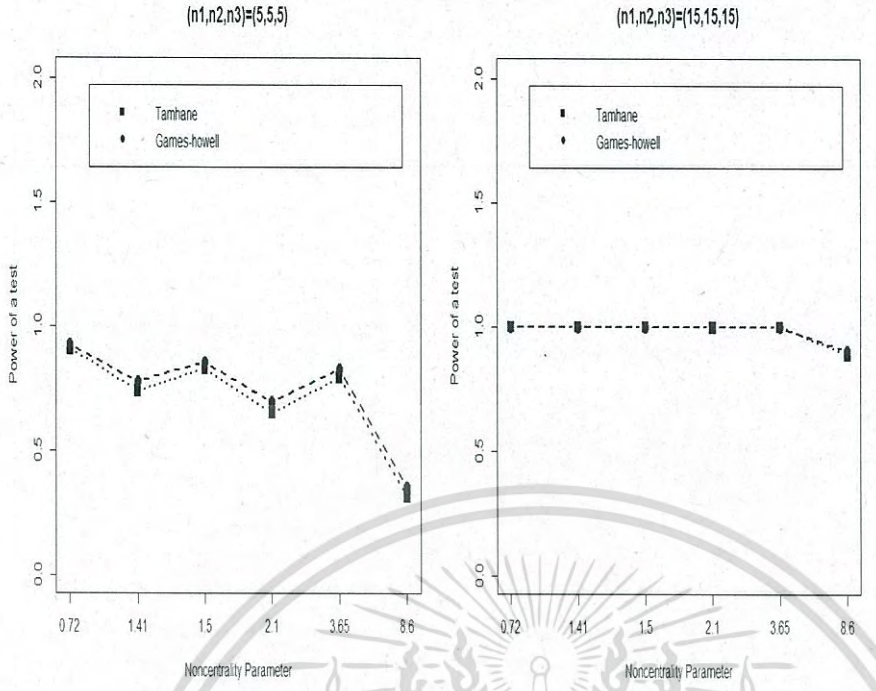
ตารางที่ 4.21 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.9084	0.7388	0.8292	0.6532	0.7944	0.3150
	15:15:15	1*	0.9998	0.9998	0.9988	1*	0.8890
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9976
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5: 5:5	0.9278	0.7788	0.8566	0.6956	0.8286	0.3538
	15:15:15	1*	1*	1*	0.9992	1*	0.9030
	30:30:30	1*	1*	1*	0.8980	1*	0.9982
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

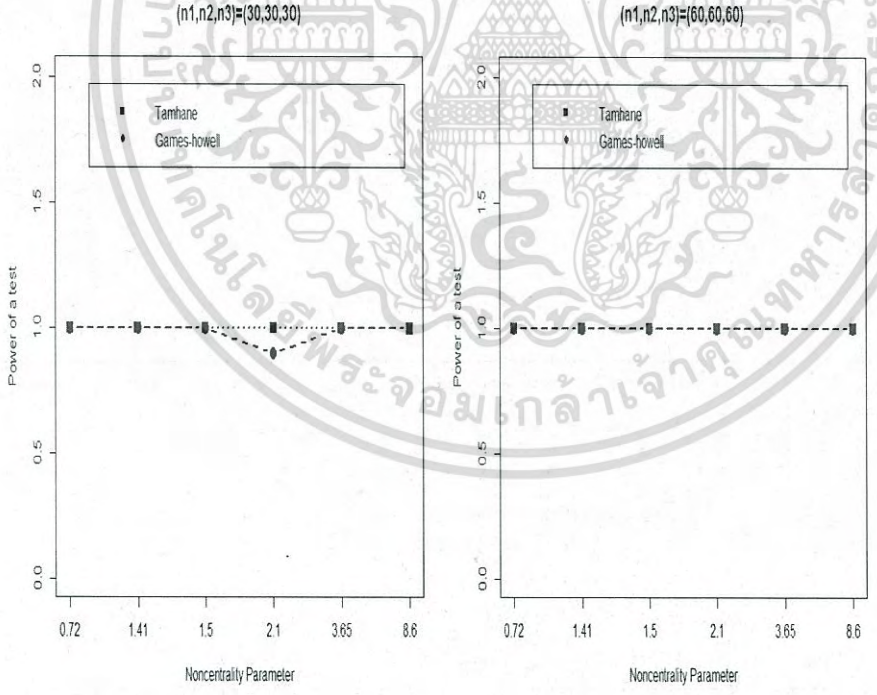
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.21 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.33-4.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

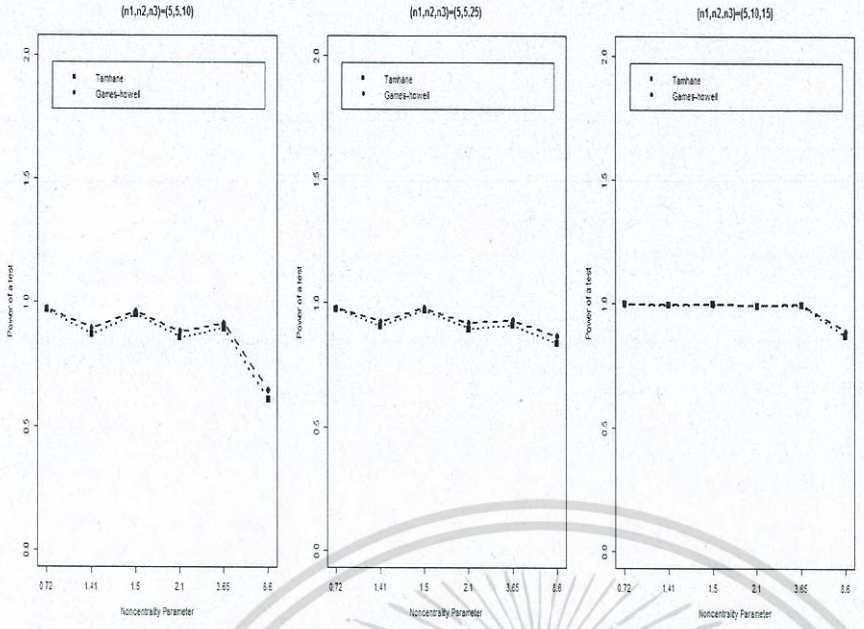
ตารางที่ 4.22 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.9702	0.8704	0.9522	0.8588	0.8952	0.6086
	5:5:25	0.9756	0.9078	0.9720	0.8966	0.9116	0.8400
	5:10:15	0.9984	0.9950	0.9988	0.9914	0.9960	0.8700
	5:15:25	0.9986	0.9982	0.9992	0.9974	0.9990	0.9838
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5:5:10	0.9780	0.8964	0.9650	0.8830	0.9180	0.6470
	5:5:25	0.9822	0.9262	0.9804	0.9202	0.9312	0.8686
	5:10:15	0.9992	0.9966	0.9994	0.9934	0.9974	0.8906
	5:15:25	0.9992	0.9992	0.9996	0.9982	0.9990	0.9868
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

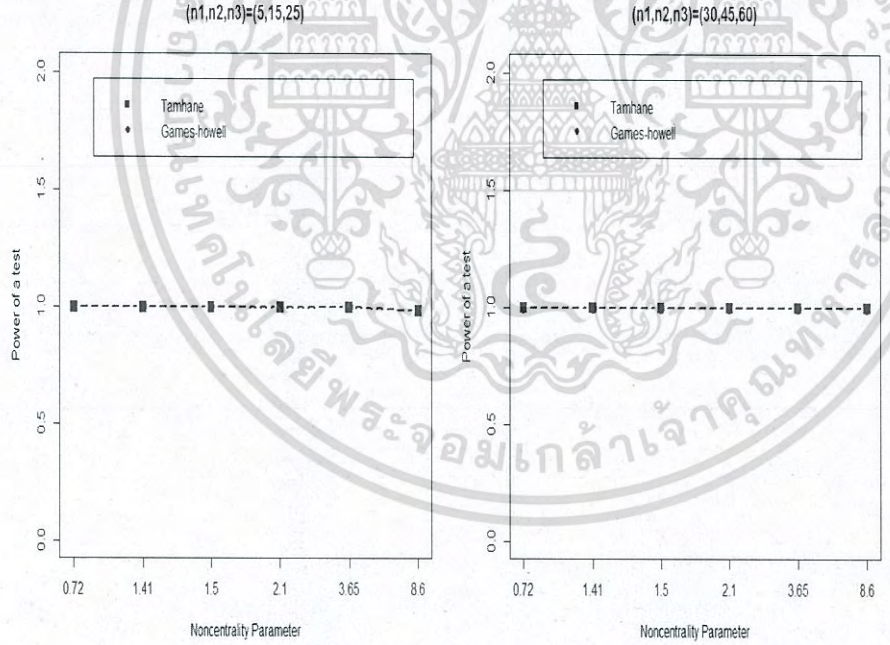
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.22 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.35-4.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

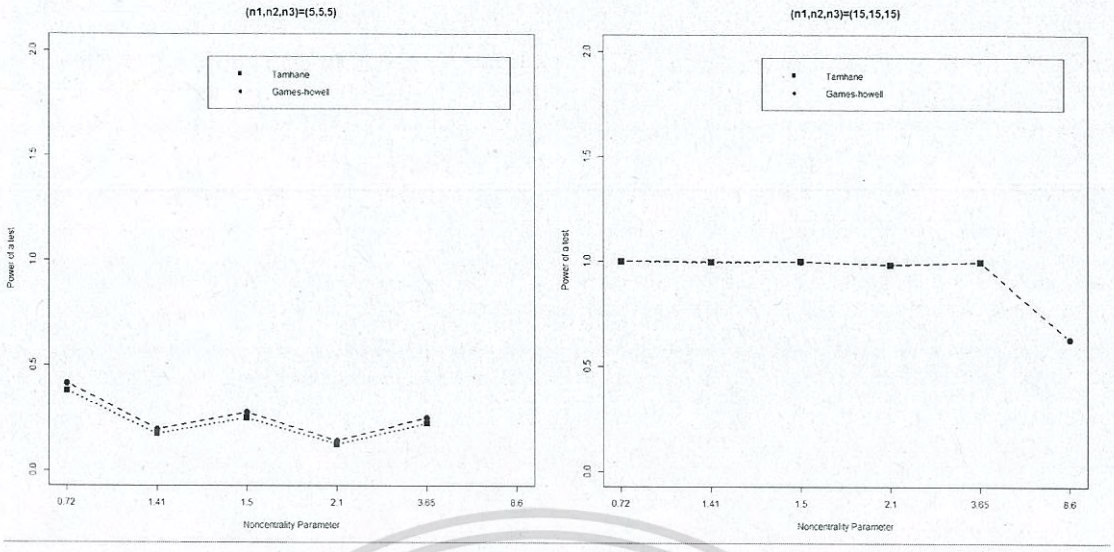
ตารางที่ 4.23 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.3802	0.1752	0.2496	0.1256	0.2242	-
	15:15:15	1*	0.9960	0.999	0.9826	0.9972	-
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	-
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5: 5:5	0.4154	0.1978	0.2788	0.1436	0.2520	-
	15:15:15	1*	0.9966	0.9990*	0.9842	0.9972	0.6288
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9828
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

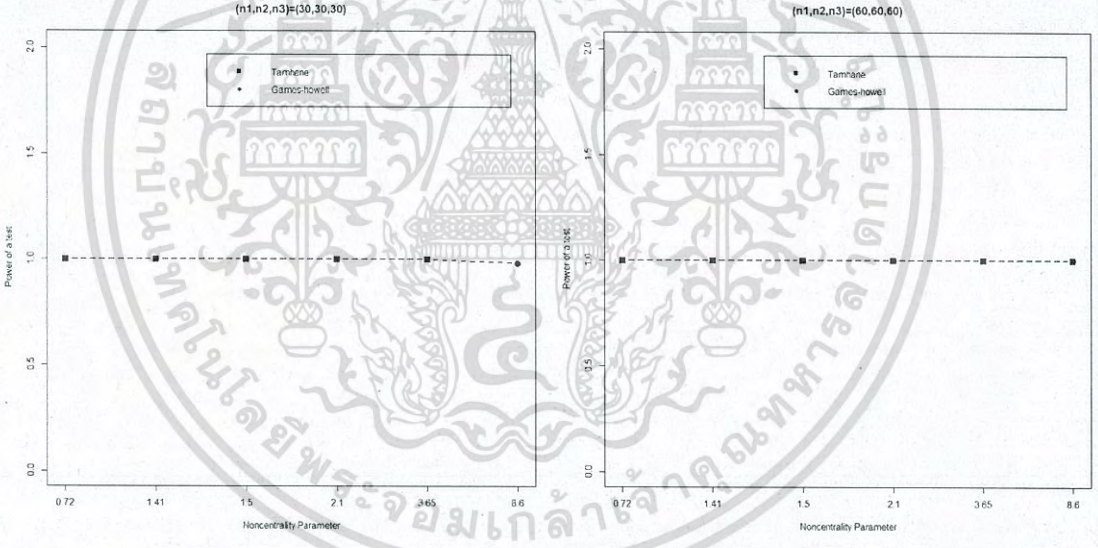
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.23 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.37-4.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

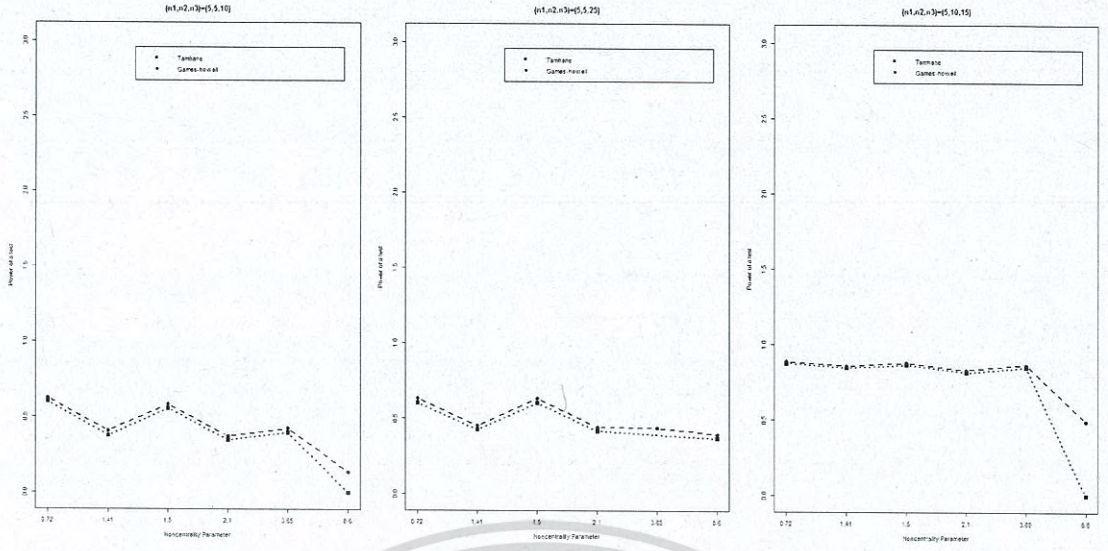
ตารางที่ 4.24 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.6008	0.3776	0.5566	0.3478	0.3972	-
	5:5:25	0.6028	0.4270	0.6026	0.4166	-	0.3706
	5:10:15	0.8744	0.8448	0.8654	0.8160	0.8514	-
	5:15:25	0.8838	0.8858	0.8798	0.8820	0.8774	0.7958
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5:5:10	0.6274	0.4088	0.5826	0.3754	0.4284	0.1388
	5:5:25	0.6342	0.4530	0.6324	0.4430	0.4374	0.3980
	5:10:15	0.8894	0.8592	0.8800	0.8330	0.8670	0.4942
	5:15:25	0.8950	0.8936	0.8916	0.8962	0.8892	0.8188
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

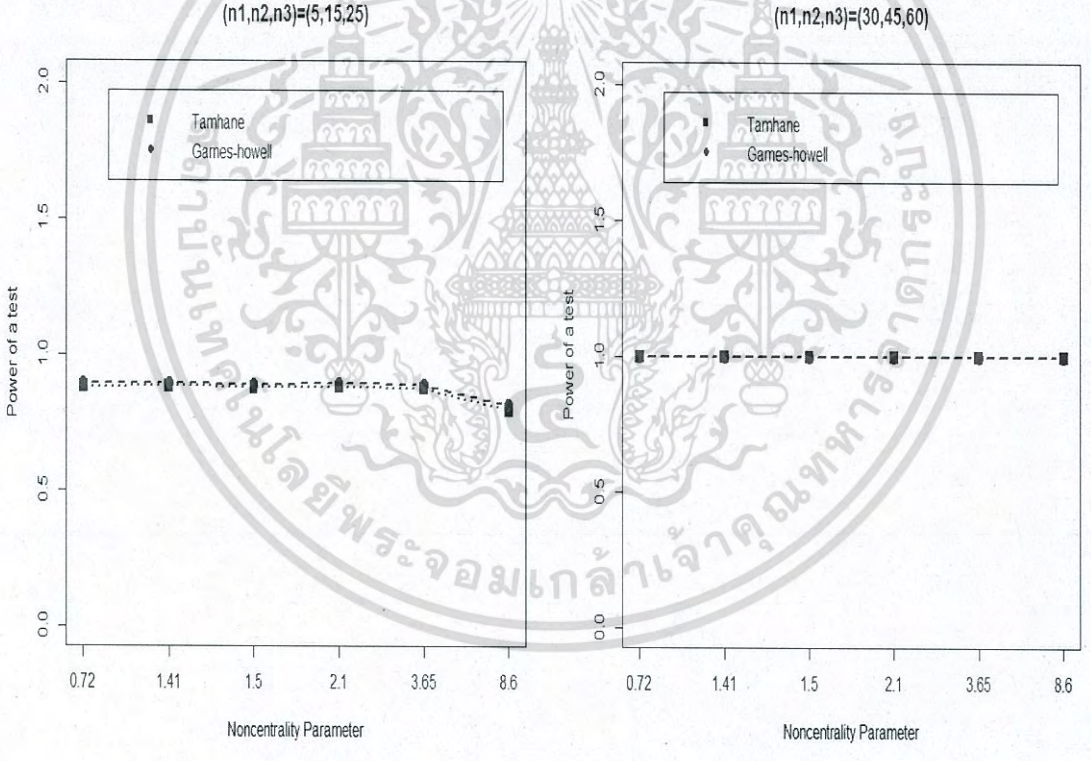
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.24 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.39-4.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

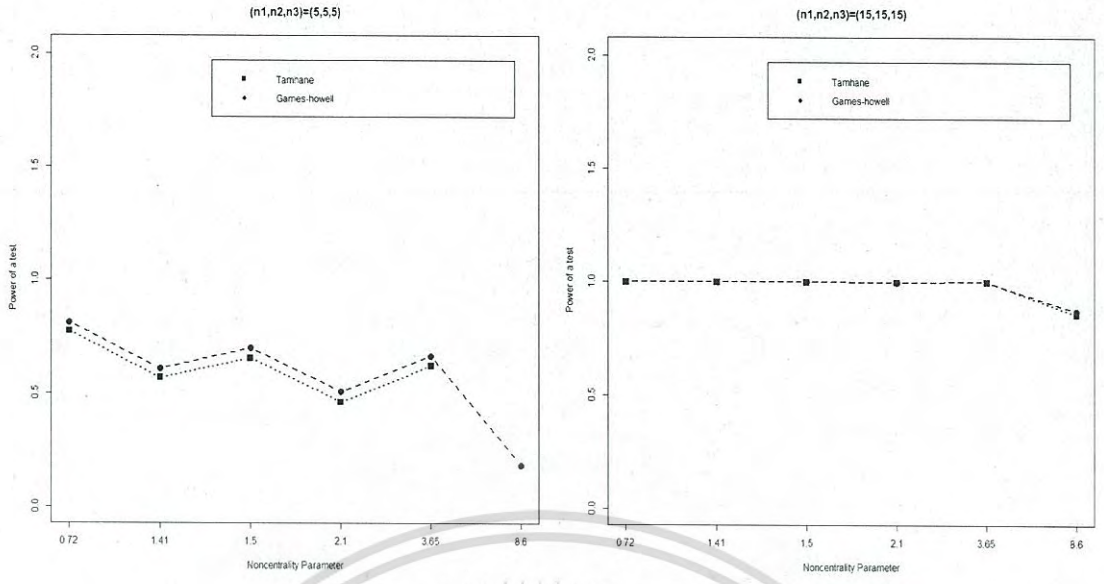
ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.7738	0.5692	0.6558	0.4620	0.6220	-
	15:15:15	1*	0.9998	0.9998	0.9978	0.9996	0.8572
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9974
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5: 5:5	0.8114	0.6100	0.6988	0.5086	0.6648	0.1844
	15:15:15	1*	1*	0.9998	0.9982	0.9998	0.8724
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9978
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

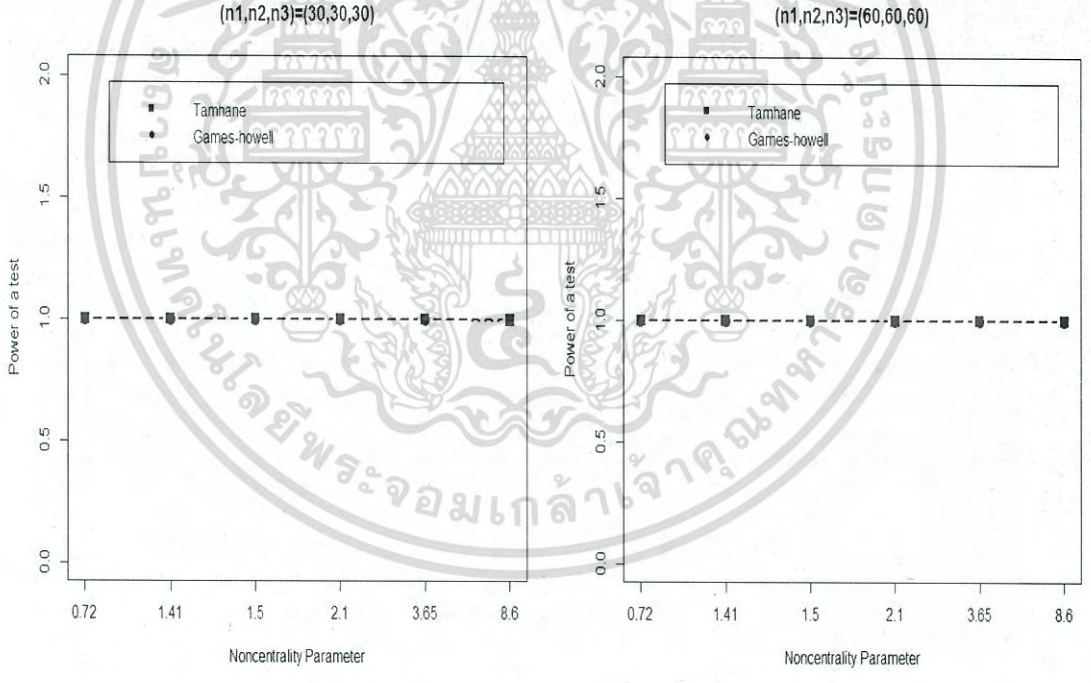
- หมายถึง ตัวสถิติทดสอบทั้งสามตัวไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

จากตารางที่ 4.25 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.41-4.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

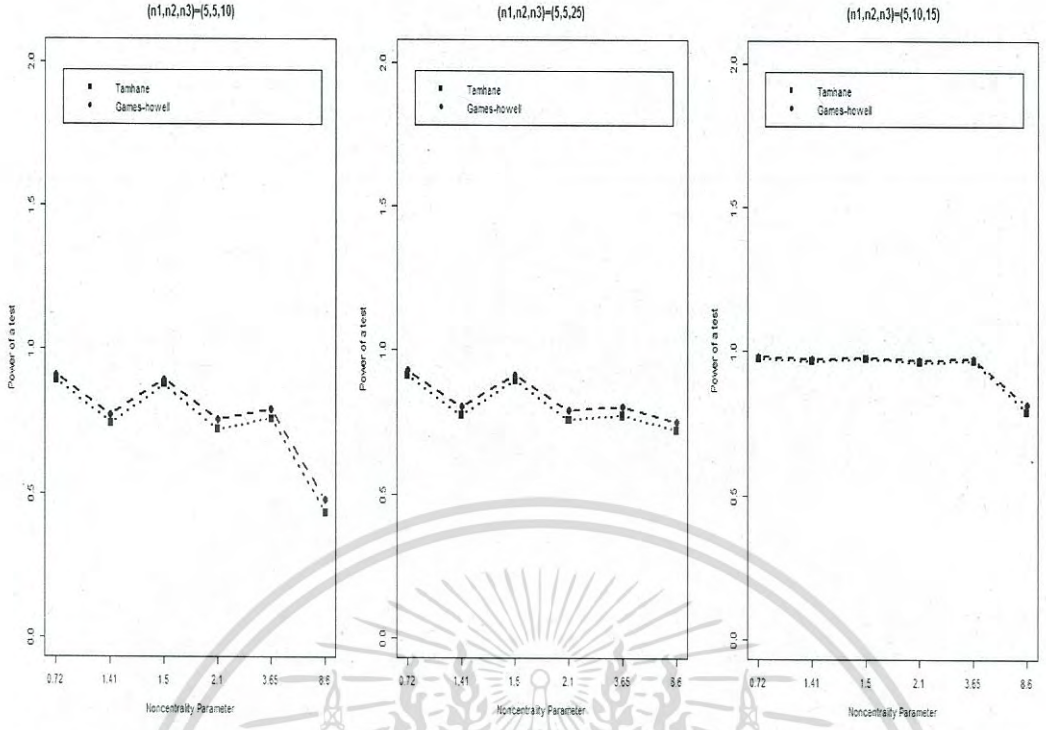
ตารางที่ 4.26 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.8922	0.7424	0.8774	0.7212	0.7586	0.4330
	5:5:25	0.9104	0.7730	0.8948	0.7568	0.7720	0.7218
	5:10:15	0.9754	0.9664	0.9746	0.9618	0.9670	0.7896
	5:15:25	0.9768	0.9774	0.9790	0.9786	0.9772	0.9586
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5:5:10	0.9106	0.7736	0.8948	0.7558	0.7912	0.4766
	5:5:25	0.9276	0.8034	0.9146	0.7906	0.8038	0.7526
	5:10:15	0.9802	0.9738	0.9790	0.9684	0.9732	0.8158
	5:15:25	0.9816	0.9816	0.9846	0.9826	0.9826	0.9658
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

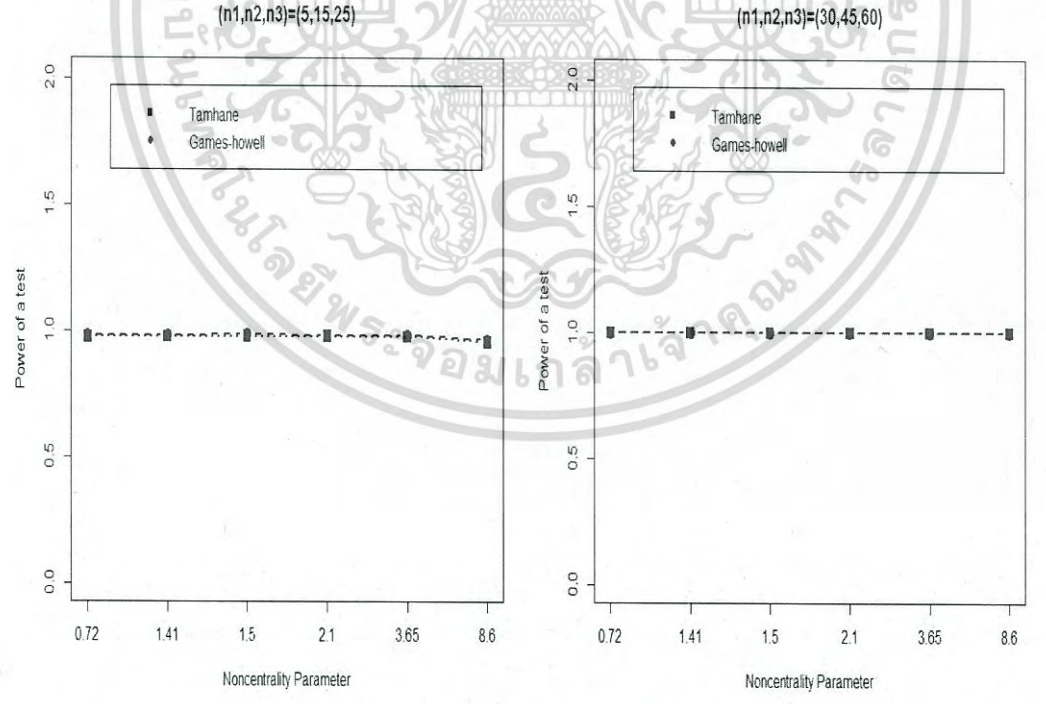
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.26 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.43-4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

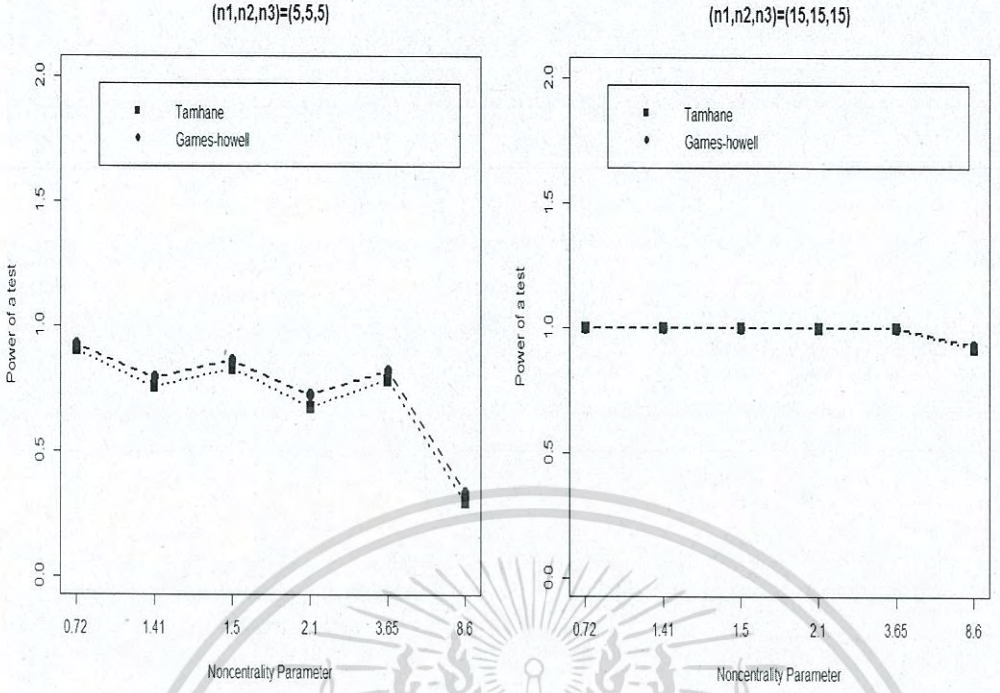
ตารางที่ 4.27 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5: 5:5	0.9044	0.7578	0.8314	0.6756	0.7854	0.2990
	15:15:15	1*	1*	1*	0.9986	1*	0.9204
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9994
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5: 5:5	0.9262	0.7954	0.8642	0.7264	0.8228	0.3378
	15:15:15	1*	1*	1*	0.9992	1*	0.9332
	30:30:30	1*	1*	1*	1*	1*	0.9998
	60:60:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

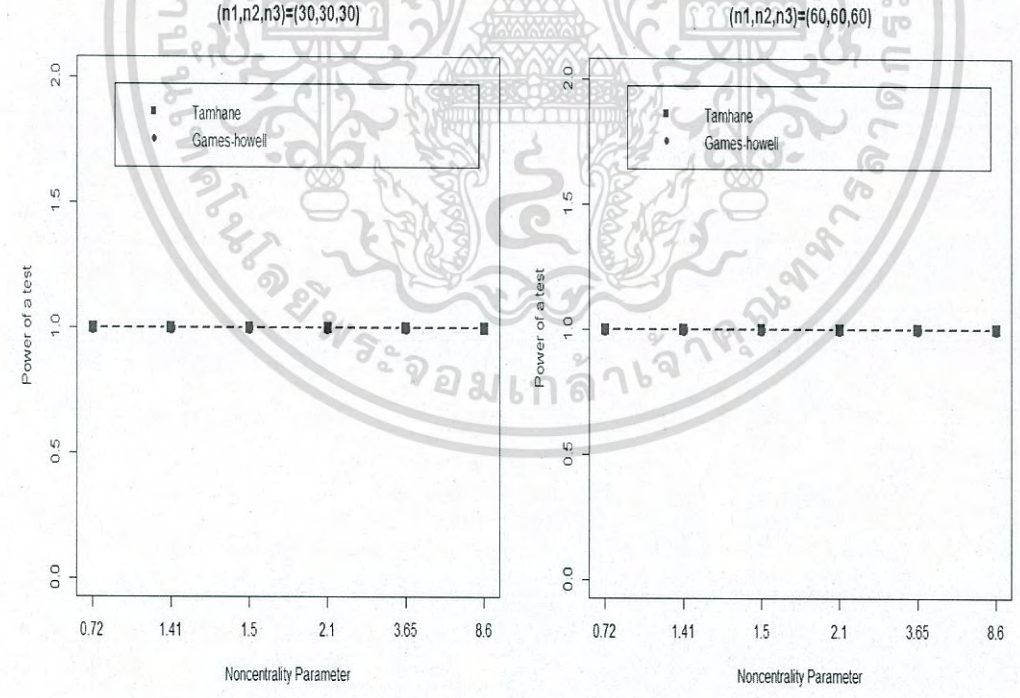
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.27 จะพบว่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.45-4.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,5,5) และ (15,15,15)



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงปรกติ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (30,30,30) และ (60,60,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

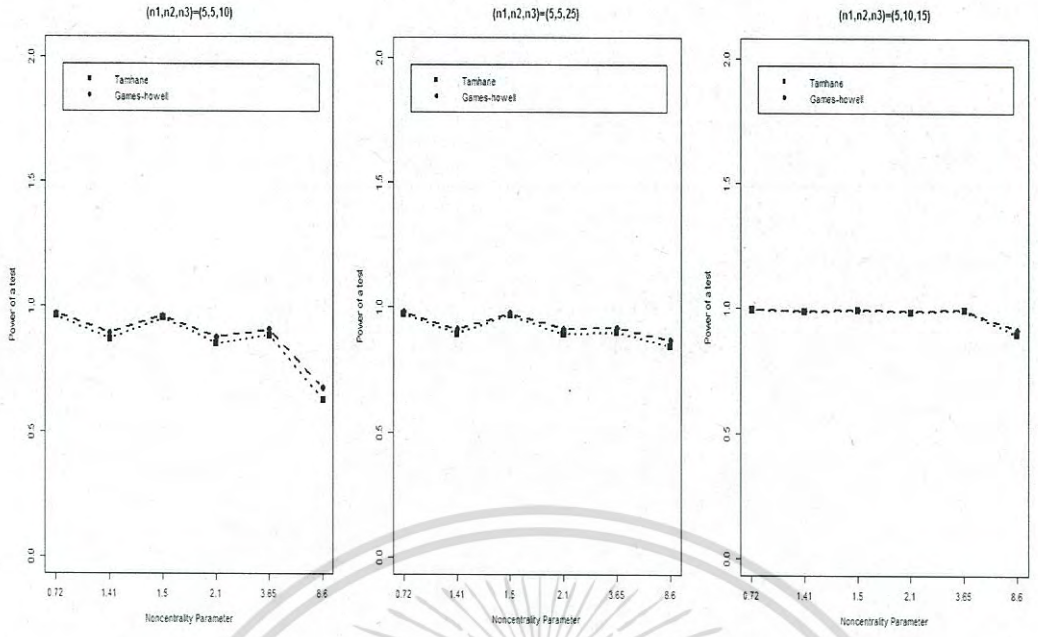
ตารางที่ 4.28 แสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ตัวสถิติทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
Tamhane	5:5:10	0.9616	0.8684	0.9546	0.8500	0.8842	0.6266
	5:5:25	0.9714	0.8922	0.9690	0.8916	0.8974	0.8442
	5:10:15	0.9936	0.9868	0.9908	0.9842	0.9910	0.8946
	5:15:25	0.9924	0.9918	0.9946	0.9918	0.9926	0.9836
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Game-Howell	5:5:10	0.9708	0.8946	0.9620	0.8770	0.9074	0.6744
	5:5:25	0.9802	0.9130	0.9768	0.9146	0.9186	0.8694
	5:10:15	0.9952	0.9900	0.9936	0.9872	0.9938	0.9138
	5:15:25	0.9946	0.9944	0.9964	0.9938	0.9938	0.9862
	30:45:60	1*	1*	1*	1*	1*	1*

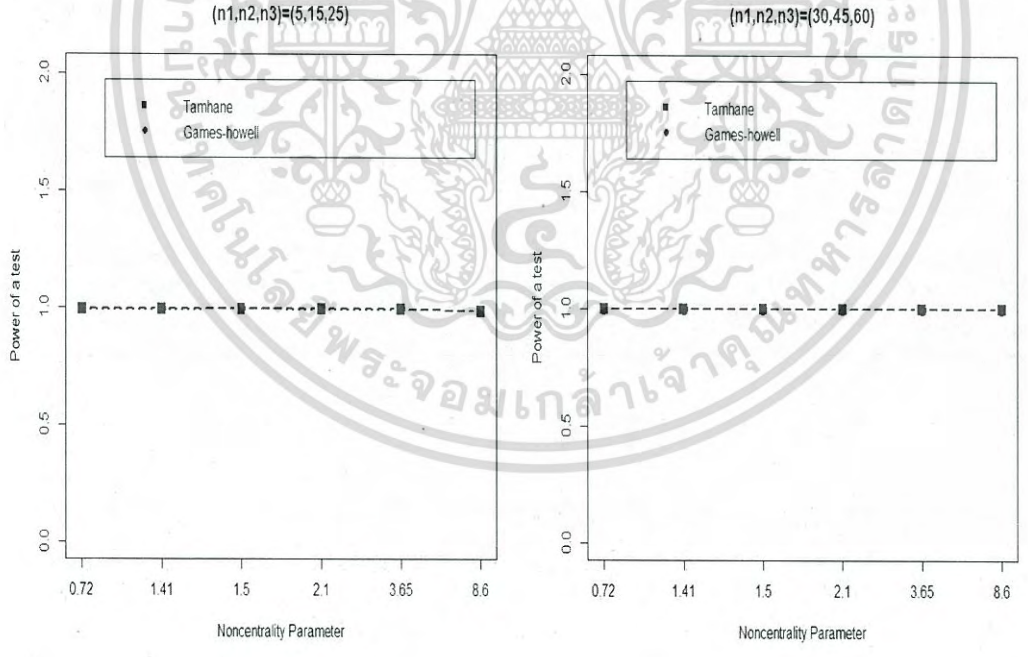
* หมายถึง กำลังการทดสอบที่มากที่สุด

จากตารางที่ 4.28 จะพบว่ากำลังการทดสอบ ของตัวสถิติทดสอบ Tamhane และตัวสถิติทดสอบ Game-Howell จะมีค่ามากสุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งหมดดังรูปที่ 4.47-4.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงกำลังการทดสอบของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ (5,5,10) , (5,5,25) และ (5,10,15)



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงกำลังการทดสอบ ของการแจกแจงแกมมา ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ (5,15,25) และ (30,45,60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.17-4.28 จะพบว่าสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.29 – 4.32

ตารางที่ 4.29 ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดของการแจกแจงปรกติ กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
0.01	5: 5:5	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	15:15:15	T2,GH	GH	GH	GH	GH	GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.05	5: 5:5	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	15:15:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	GH	GH	GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.1	5: 5:5	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	15:15:15	T2,GH	GH	GH	GH	T2,GH	GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2	T2,GH	GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH

จากตารางที่ 4.29 จะเห็นได้ว่าตัวสถิติทดสอบ Game-Howell มีกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอื่นๆ เกือบทุกสถานการณ์ และมีบางสถานการณ์ที่สถิติทดสอบมีกำลังการทดสอบเท่ากัน ยกเว้นค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์เท่ากับ 2.1 ระดับนัยสำคัญ 0.1 และขนาดตัวอย่าง (30:30:30)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดของการแจกแจงปรกติ กรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
0.01	5: 5:10	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:5:25	GH	T2	GH	GH	GH	GH
	5:10:15	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:15:25	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.05	5: 5:10	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:5:25	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:10:15	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:15:25	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.1	5: 5:10	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:5:25	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:10:15	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:15:25	GH	GH	GH	GH	T2,GH	GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH

จากตารางที่ 4.30 จะเห็นได้ว่าตัวสถิติทดสอบ Game-Howell มีกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอื่นๆ เกือบทุกสถานการณ์ และมีบางสถานการณ์ที่สถิติทดสอบมีกำลังการทดสอบเท่ากัน ยกเว้นค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์เท่ากับ 1.41 ระดับนัยสำคัญ 0.01 และขนาดตัวอย่าง (5:5:25)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดของการแจกแจงแกมมา กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากัน

ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
0.01	5: 5:5	GH	GH	GH	GH	GH	-
	15:15:15	T2,GH	GH	T2,GH	GH	T2,GH	-
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	-
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.05	5: 5:5	GH	GH	GH	GH	GH	-
	15:15:15	T2,GH	GH	T2,GH	GH	GH	GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.1	5: 5:5	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	15:15:15	T2,GH	T2,GH	T2,GH	GH	T2,GH	GH
	30:30:30	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	GH
	60:60:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH

- หมายถึง ตัวสถิติทดสอบทั้งสามตัวไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

จากตารางที่ 4.31 จะเห็นได้ว่าตัวสถิติทดสอบ Game-Howell มีกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอื่นๆ เกือบทุกสถานการณ์ และมีบางสถานการณ์ที่สถิติทดสอบมีกำลังการทดสอบเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดของการแจกแจงแกมมา กรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

ระดับนัยสำคัญ	ขนาดตัวอย่าง	ค่านอนเซนทรัลลิตีพารามิเตอร์ ϕ					
		0.72	1.41	1.5	2.1	3.65	8.6
0.01	5: 5:10	GH	GH	GH	GH	GH	-
	5:5:25	GH	GH	GH	GH	-	GH
	5:10:15	GH	GH	GH	GH	GH	-
	5:15:25	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.05	5: 5:10	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:5:25	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:10:15	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:15:25	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH
0.1	5: 5:10	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:5:25	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:10:15	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	5:15:25	GH	GH	GH	GH	GH	GH
	30:45:60	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH	T2,GH

- หมายถึง ตัวสถิติทดสอบทั้งสามตัวไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

จากตารางที่ 4.32 จะเห็นได้ว่าตัวสถิติทดสอบ Game-Howell มีกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอื่นๆ เกือบทุกสถานการณ์ และมีบางสถานการณ์ที่สถิติทดสอบมีกำลังการทดสอบเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบ ของสถิติทดสอบทั้ง 3 สถิติทดสอบ คือ ตัวสถิติทดสอบทามฮาน (Tamhane's Test : T2) ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell Test : GH) และตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ (Brown-Forsythe Test : BF) จากการจำลองข้อมูลตามลักษณะต่างๆที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขตการวิจัยสรุปผลได้ดังนี้

5.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

5.1.1 ตัวสถิติทดสอบทามฮาน (Tamhane's Test : T2)

สถิติทดสอบทามฮาน (Tamhane's Test : T2) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เกือบทุกสถานการณ์ที่ศึกษา ยกเว้นบางสถานการณ์ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 5 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 15 : 15 : 15 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 30 : 30 : 30 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 5 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 10 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 25 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 3.65 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 10 : 15 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell Test : GH)

ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell Test : GH) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เกือบทุกสถานการณ์ที่ศึกษา ยกเว้นบางสถานการณ์ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 5 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 15 : 15 : 15 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 30 : 30 : 30 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 60 : 60 : 60 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 5 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 5 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 10 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 8 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 25 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 3.65 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 9 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 10 : 15 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

สถานการณ์ที่ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 15 : 25 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 8.6 โดยมีการแจกแจงแกมมา

5.1.3 ตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ (Brown-Forsythe Test)

ตัวสถิติทดสอบบราวน์-ฟอไซท์ (Brown-Forsythe Test) ไม่สามารถควบคุมค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกสถานการณ์ จึงไม่ได้นำไปคำนวณกำลังการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

ตัวสถิติทดสอบเกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell Test : GH) ให้ค่ากำลังการทดสอบมากกว่าตัวสถิติทดสอบทามฮาน (Tamhane's Test : T2) เกือบทุกสถานการณ์ (ไม่รวมค่ากำลังการทดสอบเท่ากับ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้งคู่) ยกเว้น

สถานการณ์ที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ขนาดตัวอย่าง 30 : 30 : 30 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 2.1 โดยมีการแจกแจงปรกติ

สถานการณ์ที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่าง 5 : 5 : 25 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ เท่ากับ 1.41 โดยมีการแจกแจงปรกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อจำกัดของโปรแกรม R

5.3.1.1 ตารางการแจกแจงยังมีไม่ครบถ้วน เช่น The Studentized Maximum Modulus Distribution จึงต้องหาตารางการแจกแจงดังกล่าวมาใส่เพิ่มเติมในการจำลองข้อมูลแต่ละครั้ง

5.3.1.2 ไม่มี packages ครบถ้วน สำหรับการจำลองข้อมูลในครั้งนี้ จึงต้องเขียนสูตรตัวสถิติขึ้นมาเปรียบเทียบกับบริเวณวิกฤติ

5.3.2 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

การวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ในการเลือกใช้สถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณ ในกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชิธิมาโวร์ บุญมา. 2549. **การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์** วิทยานิพนธ์ สถิติการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรศักดิ์ จันทร์กระจ่าง. 2551. **อำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณตามข้อตกลงความแปรปรวนวิวิธพันธ์ของข้อมูลที่มีการแจกแจงต่างกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน**. ปริญญานิพนธ์ การวิจัยและสถิติทางการศึกษา กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นันทวัน บำรุงสวัสดิ์. 2534. **การเปรียบเทียบวิธีทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยเมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน**. วิทยานิพนธ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยวรรณ ถือแก้ว. 2552. **การเปรียบเทียบวิธีทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศล. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของเลวีนสำหรับทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน.** *วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง* ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 (เม.ย. 2548) หน้า 29–35.

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

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

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

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

Kirk, R. E. 1995. **Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences**. 3rd ed. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ในกรณีข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

****

```
library(userfriendlyscience)
library(ggplot2)
T2Table0.05=c(6.34,6.34,4.43,3.74,3.4,3.19,3.06,2.96,2.89,2.83,2.78,2
.75,2.75,2.69,2.69,2.65,2.65,2.62,2.62,2.59,2.59,2.59,2.59,2.56,2.56,
2.56,2.56,2.56,2.56,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52
,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.4
9,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.
45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2
.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,
2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45)
M=5000
N=6
O=7
alpha=0.05
n1=c(5,15,30,5,5,5,5)
n2=c(5,15,30,5,5,10,15)
n3=c(5,15,30,10,25,15,25)
mu1=c(6,6,6,6,6,6)
mu2=c(6,6,6,6,6,6)
mu3=c(6,6,6,6,6,6)
var1=c(3,3,3,3,3,3)
var2=c(4,6,4,6,6,6)
var3=c(6,9,9,12,7.2,36)
COUNT <- array(rep(0, 6*3*7), dim=c(6, 3, 7))
for(j in 1:N)
{
for(k in 1:O)
{
for(l in 1:M)
{
x1=rnorm(n1[k],mu1[j],sqrt(var1[j]))
x2=rnorm(n2[k],mu2[j],sqrt(var2[j]))
x3=rnorm(n3[k],mu3[j],sqrt(var3[j]))
x=c(x1,x2,x3)
g1=rep(1,n1[k])
g2=rep(2,n2[k])
g3=rep(3,n3[k])
g=c(g1,g2,g3)
GH=posthocTGH(x,g,method="games-howell")
pvalueGH=GH$intermediate$p.gameshowell
if((pvalueGH[1]<=alpha)||(pvalueGH[2]<=alpha)||(pvalueGH[3]
<=alpha)) COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1

BF1=((mean(x1)-mean(x2))^2)/((var(x1)/n1[k])+(var(x2)/n2
[k]))
BF2=((mean(x1)-mean(x3))^2)/((var(x1)/n1[k])+(var(x3)/n3
[k]))
BF3=((mean(x2)-mean(x3))^2)/((var(x2)/n2[k])+(var(x3)/n3
[k]))
v2F12=round(((var(x1)/n1[k]+var(x2)/n2[k])^2)/((var(x1)^2)/
(((n1[k]^2)*(n1[k]-1)))+((var(x2)^2)/((n2[k]^2)*(n2[k]-
1)))))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
v2F13=round(((var(x1)/n1[k]+var(x3)/n3[k])^2)/((var(x1)^2)/
(((n1[k]^2)*(n1[k]-1)))+((var(x3)^2)/((n3[k]^2)*(n3[k]-
1)))))
v2F23=round(((var(x2)/n2[k]+var(x3)/n3[k])^2)/((var(x2)^2)/
(((n2[k]^2)*(n2[k]-1)))+((var(x3)^2)/((n3[k]^2)*(n3[k]-
1)))))
v12=n1[k]-1
v13=n1[k]-1
v23=n2[k]-1
pvalueBF1=pf(BF1,v12,v2F12,lower.tail=FALSE)
pvalueBF2=pf(BF2,v13,v2F13,lower.tail=FALSE)
pvalueBF3=pf(BF3,v23,v2F23,lower.tail=FALSE)
if((pvalueBF1<=alpha)||(pvalueBF2<=alpha)||
(pvalueBF3<=alpha)) COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+1

Tamhane12=(sqrt((var(x1)/n1[k]+var(x2)/n2[k])))*T2Table0.05[v2F12]
Tamhane13=(sqrt((var(x1)/n1[k]+var(x3)/n3[k])))*T2Table0.05[v2F13]
Tamhane23=(sqrt((var(x2)/n2[k]+var(x3)/n3[k])))*T2Table0.05[v2F23]
Delta12=abs(mean(x1)-mean(x2))
Delta13=abs(mean(x1)-mean(x3))
Delta23=abs(mean(x2)-mean(x3))

if((Tamhane12<=Delta12)||(Tamhane13<=Delta13)||(Tamhane23<=Delta23))
COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1


}
}
}

COUNT[1,,]=COUNT[1,,]/M
COUNT[2,,]=COUNT[2,,]/M
COUNT[3,,]=COUNT[3,,]/M
COUNT[4,,]=COUNT[4,,]/M
COUNT[5,,]=COUNT[5,,]/M
COUNT[6,,]=COUNT[6,,]/M
COUNT[1,,]
COUNT[2,,]
COUNT[3,,]
COUNT[4,,]
COUNT[5,,]
COUNT[6,,]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับคำนวณกำลังการทดสอบ

ในกรณีข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

****

```
library(userfriendlyscience)
library(ggplot2)
T2Table0.05=c(6.34,6.34,4.43,3.74,3.4,3.19,3.06,2.96,2.89,2.83,2.78,2
.75,2.75,2.69,2.69,2.65,2.65,2.62,2.62,2.59,2.59,2.59,2.59,2.56,2.56,
2.56,2.56,2.56,2.56,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52,2.52
,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.4
9,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.49,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.
45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2
.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,
2.45,2.45,2.45,2.45,2.45,2.45)
M=5000
N=6
O=7
alpha=0.05
n1=c(5,15,30,5,5,5,5)
n2=c(5,15,30,5,5,10,15)
n3=c(5,15,30,10,25,15,25)
mu1=c(12,12,12,12,12,12)
mu2=c(36,24,36,24,24,24)
mu3=c(54,36,36,27,45,9)
var1=c(6/12,6/12,6/12,6/12,6/12,6/12)
var2=c(1/3,1/2,1/3,1/2,1/2,1/2)
var3=c(1/3,1/2,1/2,2/3,2/5,2)
COUNT <- array(rep(0, 6*3*7), dim=c(6, 3, 7))
for(j in 1:N)
{
for(k in 1:O)
{
for(l in 1:M)
{
x1=rgamma(n1[k],mu1[j],1/(var1[j]))
x2=rgamma(n2[k],mu2[j],1/(var2[j]))
x3=rgamma(n3[k],mu3[j],1/(var3[j]))
x=c(x1,x2,x3)
g1=rep(1,n1[k])
g2=rep(2,n2[k])
g3=rep(3,n3[k])
g=c(g1,g2,g3)
GH=posthocTGH(x,g,method="games-howell")
pvalueGH=GH$intermediate$p.gameshowell
if((pvalueGH[1]<=alpha)&(pvalueGH[2]<=alpha)&(pvalueGH[3]
<=alpha)) COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1

BF1=((mean(x1)-mean(x2))^2)/((var(x1)/n1[k])+(var(x2)/n2
[k]))
BF2=((mean(x1)-mean(x3))^2)/((var(x1)/n1[k])+(var(x3)/n3
[k]))
BF3=((mean(x2)-mean(x3))^2)/((var(x2)/n2[k])+(var(x3)/n3
[k]))
v2F12=round(((var(x1)/n1[k]+var(x2)/n2[k])^2)/((var(x1)^2)/
(((n1[k]^2)*(n1[k]-1)))+((var(x2)^2)/((n2[k]^2)*(n2[k]-
1)))))
v2F13=round(((var(x1)/n1[k]+var(x3)/n3[k])^2)/((var(x1)^2)/
(((n1[k]^2)*(n1[k]-1)))+((var(x3)^2)/((n3[k]^2)*(n3[k]-
1)))))
v2F23=round(((var(x2)/n2[k]+var(x3)/n3[k])^2)/((var(x2)^2)/
(((n2[k]^2)*(n2[k]-1)))+((var(x3)^2)/((n3[k]^2)*(n3[k]-
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1)))))
v12=n1[k]-1
v13=n1[k]-1
v23=n2[k]-1
pvalueBF1=pf(BF1,v12,v2F12,lower.tail=FALSE)
pvalueBF2=pf(BF2,v13,v2F13,lower.tail=FALSE)
pvalueBF3=pf(BF3,v23,v2F23,lower.tail=FALSE)
if((pvalueBF1<=alpha)&(pvalueBF2<=alpha)&
(pvalueBF3<=alpha)) COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+1

Tamhane12=(sqrt((var(x1)/n1[k]+var(x2)/n2[k])))*T2Table0.05[v2F12]
Tamhane13=(sqrt((var(x1)/n1[k]+var(x3)/n3[k])))*T2Table0.05[v2F13]
Tamhane23=(sqrt((var(x2)/n2[k]+var(x3)/n3[k])))*T2Table0.05[v2F23]
Delta12=abs(mean(x1)-mean(x2))
Delta13=abs(mean(x1)-mean(x3))
Delta23=abs(mean(x2)-mean(x3))

if((Tamhane12<=Delta12)&(Tamhane13<=Delta13)&(Tamhane23<=Delta23))
COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1


}
}
}

COUNT[1,,]=COUNT[1,,]/M
COUNT[2,,]=COUNT[2,,]/M
COUNT[3,,]=COUNT[3,,]/M
COUNT[4,,]=COUNT[4,,]/M
COUNT[5,,]=COUNT[5,,]/M
COUNT[6,,]=COUNT[6,,]/M
COUNT[1,,]
COUNT[2,,]
COUNT[3,,]
COUNT[4,,]
COUNT[5,,]
COUNT[6,,]
```

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟการแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ

****

```
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

```
**********************************************************************************************
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 ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

```
**********************************************************************************************
BradleyUpper = rep(0.075,6)
BradleyLower = rep(0.025,6)

T21 = c(0.0386,0.0410,0.0400,0.0432,0.0420,0.0422)
GH1 = c(0.0454,0.0490,0.0478,0.0512,0.0488,0.0472)
BF1 = c(0.1764,0.1804,0.1720,0.1776,0.1724,0.1680)

T22 = c(0.0444,0.0384,0.0414,0.0428,0.0398,0.0388)
GH2 = c(0.0530,0.0470,0.0488,0.0472,0.0460,0.0462)
BF2 = c(0.3418,0.3288,0.3300,0.3294,0.3272,0.3058)

T23 = c(0.0386,0.0420,0.0448,0.0336,0.0382,0.0394)
GH3 = c(0.0474,0.0508,0.0530,0.0390,0.0458,0.0482)
BF3 = c(0.4046,0.3952,0.4100,0.3876,0.4114,0.3818)
y = c('free1','free2','free3','free4','free5','free6')
x = seq(1,6)
par(mfrow=c(1,3))

plot(x,T21,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim =
c(0.01,0.5),
main = "(n1,n2,n3)=(5,5,5)",xlab = "(n1,n2,n3)",ylab = "Type I
Error",pch = 15,cex=1.5)
lines(x,GH1,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,BF1,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch =
17,cex=1.5)
lines(x,BradleyUpper,type = "l",lwd = 1,lty = 2)
lines(x,BradleyLower,type = "l",lwd = 1,lty = 2)
axis(1, at = 1:6, labels = y)


plot(x,T22,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim =
c(0.01,0.5),
main = "(n1,n2,n3)=(15,15,15)",xlab = "(n1,n2,n3)",ylab = "Type I
Error",pch = 15,cex=1.5)
lines(x,GH2,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,BF2,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch =
17,cex=1.5)
lines(x,BradleyUpper,type = "l",lwd = 1,lty = 2)
lines(x,BradleyLower,type = "l",lwd = 1,lty = 2)
axis(1, at = 1:6, labels = y)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
plot(x,T23,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim =
c(0.01,0.5),
main = "(n1,n2,n3)=(30,30,30)",xlab = "(n1,n2,n3)",ylab = "Type I
Error",pch = 15,cex=1.5)
lines(x,GH3,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,BF3,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch =
17,cex=1.5)
lines(x,BradleyUpper,type = "l",lwd = 1,lty = 2)
lines(x,BradleyLower,type = "l",lwd = 1,lty = 2)
axis(1, at = 1:6, labels = y)
```

****

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

****

```
T21 = c(0.7790,0.5572,0.6672,0.4706,0.6142,0.1648)
GH1 = c(0.8110,0.6042,0.7062,0.5154,0.6614,0.1886)

T22 = c(1,0.9994,1,0.9982,0.9996,0.8676)
GH2 = c(1,0.9994,1,0.9986,0.9998,0.8794)

T23 = c(1,1,1,1,1,0.9988)
GH3 = c(1,1,1,1,1,0.9990)

T24 = c(1,1,1,1,1,1)
GH4 = c(1,1,1,1,1,1)

y = c('0.72','1.41','1.5','2.1','3.65','8.6')
x = seq(1,6)
par(mfrow=c(2,2))

plot(x,T21,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim =
c(0.01,2),
main = "(n1,n2,n3)=(5,5,5)",xlab = "Noncentrality Parameter",ylab =
"Type I Error",pch = 15,cex=1.5)
lines(x,GH1,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
axis(1, at = 1:6, labels = y)
labels=c("Tamhane","Games-howell")
colors=c("black","blue")
A=c(1,2)
pch=c(15,16)
legend("topright",inset=0.05,labels,col = colors,pch = pch)


plot(x,T22,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim =
c(0.01,2),
main = "(n1,n2,n3)=(15,15,15)",xlab = "Noncentrality Parameter",ylab
= "Type I Error",pch = 15,cex=1.5)
lines(x,GH2,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
axis(1, at = 1:6, labels = y)
labels=c("Tamhane","Games-howell")
colors=c("black","blue")
A=c(1,2)
pch=c(15,16)
legend("topright",inset=0.05,labels,col = colors,pch = pch)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
plot(x,T23,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim =
c(0.01,2),
main = "(n1,n2,n3)=(30,30,30)",xlab = "Noncentrality Parameter",ylab
= "Type I Error",pch = 15,cex=1.5)
lines(x,GH3,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
axis(1, at = 1:6, labels = y)
labels=c("Tamhane","Games-howell")
colors=c("black","blue")
pch=c(15,16)
A=c(1,2)
legend("topright",inset=0.05,labels,col = colors,pch = pch)


plot(x,T24,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim =
c(0.01,2),
main = "(n1,n2,n3)=(60,60,60)",xlab = "Noncentrality Parameter",ylab
= "Type I Error",pch = 15,cex=1.5)
lines(x,GH4,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
axis(1, at = 1:6, labels = y)
labels=c("Tamhane","Games-howell")
colors=c("black","blue")
pch=c(15,16)
A=c(1,2)
legend("topright",inset=0.05,labels,col = colors,pch = pch)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 ค่าวิกฤตของพิสัยสตูเดนต์ไดซ์

		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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่าวิกฤตของพิสัยสตูเดนต์ไดซ์ (ต่อ)

		p										
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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
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

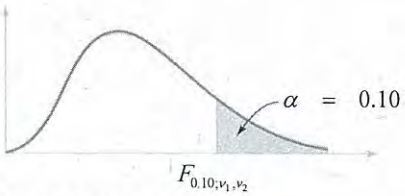
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่าวิกฤตของพิสัยสติวเดนต์ไดซ์ (ต่อ)

		p										
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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
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

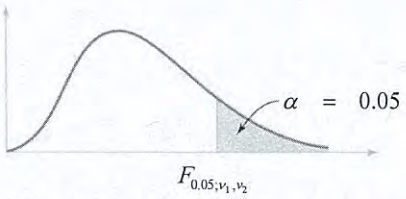


ตารางที่ 2 การแจกแจงเอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

	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

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

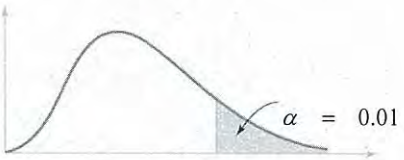


ตารางที่ 2 การแจกแจงเอฟ (ต่อ) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	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.

เอกสารนี้ใช้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$F_{0.01;\nu_1,\nu_2}$

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

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 Critical Values of the Studentized Maximum Modulus Distribution

		Number of comparisons (p)													
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	0.10	3.83	4.38	4.77	5.06	5.30	5.50	5.67	5.82	5.96	6.08	6.18	6.28	6.37	6.45
	0.05	5.57	6.34	6.89	7.31	7.65	7.93	8.17	8.38	8.57	8.74	8.89	9.03	9.16	9.28
	0.01	12.73	14.44	15.65	16.59	17.35	17.99	18.53	19.01	19.43	19.81	20.15	20.46	20.75	21.02
3	0.10	2.99	3.37	3.64	3.84	4.01	4.15	4.27	4.38	4.47	4.55	4.63	4.70	4.76	4.82
	0.05	3.96	4.43	4.76	5.02	5.23	5.41	5.56	5.69	5.81	5.92	6.01	6.10	6.18	6.26
	0.01	7.13	7.91	8.48	8.92	9.28	9.58	9.84	10.06	10.27	10.45	10.61	10.76	10.90	11.03
4	0.10	2.66	2.98	3.20	3.37	3.51	3.62	3.72	3.81	3.89	3.96	4.02	4.08	4.13	4.18
	0.05	3.38	3.74	4.00	4.20	4.37	4.50	4.62	4.72	4.82	4.90	4.98	5.04	5.11	5.17
	0.01	5.46	5.99	6.36	6.66	6.90	7.10	7.27	7.43	7.57	7.69	7.80	7.91	8.00	8.09
5	0.10	2.49	2.77	2.96	3.12	3.24	3.34	3.43	3.51	3.58	3.64	3.69	3.75	3.79	3.84
	0.05	3.09	3.40	3.62	3.79	3.93	4.04	4.14	4.23	4.31	4.38	4.45	4.51	4.56	4.61
	0.01	4.70	5.11	5.40	5.63	5.81	5.97	6.11	6.23	6.33	6.43	6.52	6.60	6.67	6.74
6	0.10	2.39	2.64	2.82	2.96	3.07	3.17	3.25	3.32	3.38	3.44	3.49	3.54	3.58	3.62
	0.05	2.92	3.19	3.39	3.54	3.66	3.77	3.86	3.94	4.01	4.07	4.13	4.18	4.23	4.28
	0.01	4.27	4.61	4.86	5.05	5.20	5.33	5.45	5.55	5.64	5.72	5.80	5.86	5.93	5.99
7	0.10	2.31	2.56	2.73	2.86	2.96	3.05	3.13	3.19	3.25	3.31	3.35	3.40	3.44	3.48
	0.05	2.80	3.06	3.24	3.38	3.49	3.59	3.67	3.74	3.80	3.86	3.92	3.96	4.01	4.05
	0.01	4.00	4.30	4.51	4.68	4.81	4.93	5.03	5.12	5.20	5.27	5.33	5.39	5.45	5.50
8	0.10	2.26	2.49	2.66	2.78	2.88	2.97	3.04	3.10	3.16	3.21	3.26	3.30	3.34	3.37
	0.05	2.72	2.96	3.13	3.26	3.36	3.45	3.53	3.60	3.66	3.71	3.76	3.81	3.85	3.89
	0.01	3.81	4.08	4.27	4.42	4.55	4.65	4.74	4.82	4.89	4.96	5.02	5.07	5.12	5.17
9	0.10	2.22	2.45	2.60	2.72	2.82	2.90	2.97	3.03	3.09	3.13	3.18	3.22	3.26	3.29
	0.05	2.66	2.89	3.05	3.17	3.27	3.36	3.43	3.49	3.55	3.60	3.65	3.69	3.73	3.77
	0.01	3.67	3.92	4.10	4.24	4.35	4.45	4.53	4.61	4.67	4.73	4.79	4.84	4.88	4.92
10	0.10	2.19	2.41	2.56	2.68	2.77	2.85	2.92	2.98	3.03	3.08	3.12	3.16	3.20	3.23
	0.05	2.61	2.83	2.98	3.10	3.20	3.28	3.35	3.41	3.47	3.52	3.56	3.60	3.64	3.68
	0.01	3.57	3.80	3.97	4.10	4.20	4.29	4.37	4.44	4.50	4.56	4.61	4.66	4.70	4.74
11	0.10	2.17	2.38	2.53	2.64	2.73	2.81	2.88	2.93	2.98	3.03	3.07	3.11	3.15	3.18
	0.05	2.57	2.78	2.93	3.05	3.14	3.22	3.29	3.35	3.40	3.45	3.49	3.53	3.57	3.60
	0.01	3.48	3.71	3.87	3.99	4.09	4.17	4.25	4.31	4.37	4.42	4.47	4.51	4.55	4.59
12	0.10	2.15	2.36	2.50	2.61	2.70	2.78	2.84	2.90	2.95	2.99	3.03	3.07	3.10	3.14
	0.05	2.54	2.75	2.89	3.00	3.09	3.17	3.24	3.29	3.34	3.39	3.43	3.47	3.51	3.54
	0.01	3.42	3.63	3.78	3.90	4.00	4.08	4.15	4.21	4.26	4.31	4.36	4.40	4.44	4.48
14	0.10	2.12	2.32	2.46	2.57	2.65	2.72	2.79	2.84	2.89	2.93	2.97	3.01	3.04	3.07
	0.05	2.49	2.69	2.83	2.94	3.02	3.09	3.16	3.21	3.26	3.30	3.34	3.38	3.41	3.45
	0.01	3.32	3.52	3.66	3.77	3.85	3.93	3.99	4.05	4.10	4.15	4.19	4.23	4.26	4.30
16	0.10	2.10	2.29	2.43	2.53	2.62	2.69	2.75	2.80	2.85	2.89	2.93	2.96	2.99	3.02
	0.05	2.46	2.65	2.78	2.89	2.97	3.04	3.10	3.15	3.20	3.24	3.28	3.31	3.35	3.38
	0.01	3.25	3.43	3.57	3.67	3.75	3.82	3.88	3.94	3.99	4.03	4.07	4.11	4.14	4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 Critical Values of the Studentized Maximum Modulus Distribution (ต่อ)

		Number of comparisons (p)													
ν	α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
18	0.10	2.08	2.27	2.41	2.51	2.59	2.66	2.72	2.77	2.81	2.85	2.89	2.92	2.96	2.99
	0.05	2.43	2.62	2.75	2.85	2.93	3.00	3.05	3.11	3.15	3.19	3.23	3.26	3.29	3.32
	0.01	3.19	3.37	3.50	3.60	3.68	3.74	3.80	3.85	3.90	3.94	3.98	4.01	4.04	4.07
20	0.10	2.07	2.26	2.39	2.49	2.57	2.63	2.69	2.74	2.79	2.83	2.86	2.90	2.93	2.96
	0.05	2.41	2.59	2.72	2.82	2.90	2.96	3.02	3.07	3.11	3.15	3.19	3.22	3.25	3.28
	0.01	3.15	3.32	3.45	3.54	3.62	3.68	3.74	3.79	3.83	3.87	3.91	3.94	3.97	4.00
24	0.10	2.05	2.23	2.36	2.46	2.53	2.60	2.66	2.70	2.75	2.79	2.82	2.85	2.88	2.91
	0.05	2.38	2.56	2.68	2.77	2.85	2.91	2.97	3.02	3.06	3.10	3.13	3.16	3.19	3.22
	0.01	3.09	3.25	3.37	3.46	3.53	3.59	3.64	3.69	3.73	3.77	3.80	3.83	3.86	3.89
30	0.10	2.03	2.21	2.33	2.43	2.50	2.57	2.62	2.67	2.71	2.75	2.78	2.81	2.84	2.87
	0.05	2.35	2.52	2.64	2.73	2.80	2.87	2.92	2.96	3.00	3.04	3.07	3.11	3.13	3.16
	0.01	3.03	3.18	3.29	3.38	3.45	3.51	3.55	3.60	3.64	3.67	3.70	3.73	3.76	3.78
40	0.10	2.01	2.18	2.30	2.40	2.47	2.53	2.58	2.63	2.67	2.71	2.74	2.77	2.80	2.82
	0.05	2.32	2.49	2.60	2.69	2.76	2.82	2.87	2.91	2.95	2.99	3.02	3.05	3.08	3.10
	0.01	2.97	3.12	3.22	3.30	3.37	3.42	3.47	3.51	3.54	3.58	3.61	3.63	3.66	3.68
60	0.10	1.99	2.16	2.28	2.37	2.44	2.50	2.55	2.59	2.63	2.67	2.70	2.73	2.76	2.78
	0.05	2.29	2.45	2.56	2.65	2.72	2.77	2.82	2.86	2.90	2.93	2.96	2.99	3.02	3.04
	0.01	2.91	3.05	3.15	3.23	3.29	3.34	3.38	3.42	3.46	3.49	3.51	3.54	3.56	3.59
∞	0.10	1.95	2.11	2.23	2.31	2.38	2.43	2.48	2.52	2.56	2.59	2.62	2.65	2.67	2.70
	0.05	2.24	2.39	2.49	2.57	2.63	2.68	2.73	2.77	2.80	2.83	2.86	2.88	2.91	2.93
	0.01	2.81	2.93	3.02	3.09	3.14	3.19	3.23	3.26	3.29	3.32	3.34	3.36	3.38	3.40

ที่มา : Sahai & Ageel, 2000, pp. 652–653.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้