การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบที่ไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน

A COMPARISON OF NONPARAMETRIC TEST STATISTICS BETWEEN MEDIANS OF TWO CORRELATED POPULATIONS

กมลวรรณ ศรีเพชร

จิรายุ ไทยพิทักษ์

เจษฎา จงธนโชติ

สุภาพร พวงชะอุ่ม

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A COMPARISON OF NONPARAMETRIC TEST STATISTICS BETWEEN MEDIANS OF TWO CORRELATED POPULATIONS

KAMOLWAN SRIPETCH

JIRAYU THAIPITAK

CHETSADA CHONGTANACHOTE

SUPAPRON PUONGCHAUME

A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED STATISTICS)

DEPARTMENT OF STATISTICS, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบที่ไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน A COMPARISON OF NONPARAMETRIC TEST STATISTICS BETWEEN MEDIANS OF TWO CORRELATED POPULATIONS		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกมลวรรณ	ศรีเพชร	รหัสนักศึกษา 57051070
	นายจิรายุ	ไทยพิทักษ์	รหัสนักศึกษา 57051084
	นายเจษฎา	จงธนโชติ	รหัสนักศึกษา 57051085
	นางสาวสุภาพร	พวงชะอุ่ม	รหัสนักศึกษา 57051188
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2560		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการ	ลายมือชื่อ
ดร.บุญญสิทธิ์ วรจันทร์ ประธานกรรมการ	
ดร.พรรณทิพา วาณิชย์จิรัฐติกาล กรรมการ	
รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบที่ไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน

ชื่อนักศึกษา นางสาวกมลวรรณ ศรีเพชร รหัสนักศึกษา 57051070
นายจิรายุ ไทยพิทักษ์ รหัสนักศึกษา 57051084
นายเจษฎา จงธนโชติ รหัสนักศึกษา 57051085
นางสาวสุภาพร พวงชะอุ่ม รหัสนักศึกษา 57051188

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชา สถิติ

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน ซึ่งมีตัวสถิติทดสอบที่ใช้ศึกษา 3 การทดสอบ คือ ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01 และ 0.05 เมื่อประชากรทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงเหมือนกัน ได้แก่ การแจกแจงปรกติ และการแจกแจงแกมมา กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากัน คือ (10,10), (30,30), (50,50), (70,70) และ (100,100) ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.8 และทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์จำนวน 1,000 ครั้ง

ผลการวิจัยพบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุดในทุกกรณี และกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกกรณี ในขณะที่ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากกว่าตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ในทุกกรณี แต่ทว่าตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายและตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่มีกำลังการทดสอบรองลงมาจากตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันในกรณีที่แตกต่างกัน อีกทั้งค่ากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบที่ได้มีค่าน้อยมากในกรณีที่ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอาจทำให้ตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบนี้เหมาะสมกับการใช้ในกรณีที่ข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติหลายตัวแปรมากกว่าแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร

คำสำคัญ : ประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 กำลังการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A COMPARISON OF NONPARAMETRIC TEST STATISTIC BETWEEN MEDIANS OF TWO CORRELATED POPULATIONS		
Students	Kamolwan	Sripetch	Student ID 57051070
	Jirayu	Thaipitak	Student ID 57051084
	Chetsada	Chongtanachote	Student ID 57051085
	Supapron	Puongchaume	Student ID 57051188
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)		
Department	Statistics		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic year	2017		
Advisor	Assoc.Prof.Saichon Sinsomboonthong		

Abstract

The objective of this project was to evaluate three non-parametric test statistics: Sign Test, Wilcoxon Singed Ranks Test and Permutation Test that were used to compare the medians of two correlated populations. The evaluation was in terms of the test statistics' ability to control the probability of type I error and power of a test at significance levels of 0.01 and 0.05 where the two populations had the same distribution, either normal or gamma distribution. The sizes of the samples from the two populations were set to be the same as follows: (10,10), (30,30), (50,50), (70,70), and (100,100). The correlation coefficients were set to be 0.2, 0.5, and 0.8. Simulated data were run through the statistical software, 1000 times for each combination of these setting values.

From the results of the runs, it was found that Wilcoxon Singed Ranks Test statistic provided the highest ability to control the probability of type I error as well as the highest power of a test for every combination of setting values. However, Sign Test, and Permutation Test for power of a test lower than the Wilcoxon test in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

different cases. Also, the value of the power of a test for three non-parametric test statistics was very little in case of two populations had multivariate gamma distributions. This may cause the three non-parametric test statistics to be suitable for use in case of two populations had multivariate normal distributions more than multivariate gamma distributions.

Keyword : Correlated Populations, Probability of Type I Error, Power of a Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและมีความถูกต้องในเนื้อหา เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษา เอื้อเฟื้อเอกสารต่างๆ และหนังสืออ้างอิง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจทานแก้ไขความถูกต้องตลอดจนติดตามผลงานทุกขั้นตอนของการดำเนินงานในการทำปัญหาพิเศษนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร.บุญญสิทธิ์ วรจันทร์ และ ดร.พรรณทิพา วาณิชย์จิรัฐติกาล คณะกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำข้อบกพร่อง ทำให้ปัญหาพิเศษนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณอัจฉรา แผ้วบาง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำปัญหาพิเศษที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการทำงานมาโดยตลอดจนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

กมลวรรณ ศรีเพชร
จิรายุ ไทยพิทักษ์
เจษฎา จงธนโชติ
สุภาพร พวงชะอุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฑ
คำย่อ/ สัญลักษณ์และคำอธิบาย ..... ด
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 คำจำกัดความในการวิจัย 3
1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน 3
1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.1.1 สถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์ 6
2.1.2 ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย 7
2.1.3 ตัวสถิติทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายแบบจับคู่ของวิลคอกซัน 13
2.1.4 ตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน 19
2.1.5 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเส้นตรงเชิงเดียว 23
2.1.6 ความแตกต่างของความแปรปรวนสำหรับการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง 28
2.2 การแจกแจงต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัย 28
2.2.1 การแจกแจงปรกติหลายตัวแปร 28
2.2.2 การแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร 29
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 32
3.1 การวางแผนการวิจัย 32
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย 49
3.3 ขั้นตอนโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย 51
บทที่ 4 ผลการวิจัย 53
4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 53
4.1.1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 53
4.1.2 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 56
4.1.3 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 67
4.1.4 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 69
4.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ 79
4.2.1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 80
4.2.2 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 82
4.2.3 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 93
4.2.4 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 95
4.3 สรุปผลการทดลอง 105
4.3.1 สรุปผลความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 105
4.3.2 สรุปการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ 106
4.3.3 สรุปผลความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ 107
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 108
5.1 สรุปผลการวิจัย 108
5.2 อภิปรายผล 109
5.3 ข้อเสนอแนะ 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม..... 112
ภาคผนวก..... 114
ภาคผนวก ก..... 115
ภาคผนวก ข..... 130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 เกณฑ์ของค่าความแปรปรวนที่มาใช้ในการศึกษา..... 32

3.2 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2)
กรณี 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากันและความแปรปรวนเท่ากัน..... 33

3.3 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2)
กรณี 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากัน แต่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน..... 34

3.4 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2)
กรณี 3 ค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน แต่ความแปรปรวนเท่ากัน..... 35

3.5 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2)
กรณี 4 ค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันและความแปรปรวนไม่เท่ากัน 36

3.6 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β)
กรณี 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากันและความแปรปรวนเท่ากัน..... 37

3.7 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β)
กรณี 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากัน แต่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน..... 38

3.8 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β)
กรณี 3 ค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน แต่ความแปรปรวนเท่ากัน..... 39

3.9 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β)
กรณี 4 ค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันและความแปรปรวนไม่เท่ากัน 40

3.10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ตามกรณี 1..... 41

3.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ตามกรณี 2..... 42

3.12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ตามกรณี 3..... 43

3.13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ตามกรณี 4..... 44

3.14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ตามกรณี 1..... 45

3.15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ตามกรณี 2..... 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.16 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ตามกรณี 3..... 47
3.17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ตามกรณี 4..... 48
4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 1..... 54
4.2 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 2..... 55
4.3 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 1..... 56
4.4 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 2..... 57
4.5 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2..... 64
4.6 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5..... 65
4.7 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8..... 66
4.8 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 1..... 67
4.9 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 2..... 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 1 69
4.11 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 2 70
4.12 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 77
4.13 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5 78
4.14 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8 79
4.15 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 3 80
4.16 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 4 81
4.17 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 3 82
4.18 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 4 83
4.19 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบ
ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.20 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบ
ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5 91
4.21 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบ
ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8 92
4.22 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 3 93
4.23 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 4 94
4.24 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 3 95
4.25 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูล
ประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 4 96
4.26 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบ
ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 103
4.27 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบ
ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5 104
4.28 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบ
ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.29 ตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของ
ความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีที่สุดในกรณีต่างๆ..... 106
4.30 ตัวสถิติทดสอบที่ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุดในกรณีต่างๆ..... 106
4.31 ตัวสถิติทดสอบที่สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
ได้ดีที่สุด 3 ลำดับ และตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด 3 ลำดับ..... 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2 27

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5 27

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8 27

3.2 ขั้นตอนการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 51

3.2 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการทดสอบ 52

4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,3))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 58

4.2 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(9,9))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 59

4.3 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(27,27))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 60

4.4 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,1))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 61

4.5 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,9))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 62

4.6 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,27))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 63

4.7 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,27),(1/3,1/3))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 71

4.8 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((9,9),(1,1))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((3,3),(3,3))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 73
4.10 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,81),(1/3,1/9))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 74
4.11 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,9),(1/3,1))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 75
4.12 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,3),(1/3,3))$
และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 76
4.13 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,3))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 84
4.14 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(9,9))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 85
4.15 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(27,27))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 86
4.16 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,1))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 87
4.17 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,9))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 88
4.18 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,27))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 89
4.19 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร
$(X_1,X_2) \sim MG((27,48),(1/3,1/4))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.20 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((9,16),(1,3/4))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 98

4.21 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((3,5),(3,58/25))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 99

4.22 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,144),(1/3,1/12))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 100

4.23 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,16),(1/3,3/4))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 101

4.24 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,5),(1/3,58/25))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ 102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/ สัญลักษณ์และคำอธิบาย

คำย่อ/ สัญลักษณ์	คำอธิบาย
1. W	ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน
2. S	ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย
3. P	ตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน
4. B	มีค่าในช่วงตามเกณฑ์ของ Bradley
5. - - - - - -	เกณฑ์ของ Bradley
6. ···*···	เส้นกราฟของตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน
7. – –•– –	เส้นกราฟของตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย
8. ——•——	เส้นกราฟของตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน
9. *	กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น
10. -	กำลังการทดสอบสูงที่ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley
11. r	ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในงานวิจัยนั้นได้รับการพัฒนามาเพื่อใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่ต่างกัน เพื่อให้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้ในการหาข้อสรุปไปยังประชากร ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้วิจัยต้องรู้จักเลือกใช้ให้เหมาะสมกับคุณลักษณะของข้อมูล โดยเฉพาะตัวสถิติทดสอบ (Test Statistics) ความแตกต่างระหว่างประชากร 2 กลุ่มซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันมากในงานวิจัย (กุสุมา, ชลิตา, รมิตา: 2558)

วิธีการทางสถิติที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยมากวิธีหนึ่ง คือ การทดสอบสมมติฐานที่เกี่ยวกับความแตกต่างกันของค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่ม ซึ่งจำแนกได้เป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ข้อมูล 2 กลุ่มไม่สัมพันธ์กัน และกรณีที่ข้อมูล 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน สำหรับการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างกันของค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มในกรณีที่ข้อมูล 2 กลุ่มสัมพันธ์กันนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อกำหนดเบื้องต้นในการใช้ที่แตกต่างกัน (อานนท์: 2555) เช่น ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย (Sign test for two related sample) จะดูคู่ความต่างระหว่างคู่นั้นๆ แล้วให้เครื่องหมายบวก (+) หรือเครื่องหมายลบ (–) แล้วนับจำนวนเครื่องหมายบวกหรือเครื่องหมายลบ ส่วนตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน (Wilcoxon matched-pairs singed-ranks test) จะใช้ทั้งขนาดและเครื่องหมายของความแตกต่างของข้อมูล และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ (Randomization test for matched pair or Permutation test for paired replicated) จะใช้ทดสอบกับประชากรคู่ (paired observation) โดยมีสมมติฐานว่าทรีทเมนต์สองทรีทเมนต์ที่กระทำต่อประชากรคู่นี้แตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบนี้ใช้เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน อีกทั้งยังเป็นตัวสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์ (Non-Parametric statistics) ซึ่งไม่ต้องการข้อกำหนดเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงความน่าจะเป็นของประชากร นั่นคือข้อมูลไม่จำเป็นต้องมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ และข้อมูลต้องอยู่ในมาตราอันดับ (Ordinal scale) เป็นอย่างน้อย

จากงานวิจัยของอานนท์ (2555) พบว่าเมื่อทดสอบค่ากลางของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กันโดยใช้ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และตัวสถิติทดสอบที กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ข้อมูลที่ศึกษาเป็นข้อมูลมาตราอันดับซึ่งถูกสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ การแจกแจงเอกรูป การแจกแจงเบ้ซ้าย และเบ้ขวา ขนาดตัวอย่างที่ศึกษา 5 ขนาด ได้แก่ 10, 30, 50, 70 และ 100 และขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างประชากร 2 กลุ่ม 3 ระดับ ได้แก่ 0.2, 0.5 และ 0.7 ได้ผลสรุปว่าในกรณีของความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 1 ตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีที่สุดในทุกกรณี รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน ส่วนตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 น้อยที่สุด และในกรณีของกำลังการทดสอบ ตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกกรณี รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน ส่วนตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีกำลังการทดสอบต่ำที่สุด จากงานวิจัยของลลิตา (2554) พบว่าเมื่อทดสอบค่ากลางของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์โดยใช้ตัวสถิติทดสอบที และตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยศึกษาในกรณีที่ผลต่างของข้อมูลสองกลุ่ม (D_i) มีการแจกแจงปรกติ การแจกแจงเอกรูป และการแจกแจงกัมเบล และค่าเฉลี่ยของ D_i มีค่าเท่ากับ 0, 1, 2 และ 3 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40, 80 และ 160 ได้ผลสรุปว่าตัวสถิติทดสอบทีและตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เมื่อค่าของผลต่าง D_i มีการแจกแจงปรกติและการแจกแจงเอกรูปในทุกขนาดตัวอย่าง อย่างไรก็ตามในกรณีที่ค่าของผลต่าง D_i มีการแจกแจงกัมเบล ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ และตัวสถิติทดสอบทีมีกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันในทุกกรณี

จากการกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้ทำปัญหาพิเศษสนใจจะศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบ 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน โดยพิจารณาจากความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Probability of type I error) และกำลังการทดสอบ (Power of a test) เพื่อให้ทราบถึงตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูลทำได้โดยใช้โปรแกรมอาร์ (R)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบที่ไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์ ด้วยตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่

2. เพื่อเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบที่ไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์

3. เพื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ ซึ่งแบ่งขนาดของตัวอย่าง (n_1, n_2) ออกเป็น (10,10), (30,30), (50,50), (70,70) และ (100,100) การแจกแจงที่นำมาศึกษา คือ การแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร มีการทำซ้ำ 1,000 ครั้งในแต่ละกรณี และใช้เกณฑ์การทดสอบของ Bradley ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 กำหนดระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบ 2 ระดับ คือ 0.01 และ 0.05 กำหนดค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.8 และใช้โปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.4.3 ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล

1.4 คำจำกัดความในการวิจัย

1. ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Probability of type I error) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

2. กำลังการทดสอบ (Power of a test) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นเท็จ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.4.3 โดยกำหนดให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้งสองกลุ่ม การแจกแจงที่นำมาใช้ ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ขนาดของตัวอย่าง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามขอบเขตของการวิจัย

2. ทำการทดสอบการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบ 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรมอาร์ (R) และนำค่าตัวสถิติทดสอบที่คำนวณได้ไปคำนวณค่าพี (p-value) และทำการเปรียบเทียบค่าพีกับระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 เพื่อสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานว่าง

3. ทำการบันทึกจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง โดยใช้เกณฑ์ในการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง คือ ถ้าพบว่าในการทดสอบครั้งใดมีการปฏิเสธสมมติฐานว่างเกิดขึ้นไม่ว่ากี่สมมติฐาน จะถือว่าผลการทดสอบในครั้งนั้นเป็นการปฏิเสธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานว่าง และทำการบันทึกจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง ทำซ้ำจนครบ 1,000 ครั้ง

4. หาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยนำจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริงหารด้วย 1,000 ได้สูตรดังนี้

$$\text{ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นจริง}}{1000}$$

5. เปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละตัวสถิติทดสอบตามเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าค่าที่ได้มีค่าในช่วง (0.025-0.075) และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ถ้าค่าที่ได้มีค่าในช่วง (0.005-0.015) จะสรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

6. จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.4.3 โดยกำหนดให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันทั้งสองกลุ่ม การแจกแจงที่นำมาใช้ ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ขนาดของตัวอย่าง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามขอบเขตของการวิจัย

7. ทำการทดสอบการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบ 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรมอาร์ (R) และนำค่าตัวสถิติทดสอบที่คำนวณได้ไปคำนวณค่าพี (p-value) และทำการเปรียบเทียบค่าพีกับระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 เพื่อสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานว่าง

8. ทำการบันทึกจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานว่างเป็นเท็จ โดยใช้เกณฑ์ในการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง คือ ถ้าพบว่าในการทดสอบครั้งใดมีการปฏิเสธสมมติฐานว่างเกิดขึ้นไม่ว่ากี่สมมติฐาน จะถือว่าผลการทดสอบในครั้งนั้นเป็นการปฏิเสธสมมติฐานว่าง และทำการบันทึกจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานว่างเป็นเท็จ ทำซ้ำจนครบ 1,000 ครั้ง

9. หากำลังการทดสอบโดยนำจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) เมื่อสมมติฐานว่างเป็นเท็จหารด้วย 1,000 ได้สูตรดังนี้

$$\text{กำลังการทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นเท็จ}}{1000}$$

10. เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ โดยตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยวิธีการทดสอบความเท่ากันของค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน โดยการใช้ตัวสถิติทดสอบอื่นๆ ด้วย

2. ทำให้เลือกใช้วิธีการทดสอบความเท่ากันของค่ามัธยฐานได้อย่างเหมาะสมกับประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน โดยทำการวัดประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley และกำลังการทดสอบซึ่งจะศึกษาเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การแจกแจงต่างที่ใช้ในงานวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 สถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics)

โวลโฟวิท (Wolfowitz: 1942) เป็นบุคคลแรกที่ได้นำสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) มาใช้ ซึ่งสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์เป็นการทดสอบสมมติฐานที่ไม่เกี่ยวข้องกับค่าของพารามิเตอร์ แต่สัมพันธ์กับแบบของสมมติฐานที่ต้องการจะทดสอบ และมักจะถูกนำมาใช้ดังนี้ (สำรวม: 2548)

1. ตัวแปรที่ต้องการวัดอยู่ในมาตรวัดระดับใดก็ได้ (Nominal Scale, Ordinal Scale, Interval Scale หรือ Ratio Scale)
2. ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่างมีการแจกแจงแบบใดก็ได้ (Distribution Free)
3. ประชากรแต่ละกลุ่มที่นำมาศึกษาไม่จำเป็นต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน
4. ตัวอย่างมีขนาดเล็ก

2.1.1.1 ข้อจำกัดของสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์

1. การนำสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์มาทดสอบกับข้อมูลที่ได้จากการวัดที่เหมาะสมกับการใช้สถิติที่อิงพารามิเตอร์ จะทำให้ประสิทธิภาพการทดสอบนั้นต่ำลง เพราะทำให้เกิดการสูญเสียสารสนเทศของข้อมูล คือ ทำให้ข้อมูลนั้นอยู่ในมาตรวัดที่ต่ำกว่าเดิม

2. การทดสอบโดยใช้สถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์มีความไวในการทดสอบน้อยกว่าการทดสอบโดยใช้สถิติที่อิงพารามิเตอร์ นั่นคือก่อนที่จะทำการปฏิเสธสมมติฐานว่าง ควรต้องคำนึงถึงหลักฐาน หรือการอ้างอิงที่แกร่งพอสมควร

3. กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ การนำสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์มาทำการคำนวณอาจต้องใช้ค่าโดยประมาณ (Approximation) ทำให้การคำนวณยุ่งยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 ข้อดีของสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์

1. สามารถนำมาใช้ในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดเล็ก ไม่ทราบการแจกแจงของประชากรและข้อมูลอยู่ในมาตรวัดระดับใดก็ได้

2. การคำนวณง่ายไม่ซับซ้อน เข้าใจได้ไม่ยาก

3. ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีกว่าสถิติที่อิงพารามิเตอร์

2.1.2 ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย (Sign Test for Two Related Sample) (สายชล: 2552)

เป็นการทดสอบที่เก่าแก่ที่สุดและง่ายที่สุด มีลักษณะคล้ายกับการทดสอบเครื่องหมายสำหรับตัวอย่าง 1 กลุ่ม ซึ่งการทดสอบนี้เป็นการทดสอบความแตกต่างของประชากร 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน โดยดูคู่ความต่างระหว่างคู่นั้นๆ แล้วให้เครื่องหมาย + หรือ – แล้วนับจำนวนเครื่องหมาย + หรือ – ถ้าประชากรทั้ง 2 กลุ่ม มีค่ามัธยฐานไม่แตกต่างกัน จำนวนเครื่องหมาย + หรือ – จะมีค่าพอๆ กัน แต่ถ้าจำนวนเครื่องหมาย + หรือ – แตกต่างกัน แสดงว่าประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีค่ามัธยฐานแตกต่างกัน

ข้อกำหนดเบื้องต้น (Assumption)

1. สุ่มตัวอย่าง n คู่ โดยแต่ละคู่อาจใช้หน่วยตัวอย่างเดียวกันหรือใช้หน่วยตัวอย่างคนละหน่วย โดยมีการควบคุมลักษณะอื่นๆ ที่ไม่ต้องการวัดให้เหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด จะได้ค่า $(X_1,Y_1),...,(X_n,Y_n)$

2. ตัวอย่างทั้งคู่ n เป็นอิสระกัน

3. ข้อมูลมีมาตรวัดอย่างน้อยแบบเรียงลำดับ (Ordinal scale)

4. ค่าตัวแปร X_i และ Y_i เป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous)

จากข้อมูล $(X_1,Y_1),...,(X_n,Y_n)$ ให้เปรียบเทียบค่า X_i และ Y_i ภายในแต่ละคู่

ถ้าค่า $X_i > Y_i$ จะให้เครื่องหมาย +

ถ้าค่า $X_i < Y_i$ จะให้เครื่องหมาย –

ถ้าค่า $X_i = Y_i$ เกิดค่าสังเกตซ้ำกัน (ties) จะตัดข้อมูลคู่นั้นออกไป จึงทำให้ขนาดตัวอย่าง n ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน (Hypothesis)

ในที่นี้พิจารณาเครื่องหมาย + และ – โดยถ้าประชากรทั้ง 2 กลุ่ม มีค่ามัธยฐานไม่แตกต่างกัน ก็ควรจะมีจำนวนเครื่องหมาย + และ – พอๆ กัน นั่นคือความน่าจะเป็นที่จะได้เครื่องหมาย + มีค่าเท่ากับความน่าจะเป็นที่จะได้เครื่องหมาย – หรือต่างก็มีค่าเท่ากับ 0.5 นั่นคือ $P(+) = P(-) = 0.5$

การทดสอบแบบสองหาง

$$H_0 : P(+) = P(-)$$
$$H_1 : P(+) \neq P(-)$$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านขวา

$$H_0 : P(+) = P(-)$$
$$H_1 : P(+) > P(-)$$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านซ้าย

$$H_0 : P(+) = P(-)$$
$$H_1 : P(+) < P(-)$$

โดยที่ $P(+)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะได้เครื่องหมาย +

$P(-)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะได้เครื่องหมาย –

ตัวสถิติทดสอบ (Test Statistic)

T = จำนวนคู่ที่เป็นเครื่องหมาย + หรือจำนวนคู่ที่ X_i มากกว่า Y_i

ขั้นแรกให้ตัดค่าสังเกตซ้ำกัน (ties) ออก และให้ n แทนจำนวนเครื่องหมาย + หรือ – รวมกัน โดยไม่รวมคู่ที่เป็น ties (ค่าที่เป็น 0)

ตัวอย่างมีขนาดเล็ก ($n \leq 20$)

การแจกแจงตัวสถิติทดสอบ T เมื่อ H_0 เป็นจริง จะเป็นทวินามโดยมี $p = q = 0.5$

การทดสอบแบบสองหาง

$$H_0 : P(+) = P(-)$$
$$H_1 : P(+) \neq P(-)$$

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 \neq M_2$

อาณาเขตวิกฤต คือ $P(X \leq t) = \frac{\alpha}{2}$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T \leq t$ หรือ $T \geq n - t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบบหางเดียวด้านขวา

$H_0 : P(+) = P(-)$

$H_1 : P(+) > P(-)$

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 > M_2$

อาณาเขตวิกฤต คือ $P(X \le t) = \alpha$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T \ge n - t$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านซ้าย

$H_0 : P(+) = P(-)$

$H_1 : P(+) < P(-)$

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 < M_2$

อาณาเขตวิกฤต คือ $P(X \le t) = \alpha$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T \le t$

ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ $(n > 20)$

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ จำนวนของความสำเร็จจะประมาณการแจกแจงปรกติ โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X) = np$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $SD(X) = \sqrt{V(X)} = \sqrt{npq}$

$$T = E(X) + Z\sqrt{(V(X))} = np + Z\sqrt{npq}$$

หรืออาจหาจาก $Z = \dfrac{t - np}{\sqrt{npq}}$ เมื่อ $p = q = \dfrac{1}{2}$

โดยที่ p คือ ความน่าจะเป็นที่มีเครื่องหมาย + ภายใต้ H_0 จะได้ $p = \dfrac{1}{2}$

การทดสอบแบบสองหาง

$H_0 : P(+) = P(-)$

$H_1 : P(+) \ne P(-)$

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 \ne M_2$

ตัวสถิติทดสอบ

$$t = \frac{1}{2}(n - Z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{n})$$

หรือ $$n - t = \frac{1}{2}(n + Z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{n})$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T \le t$ หรือ $T \ge n - t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบบหางเดียวด้านขวา

$$H_0 : P(+) = P(-)$$
$$H_1 : P(+) > P(-)$$

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 > M_2$

ตัวสถิติทดสอบ

$$t = \frac{1}{2}(n - Z_\alpha\sqrt{n})$$

หรือ $$n - t = \frac{1}{2}(n + Z_\alpha\sqrt{n})$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T \geq n - t$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านซ้าย

$$H_0 : P(+) = P(-)$$
$$H_1 : P(+) < P(-)$$

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 < M_2$

ตัวสถิติทดสอบ

$$t = \frac{1}{2}(n - Z_\alpha\sqrt{n})$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T \leq t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2.1 ผู้วิจัยท่านหนึ่งได้ทำการศึกษาการตัดสินใจของสามีภรรยาเกี่ยวกับการซื้อบ้าน จึงสุ่มตัวอย่างสามีภรรยา 17 คู่ เพื่อสอบถามอิทธิพลในการยอมรับ ซึ่งสามีภรรยาแต่ละคู่ควรจะมีการตัดสินใจต่างๆ กัน อิทธิพลในการตัดสินใจของแต่ละคู่วัดด้วยสเกล 7 จุด (seven-point rating scale) โดยที่ 1 หมายถึง ภรรยามีอำนาจในการตัดสินใจอย่างเด็ดขาด 7 หมายถึง สามีมีอำนาจในการตัดสินใจอย่างเด็ดขาด และค่าระหว่างกลางๆ หมายถึง สามีและภรรยามีอำนาจในการตัดสินใจพอๆ กัน ข้อมูลที่ได้ดังต่อไปนี้ (สายชล: 2552)

คู่ที่	อิทธิพลในการตัดสินใจ		คู่ที่	อิทธิพลในการตัดสินใจ	
	สามี	ภรรยา		สามี	ภรรยา
1	5	3	10	4	3
2	4	3	11	5	2
3	6	4	12	4	2
4	6	5	13	4	5
5	3	3	14	7	2
6	2	3	15	5	5
7	5	2	16	5	3
8	3	3	17	5	1
9	1	2			

จงทดสอบว่าสามีมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อบ้านมากกว่าภรรยาหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีที่ 1 การคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

วิธีทำ สมมติฐาน

H_0 : สามีและภรรยามีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อบ้านพอๆ กัน

H_1 : สามีมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อบ้านมากกว่าภรรยา

หรือ $H_0 : P(+) = P(-)$

$H_1 : P(+) > P(-)$

เราใช้การทดสอบโดยใช้เครื่องหมายได้ เนื่องจากเป็นตัวอย่างแบบจับคู่ โดยที่เครื่องหมาย + หมายถึง สามีมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อบ้านมากกว่าภรรยา และเครื่องหมาย – หมายถึง ภรรยามีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อบ้านมากกว่าสามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่ที่	อิทธิพลในการตัดสินใจ		เครื่องหมาย	คู่ที่	อิทธิพลในการตัดสินใจ		เครื่องหมาย
	สามี	ภรรยา			สามี	ภรรยา	
1	5	3	+	10	4	3	+
2	4	3	+	11	5	2	+
3	6	4	+	12	4	2	+
4	6	5	+	13	4	5	-
5	3	3	0	14	7	2	+
6	2	3	-	15	5	5	0
7	5	2	+	16	5	3	+
8	3	3	0	17	5	1	+
9	1	2	-				

1.1 พิจารณาจากค่าวิกฤต (Critical Value)

T = จำนวนเครื่องหมาย +

= 11

n = จำนวนเครื่องหมาย + และ – รวมกัน โดยไม่รวมคู่ที่เป็น ties

= 14

ในที่นี้ $n = 14$, $p = 0.5$ เปิดตารางภาคผนวก ตารางที่ ข1 โดยหาความน่าจะเป็นที่มีค่าใกล้เคียงกับ $\alpha = 0.05$ มากที่สุด

จะได้ $P(X \leq 3) = 0.0287$

ดังนั้น $t = 3$ และ $n - t = 11$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T \geq 11$

เนื่องจาก T ที่ได้จากการนับจำนวนเครื่องหมาย + = 11 ซึ่งตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0

ดังนั้น สามีมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อบ้านมากกว่าภรรยา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.2 พิจารณาจากค่าพี (p-value)

$$\text{p-value} = P(T \geq 11)$$
$$= 1 - P(T \leq 10)$$
$$= 1 - 0.9713$$
$$= 0.0287 < \alpha(= 0.05)$$

จึงปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$

ดังนั้น สามีมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อบ้านมากกว่าภรรยา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่ 2 การคำนวณโดยใช้โปรแกรม R

การเขียนคำสั่ง

```
c <- c(5,4,6,6,3,2,5,3,1,4,5,4,4,7,5,5,5)
d <- c(3,3,4,5,3,3,2,3,2,3,2,2,5,2,5,3,1)
f <- c-d
SIGN.test(c,d,alternative = "greater")
```

ผลลัพธ์จากโปรแกรม

```
        Dependent-samples Sign-Test

data:  c and d
S = 11, p-value = 0.02869
alternative hypothesis: true median difference is greater than 0
```

ดังนั้น S = 11 และ p-value = 0.02869 ซึ่งตรงกับวิธีคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

2.1.3 ตัวสถิติทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายแบบจับคู่ของวิลคอกซัน (Wilcoxon Matched-Pairs Singed-Ranks Test) (สายชล: 2552)

เป็นวิธีการทดสอบที่พัฒนามาจากการทดสอบเครื่องหมายสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน (Sign test for two related sample) แต่นำเอาขนาดความแตกต่างของข้อมูลแต่ละคู่มาพิจารณาด้วย นอกจากจะพิจารณาเครื่องหมายในแต่ละคู่แล้ว โดยยึดหลักที่ว่าถ้าค่ามัธยฐานของประชากรทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันแล้ว ผลรวมของลำดับที่ของความแตกต่างที่มีเครื่องหมายบวก (+) และเครื่องหมายลบ (–) น่าจะใกล้เคียงกัน ดังนั้นการทดสอบแบบนี้จะมีกำลังการทดสอบมากกว่าและมีความไว (sensitive) ในการทดสอบมากกว่าการทดสอบเครื่องหมายสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากใช้ข้อมูลได้สมบูรณ์กว่า คือ ใช้ทั้งขนาดและเครื่องหมายของความแตกต่างของข้อมูล ข้อมูลอยู่ในมาตรวัดอย่างน้อยเป็นแบบช่วง (Interval scale)

ข้อกำหนดเบื้องต้น (Assumption)

1. ค่า (X_i, Y_i) แต่ละคู่มีลักษณะต่างๆ ที่ไม่ต้องการทดสอบความคล้ายคลึงกันมากที่สุด
2. ค่า $D_i = X_i - Y_i$ เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องและเป็นอิสระกัน
3. ค่า D_i มีการแจกแจงแบบสมมาตร
4. ค่า D_i มีมาตราวัดอย่างน้อยเป็นแบบช่วง (Interval scale)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน (Hypothesis)

การทดสอบแบบสองหาง

H_0 : ค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่ม แตกต่างกัน

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 \neq M_2$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านขวา

H_0 : ค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของประชากรกลุ่มที่ 1 มากกว่ากลุ่มที่ 2

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 > M_2$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านซ้าย

H_0 : ค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของประชากรกลุ่มที่ 1 น้อยกว่ากลุ่มที่ 2

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 < M_2$

เมื่อ M_1 คือ มัธยฐานของประชากรที่ตัวอย่างขนาด n_1 สุ่มมา

M_2 คือ มัธยฐานของประชากรที่ตัวอย่างขนาด n_2 สุ่มมา

วิธีการทดสอบ

1. หาค่าผลต่างของข้อมูลแต่ละคู่โดยคิดเครื่องหมาย นั่นคือ

D_i = ผลต่างของค่าข้อมูลคู่ที่ i

$= X_i - Y_i$

2. ให้ลำดับแก่ค่า D_i จากค่าน้อยที่สุดไปหาค่าที่มากที่สุด โดยให้ค่าน้อยที่สุดเป็นลำดับที่ 1 ค่ามากที่สุดเป็นลำดับที่ n ถ้าผลต่างเท่ากันให้ใช้ลำดับที่เฉลี่ย แต่ถ้าผลต่างเป็น 0 แสดงว่าเกิด ties ให้ตัดทิ้งไป จะไม่นำมาพิจารณาในการจัดลำดับ ทำให้ขนาดตัวอย่าง n ลดลง

3. ให้เครื่องหมายแก่ลำดับในข้อที่ 2 ตามเครื่องหมายเดิมของ D_i

4. หาผลรวมของลำดับที่มีเครื่องหมายเหมือนกัน

ให้ $T_{(+)}$ = ผลรวมของลำดับที่มีเครื่องหมาย +

$T_{(-)}$ = ผลรวมของลำดับที่มีเครื่องหมาย –

5. กำหนดตัวสถิติทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างมีขนาดเล็ก $(n \leq 30)$

การทดสอบแบบสองหาง

$$H_0 : M_1 = M_2$$
$$H_1 : M_1 \neq M_2$$

ตัวสถิติทดสอบ $T = \min(T_{(+)}, T_{(-)})$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T \leq T_{\frac{\alpha}{2},n}$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านขวา

$$H_0 : M_1 = M_2$$
$$H_1 : M_1 > M_2$$

ตัวสถิติทดสอบ $T_{(-)}$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T_{(-)} \leq T_{\alpha,n}$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านซ้าย

$$H_0 : M_1 = M_2$$
$$H_1 : M_1 < M_2$$

ตัวสถิติทดสอบ $T_{(+)}$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T_{(+)} \leq T_{\alpha,n}$

ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ $(n > 30)$

เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ จากทฤษฎีขีดจำกัดสู่ส่วนกลาง (Central Limit Theorem) จะได้ว่าตัวสถิติทดสอบ T ภายใต้ H_0 จะมีการแจกแจงโดยประมาณใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนดังนี้

$$\mu_T = E(T) = \frac{n(n+1)}{4}$$
$$\sigma_T^2 = V(T) = \frac{n(n+1)(2n+1)}{24}$$

แปลงให้เป็นค่า Z จะได้

$$Z = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T} \sim N(0,1)$$ การหาอาณาเขตวิกฤตให้หาจากค่า Z

การทดสอบแบบสองหาง

$$H_0 : M_1 = M_2$$
$$H_1 : M_1 \neq M_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสถิติทดสอบ

$$z = \frac{T - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $Z > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $Z < -Z_{\frac{\alpha}{2}}$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านขวา

$H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 > M_2$

ตัวสถิติทดสอบ

$$z = \frac{T_{(-)} - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $Z > Z_{\alpha}$

การทดสอบแบบหางเดียวด้านซ้าย

$H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 < M_2$

ตัวสถิติทดสอบ

$$z = \frac{T_{(+)} - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $Z < -Z_{\alpha}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2.2 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเลือดในคนไข้ที่เป็นโรคเส้นเลือดตีบตัน ข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ยของแรงดันในเส้นเลือดแดงที่ไปสู่ปอด (หน่วย : มิลลิเมตรปรอท) ของคนไข้ 9 คน ก่อนได้รับการทำกายภาพบำบัด และ 24 ชั่วโมง ภายหลังจากได้รับการทำกายภาพบำบัด จากข้อมูลที่มีอยู่นี้มีเหตุผลเพียงพอที่จะกล่าวได้หรือไม่ว่าการทำกายภาพบำบัดทำให้แรงดันในเส้นเลือดแดงที่ไปสู่ปอดลดต่ำลง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (สายชล: 2552)

คนไข้คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 ชั่วโมง	33	17	30	25	27	25	31	20	18
24 ชั่วโมง	21	17	32	13	33	20	19	23	9

วิธีที่ 1 การคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

วิธีทำ สมมติฐาน

H_0 : แรงดันในเลือดที่ไปสู่ปอดก่อนทำกายภาพบำบัดไม่ได้มากกว่าภายหลังจากได้รับการทำกายภาพบำบัด

H_1 : แรงดันในเลือดที่ไปสู่ปอดก่อนทำกายภาพบำบัดมากกว่าภายหลังจากได้รับการทำกายภาพบำบัด

หรือ $H_0 : M_1 = M_2$

$H_1 : M_1 > M_2$

คนไข้คนที่	แรงดันเลือด		ผลต่างของแรงดันเลือด	ลำดับที่ของผลต่าง	ลำดับที่ตามเครื่องหมาย	
	0 ชั่วโมง X_i	24 ชั่วโมง Y_i	$D_i = X_i - Y_i$	$\lvert D_i \rvert$	บวก	ลบ
1	33	21	12	6.5	6.5	
2	17	17	0	-		
3	30	32	-2	1		-1
4	25	13	12	6.5	6.5	
5	27	33	-6	4		-4
6	25	20	5	3	3	
7	31	18	13	8	8	
8	20	23	-3	2		-2
9	18	9	9	5	5	
รวม					29	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 พิจารณาจากค่าวิกฤต (Critical Value)

T = ผลรวมของลำดับที่มีเครื่องหมาย –

= 7

n = จำนวนลำดับที่มีอยู่ทั้งหมด (ไม่รวม ties)

= 8

จากตารางภาคผนวก ตารางที่ ข2 ที่ $\alpha = 0.05$ และ $n = 8$ จะได้ $T_{0.05,8} = 5$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $T_{(-)} \leq T_{0.05,8} = 5$

เนื่องจาก $T_{(-)} = 7 > 5$ ซึ่งไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$

ดังนั้น ไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะกล่าวว่าการทำกายภาพบำบัดทำให้แรงดันในเส้นเลือดแดงที่ไปสู่ปอดลดต่ำลง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.2 พิจารณาจากค่าพี (p-value)

p-value = $P(T_{(-)} \geq 10)$

= $0.07042 > \alpha(= 0.05)$

จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$

ดังนั้น ไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะกล่าวว่าการทำกายภาพบำบัดทำให้แรงดันในเส้นเลือดแดงที่ไปสู่ปอดลดต่ำลง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีที่ 2 การคำนวณโดยใช้โปรแกรม R

การเขียนคำสั่ง

```
x <- c(33,17,30,25,27,25,31,20,18)
z <- c(21,17,32,13,33,20,17,23,9)
wilcox.test(z,x,paired = TRUE,
            alternative = "l",conf.level = 0.99,exact = F
            ,correct = T)
```

ผลลัพธ์จากโปรแกรม

```
        Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data:  z and x
V = 7, p-value = 0.0705
alternative hypothesis: true location shift is less than 0
```

ดังนั้น V = 7 และ p-value = 0.0705 ซึ่งตรงกับวิธีคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน (Randomization Test for Matched-Pair or Permutation Test for Paired Replicates or Raw Score Test) (อุมาพร: 2541)

การทดสอบนี้นอกจากสามารถใช้ทดสอบกับประชากรคู่ (paired observation) โดยมีสมมติฐานว่าทรีทเมนต์ 2 ทรีทเมนต์ที่กระทำต่อประชากรคู่นี้แตกต่างกันหรือไม่ ยังเป็นการทดสอบที่แสดงให้เห็นถึงวิธีการและแนวคิดของตัวสถิติทดสอบที่ไม่อิงพารามิเตอร์ เนื่องจากการหาอาณาเขตวิกฤตและค่าระดับนัยสำคัญที่แท้จริงจะหาจากข้อมูลตัวอย่างโดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องมีข้อกำหนดเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงปรกติหรือต้องมีความแปรปรวนเท่ากันใน 2 ประชากร มักถูกนำเสนอในตอนต้นๆ ของหนังสือทางสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์ เพื่อแสดงถึงแนวคิดและวิธีการที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยรูปร่างของโค้งการแจกแจง การทดสอบนี้ภายใต้เงื่อนไขหนึ่งจะมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดของสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์

ข้อมูล

ประกอบด้วยตัวแปรสุ่ม (X_i,Y_i) n' คู่ คือ $(X_1,Y_1),(X_2,Y_2),...,(X_n,Y_n)$ ซึ่งมีมาตรวัดอย่างน้อยแบบอันตรภาค ในแต่ละคู่หาผลต่างระหว่างค่าข้อมูลคือ $X_i - Y_i$ สำหรับค่า $X_i - Y_i = 0$ จะไม่นำมาพิจารณา ให้จำนวนคู่ที่เหลือแทนด้วย $n(n \le n')$ และให้ค่าผลต่างของ $X_i - Y_i$ ที่ไม่เป็น $0 = d_i$ โดยที่ $i = 1,..,n$

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1 การแจกแจง แต่ละ d_i มีลักษณะสมมาตรที่ค่า 0

2 ค่า d_i เป็นอิสระกัน

3 ค่า d_i มีค่ามัธยฐานเดียวกัน

4 มาตราวัดของค่า d_i อย่างน้อยเป็นแบบอันตรภาค

สมมติฐาน สามารถทดสอบได้ทั้งหางเดียวหรือสองหาง เช่น

$$H_0 : M_1 = M_2$$
$$H_1 : M_1 \neq M_2$$

หรือ $H_0 : M_1 \le M_2$
$$H_1 : M_1 > M_2$$

หรือ $H_0 : M_1 \ge M_2$
$$H_1 : M_1 < M_2$$

เมื่อ M_1 และ M_2 คือค่ามัธยฐานของประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสถิติทดสอบ

$$= \sum_{i=1}^{n} d_i$$

วิธีการทดสอบ

เนื่องจากการให้ทรีทเมนต์แก่ตัวอย่างคู่กระทำโดยสุ่ม เช่น ตัวอย่างคู่ที่ 1 อาจสุ่มทรีทเมนต์ที่ 1 ให้แก่หน่วยตัวอย่างแรก และสุ่มทรีทเมนต์ที่ 2 ให้แก่หน่วยตัวอย่างที่เหลือ หรืออาจจะเป็นไปได้อีกวิธีหนึ่งคือ ทรีทเมนต์ที่ 1 ถูกสุ่มให้แก่หน่วยตัวอย่างแรกของคู่เดียวกัน

ดังนั้นค่า d_i ซึ่งเกิดจากการหาผลต่างของค่าข้อมูลระหว่างคู่ จึงอาจมีเครื่องหมาย + หรือ – ก็ได้ (เป็น + เมื่อ $X_i > Y_i$ และเป็น – เมื่อ $X_i < Y_i$) และเป็นเช่นนี้ในทุกๆ คู่ ดังนั้นจำนวนวิธีที่จะเป็นไปได้ทั้งหมดของค่า d_i ที่แตกต่างกัน $= 2^n$

การหาอาณาเขตวิกฤต

พิจารณาสมมติฐานสองหางดังนี้ $H_0 : M_1 = M_2$ เทียบกับ $H_1 : M_1 \neq M_2$

ถ้า H_0 เป็นจริงแสดงว่าค่า d_i เกือบทุกค่าควรมีค่าเข้าใกล้ 0 นั่นคือ $\sum d_i$ ควรมีค่าเข้าใกล้ 0 แต่ถ้า $\sum d_i$ ไม่เข้าใกล้ 0 แสดงว่า H_0 ไม่เป็นจริง แต่ H_1 เป็นจริง และ $\sum d_i$ จะมีค่ามาก ซึ่งอาจเป็นทางบวกหรือลบก็ได้

การหาอาณาเขตวิกฤตสำหรับการทดสอบสมมติฐานเมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ α จะประกอบด้วย $(\alpha)2^n$ วิธี ซึ่งมีค่า $\sum d_i$ ที่มากโดยแยกเป็นทางบวกและทางลบด้วยจำนวนวิธีที่เท่ากัน

ถ้าข้อมูลตัวอย่างที่สุ่มมามีค่า d_i และ $\sum d_i$ เป็นส่วนหนึ่งของอาณาเขตวิกฤต แล้วเราจะปฏิเสธ H_0

สำหรับการทดสอบหางเดียว อาณาเขตวิกฤตจะประกอบด้วยค่า $\sum d_i$ ที่มีค่ามากหรือน้อยเพียงด้านเดียวตาม H_1

หมายเหตุ

การทดสอบนี้ถ้ามีจำนวนคู่ที่มากกว่า 12 จะเสียเวลาคำนวณมาก เช่น $n = 13$ จะได้จำนวนวิธีที่เป็นไปได้ทั้งหมดของค่า $d_i = 2^{13} = 8192$ เมื่อใช้ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจะมีอาณาเขตวิกฤตที่ประกอบด้วย $(0.05)(8192) = 410$ วิธี ที่ให้ค่า $\sum d_i$ มากที่สุด (หรือน้อยที่สุด) ซึ่งไม่สะดวกในทางปฏิบัติ นั่นคือการทดสอบนี้จึงเหมาะสมกับตัวอย่างขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2.3 ถ้านักจิตวิทยาสงสัยว่าโรงเรียนอนุบาลจะมีผลต่อการรับรู้ของเด็กหรือไม่ จึงทำการทดลองโดยสุ่มตัวอย่างฝาแฝดมา 8 คู่ ในแต่ละคู่ทำการสุ่มให้คนหนึ่งเข้าโรงเรียนอนุบาล อีกคนที่เหลือให้อยู่บ้าน หลังจากระยะเวลาหนึ่ง เด็กทั้ง 16 คน จะถูกทดสอบการรับรู้โดยให้คะแนนระหว่าง 0-100 เมื่อให้เด็กดูรูปที่แสดงสถานะทางสังคมต่างๆ และตั้งคำถามเกี่ยวกับรูปภาพเหล่านั้น สมมติว่าได้คะแนนดังนี้ (อุมาพร: 2541)

ฝาแฝดคู่ที่	คะแนนของฝาแฝดคนที่เข้าโรงเรียนอนุบาล (X_i)	คะแนนของฝาแฝดคนที่อยู่บ้าน (Y_i)	$d_i = X_i - Y_i$
1	82	63	19
2	69	42	27
3	73	74	-1
4	43	37	6
5	58	51	7
6	56	43	13
7	76	80	-4
8	85	82	3

จงทดสอบว่าการเข้าโรงเรียนอนุบาลทำให้การรับรู้ของเด็กแตกต่างจากการอยู่บ้านหรือไม่ กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

วิธีที่ 1 การคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

วิธีทำ สมมติฐาน

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างการรับรู้ภายใต้ 2 สถานการณ์ (เข้าโรงเรียนอนุบาลและอยู่บ้าน) หรือฝาแฝดทั้ง 16 คนมาจากประชากรกลุ่มเดียวกัน

H_1 : ทรีทเมนต์ 2 ทรีทเมนต์ให้ผลลัพธ์ต่างกัน

จะเลือกใช้การทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ เพราะข้อมูลเป็นตัวแปรคู่ที่มีความสัมพันธ์กัน (matched pairs) และตัวอย่างไม่ใหญ่เกินไป ข้อมูลที่ได้มีมาตรวัดเป็นแบบอันตรภาค

1.1 พิจารณาจากค่าวิกฤต (Critical Value)

จำนวนวิธีที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการให้เครื่องหมายของค่า $d_i = 2^8 = 256$ ดังนั้นอาณาเขตวิกฤตสำหรับการทดสอบ 2 หาง จะประกอบด้วย $(\alpha)2^n = (0.05)(256) \approx 12$ วิธี ซึ่งให้ค่า $\sum d_i$ มาก โดยแยกเป็น 6 วิธีที่ให้ค่า $\sum d_i$ มีค่ามากทางบวก และอีก 6 วิธีที่ให้ค่า $\sum d_i$ มีค่ามากทางลบ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี									$\sum d_i$
1	+19	+27	+1	+6	+7	+13	+4	+3	+80
2	+19	+27	−1	+6	+7	+13	+4	+3	+78
3	+19	+27	+1	+6	+7	+13	+4	−3	+74
4	+19	+27	+1	+6	+7	+13	−4	+3	+72
5	+19	+27	−1	+6	+7	+13	+4	−3	+72
*6	+19	+27	−1	+6	+7	+13	−4	+3	+70
1	−19	−27	−1	−6	−7	−13	−4	−3	−80
2	−19	−27	+1	−6	−7	−13	−4	−3	−78
3	−19	−27	−1	−6	−7	−13	−4	+3	−74
4	−19	−27	−1	−6	−7	−13	+4	−3	−72
5	−19	−27	+1	−6	−7	−13	−4	+3	−72
6	−19	−27	+1	−6	−7	−13	+4	−3	−70

การตัดสินใจ จากข้อมูลตัวอย่างที่ได้มา ได้ค่า d_i เป็นดังนี้

+19 +27 −1 +6 +7 +13 −4 +3

$T = \sum d_i$ ที่มีเฉพาะเครื่องหมายบวก

$= 19+27+6+7+13+3$

$= 75$

$\sum d_i = 19+27-1+6+7+13-4+3$

$= 70$

ซึ่งตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤตในวิธีที่ 6 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$

1.2 พิจารณาจากค่าพี (p-value)

$$\text{p-value} = \frac{2(6)}{256}$$ (ข้อมูลตัวอย่างที่ได้เป็นวิธีที่ 6 จากทั้งหมด 256 วิธี และเป็นการทดสอบ 2 หางจึงต้องนำ 2 มาคูณ)

$= 0.0468 > \alpha(= 0.05)$

จึงปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$

ดังนั้น การเข้าโรงเรียนอนุบาลทำให้การรับรู้ของเด็กแตกต่างจากการอยู่บ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่ 2 การคำนวณโดยใช้โปรแกรม R

การเขียนคำสั่ง

```
a <- c(82,69,73,43,58,56,76,85)
b <- c(63,42,74,37,51,43,80,82)
perm.test(a,b,paired=TRUE)
```

ผลลัพธ์จากโปรแกรม

```
        1-sample Permutation Test

data:  a and b
T = 75, p-value = 0.04688
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
```

ดังนั้น T = 75 และ p-value = 0.0468 ซึ่งตรงกับวิธีคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

2.1.5 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเส้นตรงเชิงเดียว (Simple Linear Correlation Analysis) (วราพร: 2559)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นเทคนิคใช้อธิบายขนาด (Degree) ของความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรคู่หนึ่ง ให้ ρ เป็นสัญลักษณ์แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร และ r แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่าง

โดย $$SS_{XX} = \sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2 = \sum_{i=1}^{n}X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n}X_i)^2}{n}$$

$$SS_{YY} = \sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^{n}Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n}Y_i)^2}{n}$$

$$SS_{XY} = \sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y}) = \sum_{i=1}^{n}X_iY_i - \frac{\sum_{i=1}^{n}X_i\sum_{i=1}^{n}Y_i}{n}$$

และ $$r = \frac{SS_{XY}}{\sqrt{SS_{XX}SS_{YY}}}$$

สมบัติของค่า r

1. r มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1
2. r มีค่า + แสดงว่าตัวแปรทั้ง 2 ตัวมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน
3. r มีค่า − แสดงว่าตัวแปรทั้ง 2 ตัวมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

1. ค่า r ไม่ได้แสดงให้เห็นว่าตัวแปรสุ่มไหนเป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

2. ค่า r มีค่าบวกหรือลบมาก ไม่ได้แสดงว่าตัวแปร X เป็นสาเหตุทำให้ตัวแปร Y เปลี่ยนแปลงไป แต่จะเป็นการแสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง

การทดสอบสมมติฐานของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) แบ่งได้ 2 กรณี

กรณีที่ 1 ทดสอบว่า $\rho = 0$ ($\rho_0 = 0$)

1. สมมติฐาน $H_0 : \rho = 0$

   ก. $H_1 : \rho \neq 0$

   ข. $H_1 : \rho > 0$

   ค. $H_1 : \rho < 0$

2. ระดับนัยสำคัญ α

3. อาณาเขตวิกฤต จะปฏิเสธ H_0 ถ้า

   ก. $t_{cal} > t_{\alpha,n-2}$

   ข. $t_{cal} < -t_{\alpha,n-2}$

   ค. $|t_{cal}| > -t_{\frac{\alpha}{2},n-2}$

4. คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ

$$t_{cal} = \frac{r\sqrt{n-3}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

5. สรุปผล

กรณีที่ 2 ทดสอบว่า $\rho = \rho_0$ ($\rho_0 \neq 0$)

1. สมมติฐาน $H_0 : \rho = \rho_0$

   ก. $H_1 : \rho \neq \rho_0$

   ข. $H_1 : \rho > \rho_0$

   ค. $H_1 : \rho < \rho_0$

2. ระดับนัยสำคัญ α

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อาณาเขตวิกฤต จะปฏิเสธ H_0 ถ้า

ก. $Z_{cal} > Z_{\alpha}$

ข. $Z_{cal} < -Z_{\alpha}$

ค. $Z_{cal} > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $Z_{cal} < -Z_{\frac{\alpha}{2}}$

4. คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ

$$Z_{cal} = \frac{\sqrt{n-3}}{2}\left[\ln\frac{1+r}{1-r} - \ln\frac{1+\rho_0}{1-\rho_0}\right]$$

5. สรุปผล

ตัวอย่างที่ 2.4 สุ่มข้อมูลจากโปรแกรมอาร์ โดยกำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ ในกรณีที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันและความแปรปรวนเท่ากัน มีค่าพารามิเตอร์ คือ $X_1 \sim N(9,3)$ และ $X_2 \sim N(9,3)$ ขนาดตัวอย่างเป็น 10 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 ได้ผลดังนี้

X	Y
6.859001	6.636278
9.153487	9.994461
8.759584	7.552061
7.454320	11.328668
9.901036	10.197810
12.730566	11.305912
9.241377	10.375120
10.251097	6.241593
7.029217	7.717755
5.192159	10.115533

ทำการตรวจสอบข้อมูล 2 กลุ่มนี้ว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 จริงหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่ 1 การคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

วิธีทำ

$$SS_{XX} = \sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}{n} = 790.083687 - \frac{(86.571844)^2}{10} = 40.61526964$$

$$SS_{YY} = \sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} Y_i)^2}{n} = 869.609103 - \frac{(91.465191)^2}{10} = 33.02098653$$

$$SS_{XY} = \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{n} = 799.137179 - \frac{(86.571844)(91.465191)}{10} = 7.306154332$$

$$r = \frac{SS_{XY}}{\sqrt{SS_{XX} SS_{YY}}} = \frac{7.306154332}{\sqrt{(40.61526964)(33.02098653)}} = 0.1995028$$

ดังนั้น ข้อมูล 2 กลุ่มนี้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.1995 หรือ 0.200

วิธีที่ 2 การคำนวณโดยใช้โปรแกรม R

การเขียนคำสั่ง

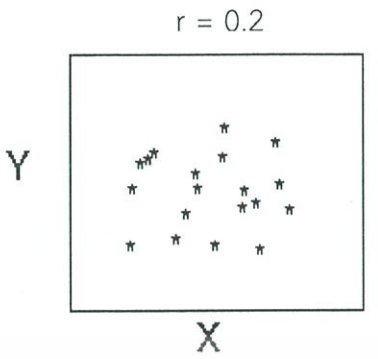
```
x<-c(6.859001,9.153487,8.759584,7.454320,9.901036,
     12.730566,9.241377,10.251097,7.029217,5.192159)
y<-c(6.636278,9.994461,7.552061,11.328668,10.197810,
     11.305912,10.375120,6.241593,7.717755,10.115533)
cor(x,y,method = "pearson")
```

ผลลัพธ์จากโปรแกรม

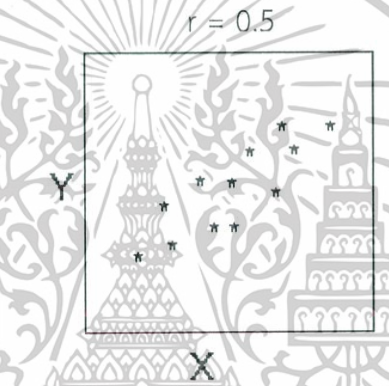
```
> x<-c(6.859001,9.153487,8.759584,7.454320,9.901036,
+      12.730566,9.241377,10.251097,7.029217,5.192159)
> y<-c(6.636278,9.994461,7.552061,11.328668,10.197810,
+      11.305912,10.375120,6.241593,7.717755,10.115533)
> cor(x,y,method = "pearson")
[1] 0.1995029
```

ดังนั้น r = 0.1995 ซึ่งตรงกับวิธีคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

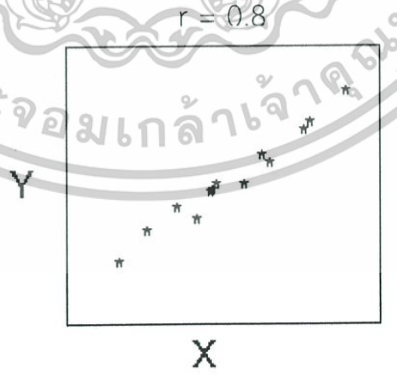
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2



รูปที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5



รูปที่ 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8

โดยที่ (X,Y) คือค่า X ที่มีความสัมพันธ์กับค่า Y ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8

เอกสารนี้ใช้เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ความแตกต่างของความแปรปรวนสำหรับการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างศูนย์กลาง Ø (Noncentrality Parameter) (วราฤทธิ์: 2557)

สามารถคำนวณจาก

$$\emptyset = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{2} \frac{(\sigma_i^2 - \bar{\sigma}^2)^2}{2}}{\sigma_1^2}}$$

เมื่อ σ_1^2 เป็นค่าความแปรปรวนของประชากรที่มีค่าต่ำสุด

σ_i^2 เป็นค่าความแปรปรวนของประชากรที่ i โดย $i = 1,2$

$\bar{\sigma}^2$ เป็นค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของประชากรทั้ง 2 กลุ่ม

2.2 การแจกแจงที่ใช้ในงานวิจัย

2.2.1 การแจกแจงปรกติหลายตัวแปร (Multivariate Normal Distribution) (น้อมจิต: 2558)

<u>นิยามที่</u> 2.1 ให้ $X_1,...,X_p$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ซึ่งใช้สัญลักษณ์ว่า $\underline{X} \sim N_p(\underline{\mu},\Sigma)$ ถ้า

$$f(\underline{X};\underline{\mu},\Sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{p}{2}}|\Sigma|^{\frac{1}{2}}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\underline{X}-\underline{\mu})'\Sigma^{-1}(\underline{X}-\underline{\mu})\right\}; -\infty<x_i<\infty,\ -\infty\le\mu_i<\infty,\ \sigma_i>0$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad \underline{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_p \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{x_1}^2 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} & \cdots & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_p} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & \sigma_{x_2}^2 & \cdots & \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho\sigma_{x_p}\sigma_{x_1} & \rho\sigma_{x_p}\sigma_{x_2} & \cdots & \sigma_{x_p}^2 \end{bmatrix}$$

$-1 \le \rho_{x_i x_j} \le 1,\ i = 1,2,....p\ ,\ j = 1,2,...,p$ โดยที่ p เป็นจำนวนตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร (Multivariate Gamma Distribution)

<u>นิยามที่</u> 2.2 ให้ $X_1,...,X_p$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ซึ่งใช้สัญลักษณ์ว่า $\underline{X}\sim G_p(\underline{\alpha},\underline{\beta})$ ถ้า

$$f(\underline{X};\underline{\alpha},\underline{\beta}) = \frac{1}{(\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha})^p}\prod_{i=1}^{p}X^{\alpha-1}\exp\left(-\frac{1}{\beta}\sum_{i=1}^{p}X\right);\ x_i>0,\ \alpha_i>0,\ \beta_i>0$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix},\quad \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_p \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad \underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}$$

$$\rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} & \cdots & \rho_{x_1x_p} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 & \cdots & \rho_{x_2x_p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{x_px_1} & \rho_{x_px_2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

$-1 \le \rho_{x_ix_j} \le 1,\ i = 1,2,...,p\ ,\ j = 1,2,...,p$ โดยที่ p เป็นจำนวนตัวแปร

หมายเหตุ สาเหตุที่ค่า ρ ในแถวทแยงมีค่าเท่ากับ 1 เพราะเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวมันเอง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อานนท์ (2555) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบค่ากลางของประชากร 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และตัวสถิติทดสอบที่สำหรับข้อมูลที่ไม่เป็นอิสระกัน โดยพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 โดยข้อมูลที่ศึกษาเป็นข้อมูลมาตราอันดับที่มี 5 ระดับ ซึ่งถูกสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ การแจกแจงเอกรูป การแจกแจงเบ้ซ้าย และการแจกแจงเบ้ขวา กำหนดขนาดตัวอย่างที่ศึกษา 5 ขนาด ได้แก่ 10, 30, 50, 70 และ 100 และกำหนดขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างประชากร 2 กลุ่ม 3 ระดับ ได้แก่ 0.2, 0.5 และ 0.7 ผลการศึกษาพบว่า ในกรณีของความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตัวสถิติทดสอบทีมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีที่สุดในทุกกรณี รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิลคอกสัน ส่วนตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 น้อยที่สุด ในกรณีของกำลังการทดสอบ ตัวสถิติทดสอบทีมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกกรณี รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบวิลคอกสัน ส่วนตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีกำลังการทดสอบต่ำที่สุด และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อขนาดของความสัมพันธ์มีค่ามากขึ้นและตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น

ลลิตา (2554) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทีและตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่ากลางของประชากรสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี โดยศึกษาในกรณีที่ผลต่างของข้อมูลสองกลุ่ม (D_i) มีการแจกแจงปรกติ การแจกแจงเอกรูป และการแจกแจงกัมเบล และค่าเฉลี่ยของ D_i มีค่าเท่ากับ 0, 1, 2 และ 3 โดยกำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40, 80 และ 160 และระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ผลการวิจัยพบว่า ตัวสถิติทดสอบทีและตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ เมื่อค่าผลต่าง D_i มีการแจกแจงปรกติและการแจกแจงเอกรูปในทุกขนาดตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ค่าผลต่าง D_i มีการแจกแจงกัมเบล ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ตัวสถิติทดสอบทีมีกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันในทุกกรณี เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นและค่าเฉลี่ยของ D_i มีค่ามากขึ้น ตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 มีกำลังการทดสอบสูงขึ้นและมีค่าเป็น 1 ในกรณีที่ค่าผลต่าง D_i มีการแจกแจงปรกติและการแจกแจงกัมเบล ตัวสถิติทดสอบทีและตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันมีกำลังการทดสอบค่อนข้างสูงในทุกกรณี แต่เมื่อผลต่าง D_i มีการแจกแจงเอกรูป ตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 มีกำลังการทดสอบค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก

Blair (1985) ได้ศึกษาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทีและตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน เมื่อประชากรสองกลุ่มมีความสัมพันธ์กัน ภายใต้การแจกแจงของประชากรทั้งหมดสิบการแจกแจง และได้ผลการศึกษาคือ ตัวสถิติทดสอบทีมีประสิทธิภาพมากเมื่อประชากรมีการแจกแจงปรกติ เมื่อการแจกแจงของข้อมูลทั้งสองกลุ่มไม่ได้มีการแจกแจงปรกติ ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันจะมีประสิทธิภาพมากกว่าตัวสถิติทดสอบที และเมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

Smucker, Allan, and Carterette (2009) ได้ศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบที่ใช้สำหรับทดสอบความค่ากลางของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบเรียงสับเปลี่ยน ตัวสถิติทดสอบทีสำหรับข้อมูลที่ไม่เป็นอิสระกัน และตัวสถิติทดสอบบูตสแตรป โดยพิจารณาจากการมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อข้อมูลที่สนใจศึกษาเป็นข้อมูลที่ได้จากความแม่นยำในการค้นหาข้อมูลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบที่ใช้สืบค้นข้อมูล 2 ระบบ ขนาดตัวอย่าง 5 ขนาด ได้แก่ 10, 20, 30, 40 และ 50 ผลการศึกษาพบว่าตัวสถิติทดสอบเรียงสับเปลี่ยนมีประสิทธิภาพสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบที ส่วนตัวสถิติทดสอบบูตสแตรปมีประสิทธิภาพน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงาน

ปัญหาพิเศษนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน โดยทำการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ ซึ่งในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.4.3 ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ

3.1 การวางแผนการวิจัย

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ได้กำหนดสถานการณ์ในการศึกษาเปรียบเทียบ ดังนี้

3.1.1 กำหนดจำนวนประชากร 2 ประชากร ที่มีความสัมพันธ์กัน

3.1.2 กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

3.1.3 กำหนดขนาดตัวอย่างสุ่มจากแต่ละประชากรเท่ากัน คือ (10,10), (30,30), (50,50), (70,70) และ (100,100)

3.1.4 กำหนดค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.2, 0.5 และ 0.8

3.1.5 กำหนดการแจกแจงที่ใช้ในงานวิจัย คือ การแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร

3.1.6 กำหนดความแตกต่างของความแปรปรวน

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ของค่าความแปรปรวนที่มาใช้ในการศึกษา

ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน	ความแปรปรวนของแต่ละประชากร	Ø
มีความแตกต่างกันน้อย $(0 < Ø < 1.5)$	(3,1)	1.00
มีความแตกต่างกันปานกลาง $(1.5 < Ø < 3.0)$	(3,9)	1.73
มีความแตกต่างกันมาก $(Ø > 3.0)$	(3,27)	6.93

3.1.7 จากการแจกแจงและความแตกต่างของความแปรปรวนดังกล่าว สามารถกำหนดรูปแบบการศึกษาได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ศึกษาข้อมูลที่สุ่มมาจากการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร (Multivariate Normal Distribution) ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 โดยแบ่งออกเป็น 4 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากันและความแปรปรวนเท่ากัน

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X) = \mu$ และค่าความแปรปรวน $Var(X) = \sigma^2$

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (μ, σ^2)		ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	(μ_1, μ_2)	(σ_1^2, σ_2^2)
1	(9,3)	(9,3)	(9,9)	(3,3)
2	(9,9)	(9,9)	(9,9)	(9,9)
3	(9,27)	(9,27)	(9,9)	(27,27)

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,3))$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 9 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 3 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 3 \end{bmatrix}$$

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(9,9))$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 9 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 9 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 9 \end{bmatrix}$$

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(27,27))$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 9 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 27 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 27 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากัน แต่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน

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

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (μ, σ^2)		ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	ø
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	(μ_1, μ_2)	(σ_1^2, σ_2^2)	
1	(9,3)	(9,1)	(9,9)	(3,1)	1.00
2	(9,3)	(9,9)	(9,9)	(3,9)	1.73
3	(9,3)	(9,27)	(9,9)	(3,27)	6.93

$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,1))$ และ ø = 1.00

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 9 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 3 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,9))$ และ ø = 1.73

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 9 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 3 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 9 \end{bmatrix}$$

$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,27))$ และ ø = 6.93

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 9 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 3 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 27 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 3 เมื่อค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน แต่ความแปรปรวนเท่ากัน

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X) = \mu$ และค่าความแปรปรวน $Var(X) = \sigma^2$

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (μ, σ^2)		ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	(μ_1, μ_2)	(σ_1^2, σ_2^2)
1	(9,3)	(12,3)	(9,12)	(3,3)
2	(9,9)	(12,9)	(9,12)	(9,9)
3	(9,27)	(12,27)	(9,12)	(27,27)

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,3))$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 12 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 3 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 3 \end{bmatrix}$$

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(9,9))$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 12 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 9 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 9 \end{bmatrix}$$

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(27,27))$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 12 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 27 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 27 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 4 เมื่อค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันและความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X) = \mu$ และค่าความแปรปรวน $Var(X) = \sigma^2$

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (μ, σ^2)		ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	ø
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	(μ_1, μ_2)	(σ_1^2, σ_2^2)	
1	(9,3)	(12,1)	(9,12)	(3,1)	1.00
2	(9,3)	(12,9)	(9,12)	(3,9)	1.73
3	(9,3)	(12,27)	(9,12)	(3,27)	6.93

$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,1))$ และ ø = 1.00

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 12 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 3 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,9))$ และ ø = 1.73

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 12 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 3 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 9 \end{bmatrix}$$

$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,27))$ และ ø = 6.93

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\mu} = \begin{bmatrix} 9 \\ 12 \end{bmatrix} \text{ และ } \Sigma = \begin{bmatrix} 3 & \rho\sigma_{x_1}\sigma_{x_2} \\ \rho\sigma_{x_2}\sigma_{x_1} & 27 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาข้อมูลที่สุ่มการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร (Multivariate Gamma Distribution) ด้วยพารามิเตอร์ α และ β โดยแบ่งออกเป็น 4 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากันและความแปรปรวนเท่ากัน

ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X) = \alpha\beta$ และค่าความแปรปรวน $Var(X) = \alpha\beta^2$

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (α, β)		ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	$(\alpha\beta_1, \alpha\beta_2)$	$(\alpha\beta_1^2, \alpha\beta_2^2)$
1	(27,1/3)	(27,1/3)	(9,9)	(3,3)
2	(9,1)	(9,1)	(9,9)	(9,9)
3	(3,3)	(3,3)	(9,9)	(27,27)

$$(X_1,X_2) \sim MG((27,27),(1/3,1/3))$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 27 \\ 27 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1/3 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$(X_1,X_2) \sim MG((9,9),(1,1))$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 9 \\ 9 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$(X_1,X_2) \sim MG((3,3),(3,3))$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 3 \\ 3 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 3 \\ 3 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากัน แต่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ตารางที่ 3.7 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X) = \alpha\beta$ และค่าความแปรปรวน $Var(X) = \alpha\beta^2$

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (α, β)		ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	$\emptyset$
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	$(\alpha\beta_1, \alpha\beta_2)$	$(\alpha\beta_1^2, \alpha\beta_2^2)$	
1	(27,1/3)	(81,1/9)	(9,9)	(3,1)	1.00
2	(27,1/3)	(9,1)	(9,9)	(3,9)	1.73
3	(27,1/3)	(3,3)	(9,9)	(3,27)	6.93

$(X_1,X_2) \sim MG((27,81),(1/3,1/9))$ และ $\emptyset = 1.00$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 27 \\ 81 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1/9 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$(X_1,X_2) \sim MG((27,9),(1/3,1))$ และ $\emptyset = 1.73$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 27 \\ 9 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$(X_1,X_2) \sim MG((27,3),(1/3,3))$ และ $\emptyset = 6.93$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 27 \\ 3 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 3 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 3 เมื่อค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน แต่ความแปรปรวนเท่ากัน

ตารางที่ 3.8 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X) = \alpha\beta$ และค่าความแปรปรวน $Var(X) = \alpha\beta^2$

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (α, β)		ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	$(\alpha\beta_1, \alpha\beta_2)$	$(\alpha\beta_1^2, \alpha\beta_2^2)$
1	(27,1/3)	(48,1/4)	(9,12)	(3,3)
2	(9,1)	(16,3/4)	(9,12)	(9,9)
3	(3,3)	(5,58/25)	(9,12)	(27,27)

$$(X_1, X_2) \sim MG\big((27,48),(1/3,1/4)\big)$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 27 \\ 48 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1/4 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$(X_1, X_2) \sim MG\big((9,16);(1,3/4)\big)$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 9 \\ 16 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1 \\ 3/4 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$(X_1, X_2) \sim MG\big((3,5),(3,58/25)\big)$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 3 \\ 5 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 3 \\ 58/25 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 4 เมื่อค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันและความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ตารางที่ 3.9 พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปรที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X) = \alpha\beta$ และค่าความแปรปรวน $Var(X) = \alpha\beta^2$

สถานการณ์	พารามิเตอร์ (α, β)		ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	ø
	ประชากรที่ 1	ประชากรที่ 2	$(\alpha\beta_1, \alpha\beta_2)$	$(\alpha\beta_1^2, \alpha\beta_2^2)$	
1	(27,1/3)	(144,1/12)	(9,12)	(3,1)	1.00
2	(27,1/3)	(16,3/4)	(9,12)	(3,9)	1.73
3	(27,1/3)	(5,58/25)	(9,12)	(3,27)	6.93

$(X_1,X_2) \sim MG((27,144),(1/3,1/12))$ และ $\emptyset = 1.00$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 27 \\ 144 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1/12 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$(X_1,X_2) \sim MG((27,16),(1/3,3/4))$ และ $\emptyset = 1.73$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 27 \\ 16 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 3/4 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$(X_1,X_2) \sim MG((27,5),(1/3,58/25))$ และ $\emptyset = 6.93$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}, \underline{\alpha} = \begin{bmatrix} 27 \\ 5 \end{bmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 58/25 \end{bmatrix} \text{ และ } \rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{x_1x_2} \\ \rho_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8 จำลองข้อมูลประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์ โดยกำหนดขนาดตัวอย่าง ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และรูปแบบการศึกษาตามข้อ 3.1.7 ได้ดังนี้

3.1.8.1 กรณีข้อมูลมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร

ตารางที่ 3.10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ตามกรณี 1 เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากันและความแปรปรวนเท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,3))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.200	0.498	0.801
(30,30)	0.199	0.498	0.795
(50,50)	0.197	0.493	0.793
(70,70)	0.205	0.505	0.791
(100,100)	0.199	0.503	0.797
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(9,9))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.198	0.492	0.807
(30,30)	0.204	0.502	0.802
(50,50)	0.200	0.498	0.799
(70,70)	0.208	0.507	0.794
(100,100)	0.201	0.491	0.802
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(27,27))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.198	0.499	0.803
(30,30)	0.209	0.501	0.804
(50,50)	0.203	0.507	0.803
(70,70)	0.208	0.498	0.805
(100,100)	0.197	0.505	0.792

หมายเหตุ โปรแกรมอาร์พยายามจำลองข้อมูลของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์ เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

ตารางที่ 3.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ตามกรณี 2 เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากัน แต่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,1))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.199	0.494	0.805
(30,30)	0.199	0.502	0.799
(50,50)	0.206	0.494	0.798
(70,70)	0.209	0.494	0.798
(100,100)	0.209	0.502	0.791
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,9))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.198	0.506	0.797
(30,30)	0.207	0.496	0.802
(50,50)	0.208	0.495	0.807
(70,70)	0.207	0.495	0.809
(100,100)	0.193	0.496	0.801
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,27))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.206	0.507	0.802
(30,30)	0.207	0.500	0.798
(50,50)	0.200	0.491	0.794
(70,70)	0.196	0.505	0.803
(100,100)	0.205	0.497	0.798

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ตามกรณี 3 เมื่อค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน แต่ความแปรปรวนเท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,3))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.207	0.504	0.809
(30,30)	0.201	0.504	0.805
(50,50)	0.199	0.502	0.797
(70,70)	0.207	0.504	0.802
(100,100)	0.209	0.503	0.806
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(9,9))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.209	0.497	0.798
(30,30)	0.209	0.506	0.808
(50,50)	0.208	0.499	0.798
(70,70)	0.209	0.500	0.803
(100,100)	0.204	0.499	0.800
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(27,27))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.196	0.502	0.805
(30,30)	0.196	0.497	0.807
(50,50)	0.196	0.508	0.805
(70,70)	0.209	0.499	0.808
(100,100)	0.197	0.497	0.800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ตามกรณี 4 เมื่อค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันและความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,1))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.208	0.506	0.798
(30,30)	0.205	0.507	0.808
(50,50)	0.203	0.500	0.795
(70,70)	0.197	0.505	0.808
(100,100)	0.199	0.503	0.799
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,9))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.202	0.509	0.801
(30,30)	0.200	0.499	0.795
(50,50)	0.207	0.505	0.804
(70,70)	0.208	0.504	0.805
(100,100)	0.199	0.499	0.807
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,27))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.204	0.508	0.798
(30,30)	0.207	0.499	0.805
(50,50)	0.206	0.497	0.805
(70,70)	0.205	0.506	0.806
(100,100)	0.204	0.502	0.797

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8.2 กรณีข้อมูลมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร

ตารางที่ 3.14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ตามกรณี 1 เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากันและความแปรปรวนเท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,27),(1/3,1/3))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.202	0.505	0.798
(30,30)	0.198	0.503	0.798
(50,50)	0.195	0.501	0.803
(70,70)	0.195	0.502	0.807
(100,100)	0.202	0.503	0.802
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((9,9),(1,1))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.198	0.495	0.800
(30,30)	0.195	0.492	0.798
(50,50)	0.194	0.493	0.800
(70,70)	0.206	0.493	0.797
(100,100)	0.208	0.495	0.799
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((3,3),(3,3))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.193	0.499	0.805
(30,30)	0.209	0.508	0.801
(50,50)	0.205	0.506	0.802
(70,70)	0.194	0.496	0.802
(100,100)	0.197	0.493	0.797

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ตามกรณี 2 เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากัน แต่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,81),(1/3,1/9))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.200	0.492	0.794
(30,30)	0.196	0.505	0.796
(50,50)	0.193	0.497	0.792
(70,70)	0.199	0.495	0.804
(100,100)	0.209	0.509	0.797
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,9),(1/3,1))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.191	0.507	0.807
(30,30)	0.207	0.506	0.796
(50,50)	0.194	0.499	0.798
(70,70)	0.202	0.509	0.794
(100,100)	0.197	0.493	0.796
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,3),(1/3,3))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.199	0.495	0.808
(30,30)	0.198	0.502	0.807
(50,50)	0.193	0.506	0.805
(70,70)	0.196	0.497	0.800
(100,100)	0.204	0.507	0.805

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.16 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ตามกรณี 3 เมื่อค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน แต่ความแปรปรวนเท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,48),(1/3,1/4))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.199	0.503	0.804
(30,30)	0.206	0.507	0.799
(50,50)	0.206	0.506	0.807
(70,70)	0.209	0.501	0.799
(100,100)	0.200	0.506	0.799
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((9,16),(1,3/4))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.207	0.508	0.803
(30,30)	0.199	0.505	0.798
(50,50)	0.202	0.508	0.805
(70,70)	0.209	0.504	0.805
(100,100)	0.204	0.502	0.799
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((3,5),(3,58/25))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.198	0.499	0.798
(30,30)	0.207	0.509	0.801
(50,50)	0.197	0.507	0.798
(70,70)	0.202	0.506	0.803
(100,100)	0.207	0.509	0.809

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มสัมพันธ์ที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ตามกรณี 4 เมื่อค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันและความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,144),(1/3,1/12))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.198	0.500	0.802
(30,30)	0.202	0.508	0.802
(50,50)	0.203	0.508	0.808
(70,70)	0.207	0.500	0.800
(100,100)	0.206	0.499	0.799
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,16),(1/3,3/4))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.199	0.498	0.806
(30,30)	0.209	0.509	0.797
(50,50)	0.209	0.505	0.807
(70,70)	0.200	0.505	0.806
(100,100)	0.203	0.509	0.800
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,5),(1/3,58/25))$		
	r = 0.2	r = 0.5	r = 0.8
(10,10)	0.203	0.508	0.798
(30,30)	0.205	0.499	0.801
(50,50)	0.209	0.507	0.803
(70,70)	0.204	0.504	0.805
(100,100)	0.205	0.508	0.807

3.1.9 คำนวณความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบตามเกณฑ์ของ Bradley ในแต่ละสถานการณ์ โดยใช้รูปแบบการศึกษาในกรณีที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้งสองกลุ่ม

3.1.10 คำนวณกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Bradley ในแต่ละสถานการณ์ โดยใช้รูปแบบการศึกษาในกรณีที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันทั้งสองกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.11 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ โดยตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

ปัญหาพิเศษครั้งนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนโดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 การคำนวณความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (α) ของตัวสถิติทดสอบ

3.2.1.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดตัวอย่างสุ่มจากแต่ละประชากรที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้งสองกลุ่ม มีค่าพารามิเตอร์ และค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยใช้โปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.4.3

3.2.1.2 คำนวณตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่

3.2.1.3 นำค่าตัวสถิติทดสอบที่คำนวณได้เทียบกับค่าวิกฤตเพื่อสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานว่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 และทำการบันทึกจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง ทำซ้ำจนครบ 1,000 ครั้ง

3.2.1.4 หาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง ดังนี้

$$\text{ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นจริง}}{1000}$$

ถ้าความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสำหรับแต่ละสถานการณ์มีค่าอยู่ในช่วงที่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์ของการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบ ได้แก่ เกณฑ์ของ Bradley (1978) จะถือว่าตัวสถิติทดสอบนั้นมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ โดยมีรายละเอียดของเกณฑ์ของ Bradley (1978) ดังนี้

เกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าค่าที่ได้มีค่าในช่วง (0.025-0.075)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ถ้าค่าที่ได้มีค่าในช่วง (0.005-0.015)

จะสรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบนั้นควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การคำนวณกำลังการทดสอบ $(1-\beta)$ ของตัวสถิติทดสอบ

3.2.2.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดตัวอย่างสุ่มจากแต่ละประชากรที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันทั้งสองกลุ่ม มีค่าพารามิเตอร์ และค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยใช้โปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.4.3

3.2.2.2 คำนวณตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่

3.2.2.3 นำค่าตัวสถิติทดสอบที่คำนวณได้เทียบกับค่าวิกฤตเพื่อสรุปว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานว่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 และบันทึกจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นเท็จ ทำซ้ำจนครบ 1,000 ครั้ง

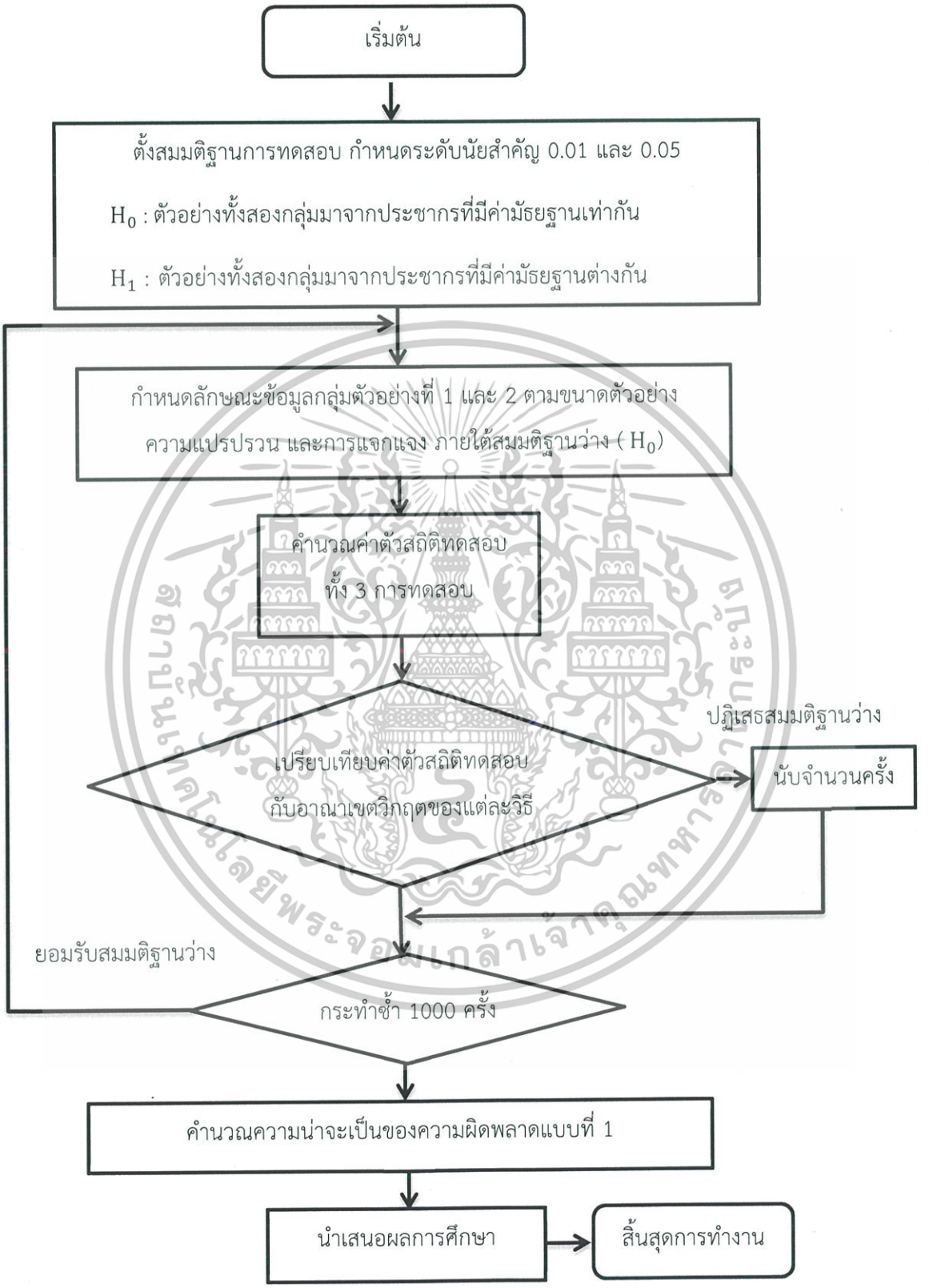
3.2.2.4 หากำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง ดังนี้

$$\text{กำลังการทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นเท็จ}}{1000}$$

จะสรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

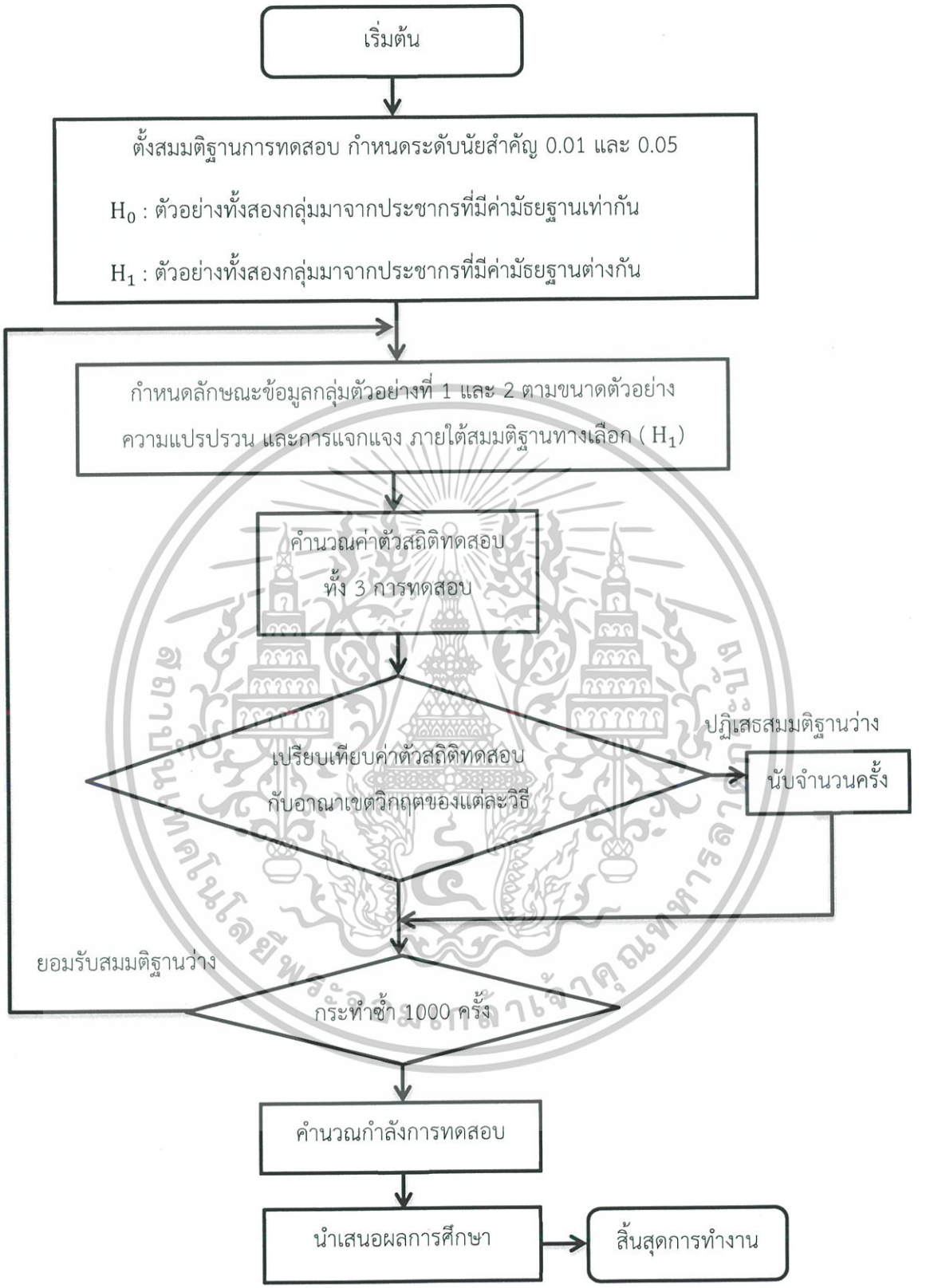
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การทำปัญหาพิเศษนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลองเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน (Wilcoxon Matched-Pairs Singed-Ranks Test) ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย (Sign test for two related sample) และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน (Randomization Test For Matched-Pair or Permutation Test For Paired Replicates or The Raw Score Test) ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยสามารถสรุปได้เป็น 2 ส่วน คือ ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

การกำหนดสัญลักษณ์แทนตัวสถิติทดสอบ ดังนี้

W หมายถึง ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน

S หมายถึง ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย

P หมายถึง ตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน

4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

การคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละตัวสถิติทดสอบจะใช้ข้อมูลในกรณีที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้งสองกลุ่ม ขนาดตัวอย่าง การแจกแจงของประชากร พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และระดับนัยสำคัญ ตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในหัวข้อขอบเขตของการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 1

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	1 0.009[B]	0.003	0.011[B]	0.013[B]	0.002	0.014[B]	0.013[B]	0.003	0.012[B]
(30,30)	2 0.010[B]	0.002	0.054	0.009[B]	0.006[B]	0.068	0.013[B]	0.005[B]	0.069
(50,50)	3 0.009[B]	0.002	0.083	0.010[B]	0.011[B]	0.093	0.005[B]	0.004	0.087
(70,70)	4 0.011[B]	0.005[B]	0.010[B]	0.011[B]	0.003	0.009[B]	0.009[B]	0.002	0.007[B]
(100,100)	5 0.009[B]	0.010[B]	0.009[B]	0.010[B]	0.008[B]	0.006[B]	0.005[B]	0.003	0.006[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(9,9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	6 0.011[B]	0.002	0.013[B]	0.012[B]	0.003	0.017	0.008[B]	0.003	0.013[B]
(30,30)	7 0.010[B]	0.005[B]	0.067	0.008[B]	0.004	0.067	0.010[B]	0.005[B]	0.071
(50,50)	8 0.007[B]	0.009[B]	0.105	0.009[B]	0.004	0.102	0.009[B]	0.008[B]	0.092
(70,70)	9 0.008[B]	0.008[B]	0.005[B]	0.013[B]	0.008[B]	0.011[B]	0.018	0.010[B]	0.017
(100,100)	10 0.009[B]	0.007[B]	0.010[B]	0.002	0.004	0.004	0.007[B]	0.006[B]	0.005[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(27,27))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	11 0.013[B]	0.001	0.006[B]	0.004	0.002	0.010[B]	0.007[B]	0.001	0.011[B]
(30,30)	12 0.011[B]	0.002	0.059	0.003	0.005[B]	0.073	0.010[B]	0.005[B]	0.074
(50,50)	13 0.014[B]	0.012[B]	0.095	0.006[B]	0.005[B]	0.075	0.010[B]	0.009[B]	0.090
(70,70)	0.016	0.004	0.014[B]	0.005[B]	0.002	0.005[B]	0.007[B]	0.004	0.008[B]
(100,100)	14 0.009[B]	0.002	0.010[B]	0.008[B]	0.004	0.005[B]	0.006[B]	0.005[B]	0.005[B]

หมายเหตุ B หมายถึง มีค่าในช่วงตามเกณฑ์ของ Bradley

ตัวเลขมุมบนซ้าย หมายถึง จำนวนครั้งของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 2

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,1))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	[15] 0.012[B]	0.001	0.012[B]	0.013[B]	0.004	0.010[B]	0.011[B]	0.003	0.013[B]
(30,30)	[16] 0.010[B]	0.003	0.067	0.014[B]	0.005[B]	0.071	0.009[B]	0.006[B]	0.082
(50,50)	[17] 0.009[B]	0.011[B]	0.078	0.004	0.007[B]	0.094	0.007[B]	0.004	0.082
(70,70)	[18] 0.011[B]	0.006[B]	0.015[B]	0.012[B]	0.007[B]	0.011[B]	0.007[B]	0.006[B]	0.009[B]
(100,100)	[19] 0.013[B]	0.006[B]	0.009[B]	0.012[B]	0.006[B]	0.012[B]	0.009[B]	0.005[B]	0.007[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	[20] 0.005[B]	0.001	0.006[B]	0.009[B]	0.003	0.014[B]	0.008[B]	0.003	0.009[B]
(30,30)	[21] 0.012[B]	0.004	0.071	0.012[B]	0.008[B]	0.075	0.010[B]	0.007[B]	0.069
(50,50)	[22] 0.012[B]	0.005[B]	0.005[B]	0.012[B]	0.009[B]	0.109	0.008[B]	0.008[B]	0.099
(70,70)	[23] 0.011[B]	0.010[B]	0.011[B]	0.007[B]	0.004	0.009[B]	0.012[B]	0.006[B]	0.011[B]
(100,100)	[24] 0.007[B]	0.008[B]	0.010[B]	0.008[B]	0.008[B]	0.007[B]	0.012[B]	0.005[B]	0.011[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,27))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	[25] 0.014[B]	0.002	0.012[B]	0.008[B]	0.001	0.008[B]	0.007[B]	0.003	0.013[B]
(30,30)	[26] 0.008[B]	0.003	0.070	0.008[B]	0.004	0.086	0.011[B]	0.006[B]	0.086
(50,50)	0.020	0.014[B]	0.114	0.011[B]	0.006[B]	0.083	0.003	0.003	0.095
(70,70)	[27] 0.012[B]	0.006[B]	0.008[B]	0.010[B]	0.008[B]	0.012[B]	0.010[B]	0.004	0.010[B]
(100,100)	[28] 0.008[B]	0.006[B]	0.010[B]	0.020	0.012[B]	0.016	0.007[B]	0.007[B]	0.009[B]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.3 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่ม ที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 1

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.048[B]	0.017	0.217	0.054[B]	0.022	0.259	0.056[B]	0.024	0.224
(30,30)	0.042[B]	0.036[B]	0.265	0.051[B]	0.037[B]	0.282	0.046[B]	0.044[B]	0.265
(50,50)	0.047[B]	0.025[B]	0.254	0.050[B]	0.037[B]	0.251	0.038[B]	0.032[B]	0.223
(70,70)	0.059[B]	0.040[B]	0.059[B]	0.053[B]	0.036[B]	0.061[B]	0.052[B]	0.040[B]	0.048[B]
(100,100)	0.053[B]	0.036[B]	0.045[B]	0.048[B]	0.032[B]	0.050[B]	0.043[B]	0.028[B]	0.047[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(9,9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.061[B]	0.026[B]	0.245	0.052[B]	0.029[B]	0.240	0.047[B]	0.023	0.217
(30,30)	0.052[B]	0.041[B]	0.297	0.046[B]	0.043[B]	0.265	0.042[B]	0.043[B]	0.262
(50,50)	0.054[B]	0.028[B]	0.280	0.046[B]	0.032[B]	0.268	0.053[B]	0.036[B]	0.253
(70,70)	0.059[B]	0.050[B]	0.051[B]	0.055[B]	0.046[B]	0.055[B]	0.063[B]	0.049[B]	0.057[B]
(100,100)	0.048[B]	0.040[B]	0.044[B]	0.041[B]	0.025[B]	0.036[B]	0.041[B]	0.026[B]	0.044[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(27,27))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.041[B]	0.014	0.196	0.039[B]	0.015	0.216	0.046[B]	0.024	0.221
(30,30)	0.041[B]	0.031[B]	0.256	0.050[B]	0.048[B]	0.278	0.059[B]	0.044[B]	0.283
(50,50)	0.050[B]	0.035[B]	0.261	0.039[B]	0.024	0.241	0.047[B]	0.032[B]	0.247
(70,70)	0.054[B]	0.042[B]	0.054[B]	0.051[B]	0.043[B]	0.053[B]	0.045[B]	0.029[B]	0.044[B]
(100,100)	0.049[B]	0.037[B]	0.046[B]	0.049[B]	0.027[B]	0.045[B]	0.040[B]	0.029[B]	0.045[B]

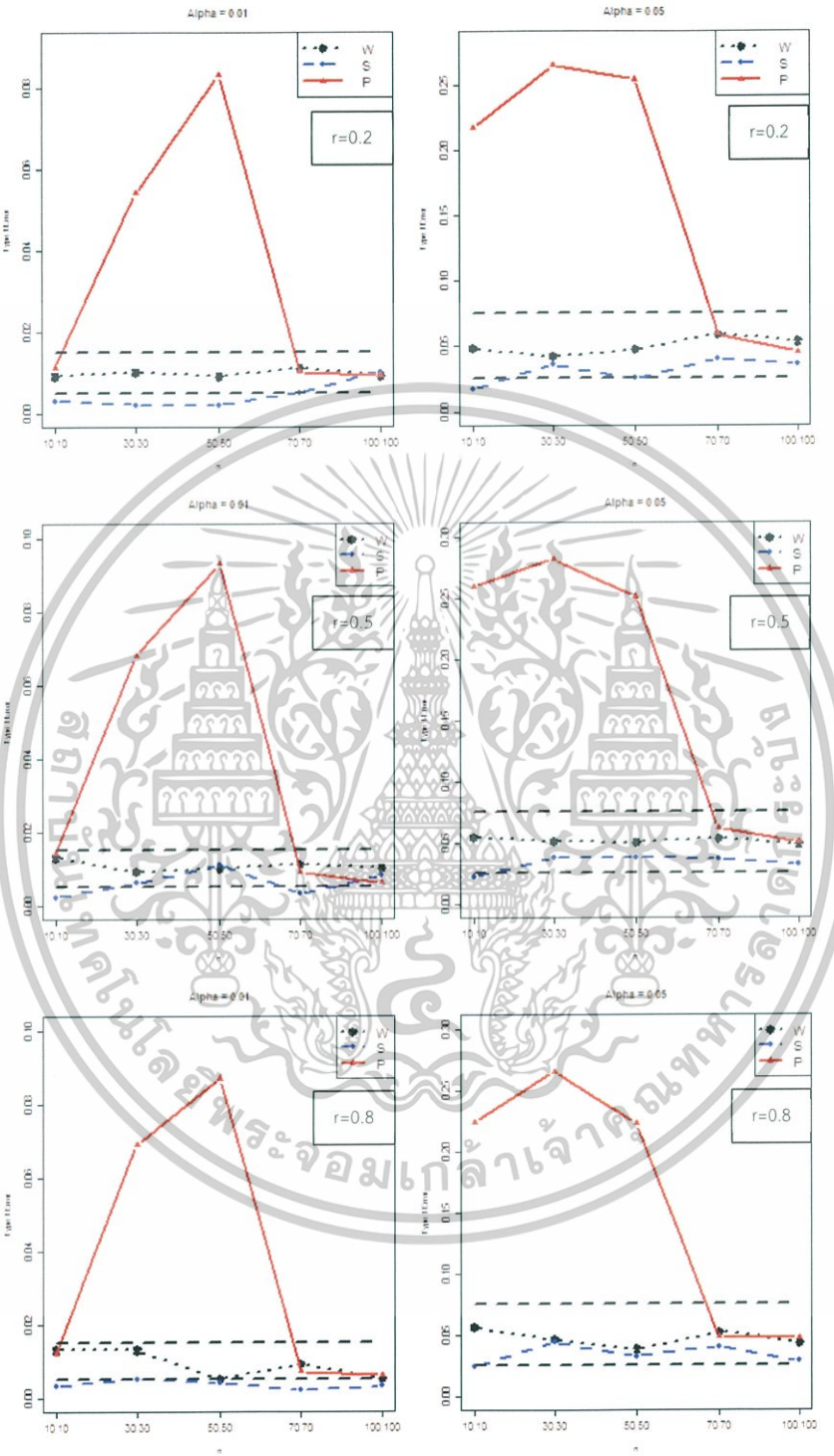
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 2

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,1))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.047^B	0.023	0.230	0.053^B	0.020	0.228	0.053^B	0.027^B	0.236
(30,30)	0.045^B	0.039^B	0.289	0.054^B	0.038^B	0.291	0.040^B	0.045^B	0.304
(50,50)	0.038^B	0.034^B	0.260	0.053^B	0.032^B	0.272	0.043^B	0.036^B	0.274
(70,70)	0.062^B	0.049^B	0.063^B	0.057^B	0.051^B	0.062^B	0.058^B	0.053^B	0.058^B
(100,100)	0.060^B	0.037^B	0.068^B	0.056^B	0.039^B	0.063^B	0.041^B	0.032^B	0.048^B
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.047^B	0.015	0.222	0.048^B	0.027^B	0.244	0.050^B	0.017	0.230
(30,30)	0.055^B	0.039^B	0.304	0.046^B	0.040^B	0.283	0.047^B	0.044^B	0.265
(50,50)	0.042^B	0.025^B	0.272	0.048^B	0.035^B	0.273	0.046^B	0.030^B	0.255
(70,70)	0.049^B	0.045^B	0.055^B	0.051^B	0.039^B	0.054^B	0.055^B	0.052^B	0.054^B
(100,100)	0.055^B	0.041^B	0.054^B	0.053^B	0.035^B	0.052^B	0.053^B	0.045^B	0.059^B
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,9),(3,27))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.048^B	0.022	0.226	0.049^B	0.019	0.228	0.045^B	0.022	0.222
(30,30)	0.046^B	0.039^B	0.295	0.048^B	0.049^B	0.283	0.070^B	0.047^B	0.282
(50,50)	0.066^B	0.045^B	0.288	0.051^B	0.032^B	0.251	0.044^B	0.024	0.251
(70,70)	0.052^B	0.048^B	0.052^B	0.043^B	0.036^B	0.044^B	0.054^B	0.036^B	0.061^B
(100,100)	0.043^B	0.033^B	0.046^B	0.061^B	0.042^B	0.062^B	0.049^B	0.027^B	0.061^B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,3))$$

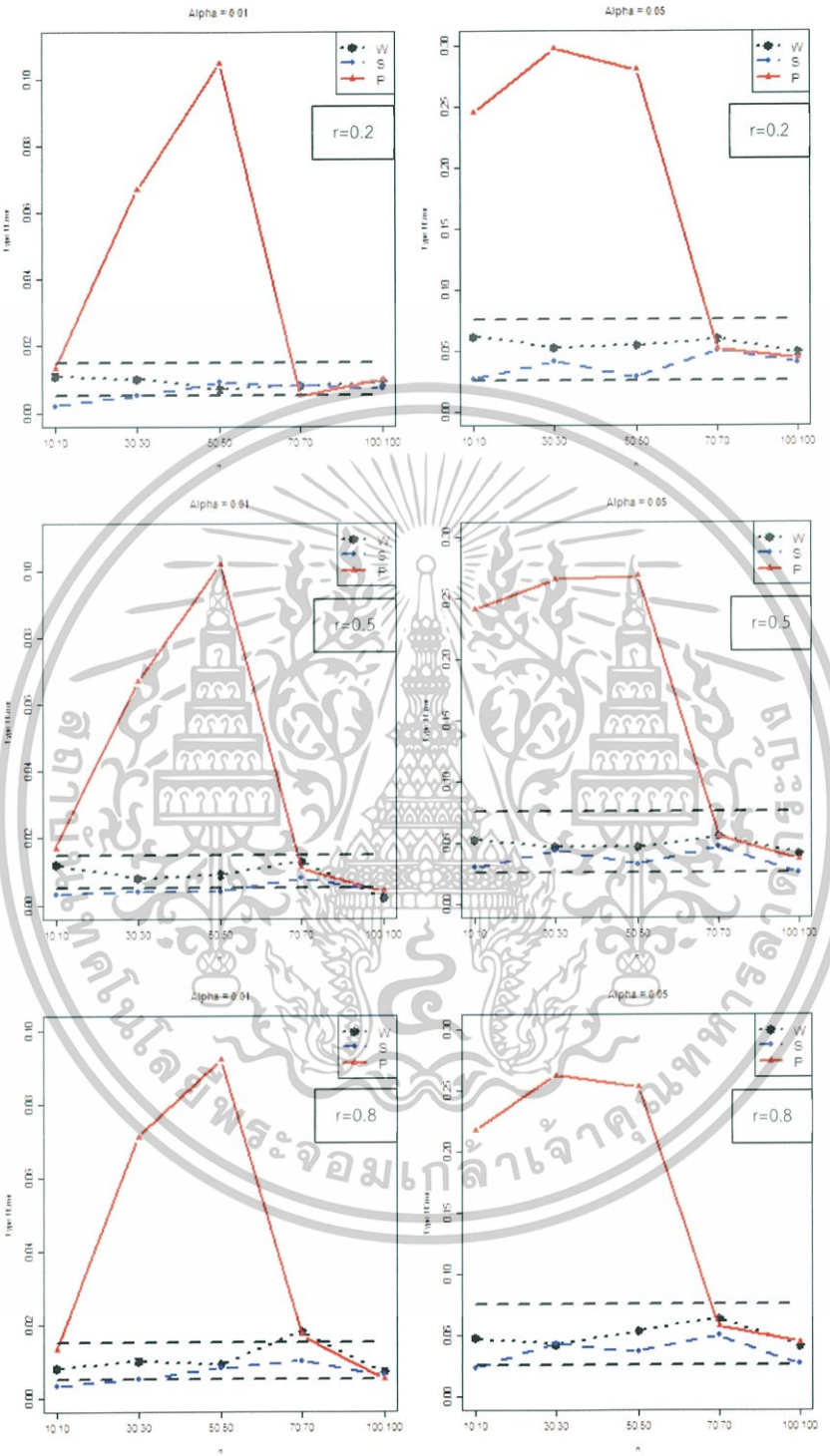


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,3))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(9,9))$$

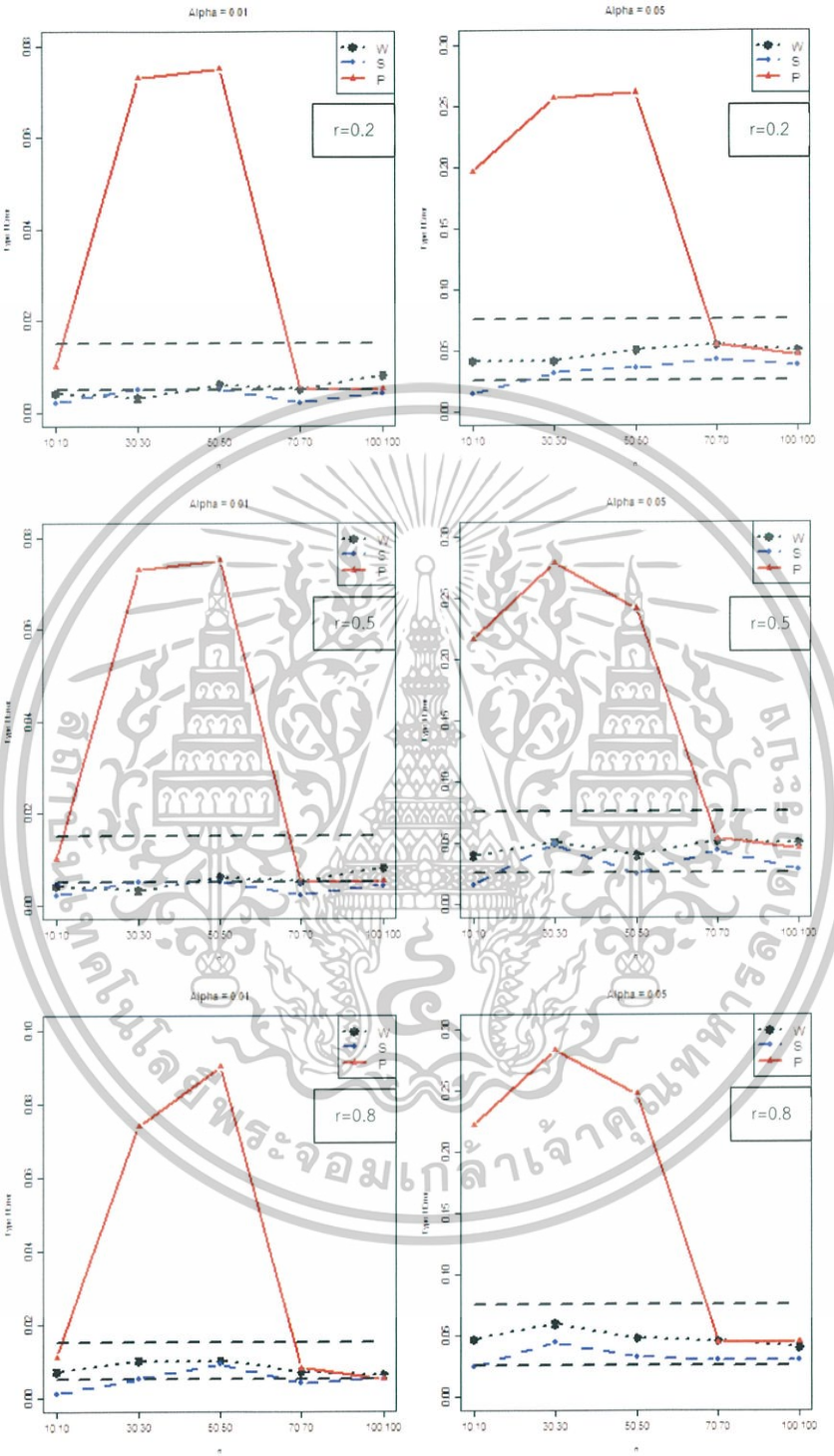


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.2 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(9,9))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(27,27))$$

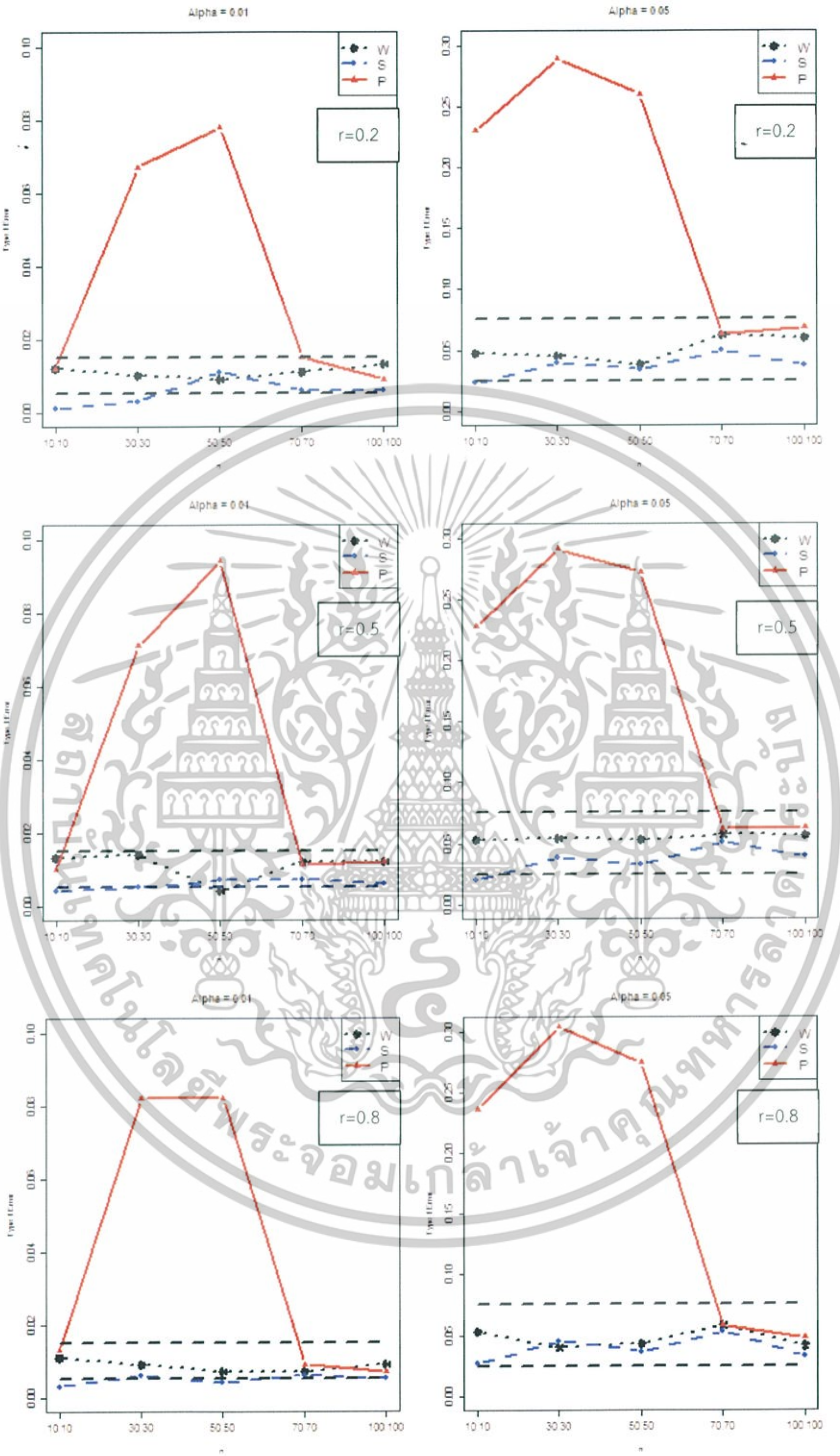


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.3 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(27,27))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,1))$$

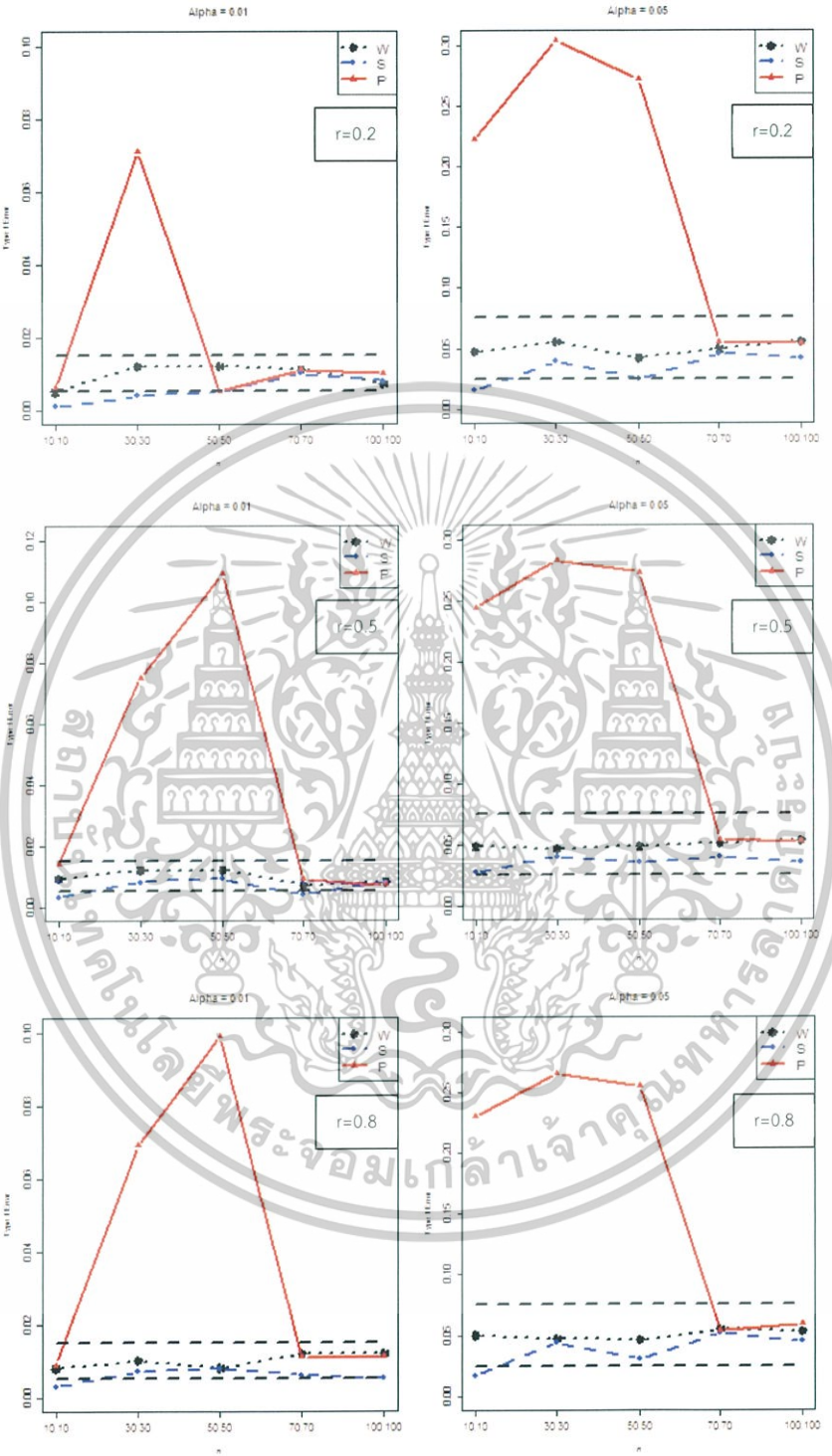


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.4 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,1))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,9))$$

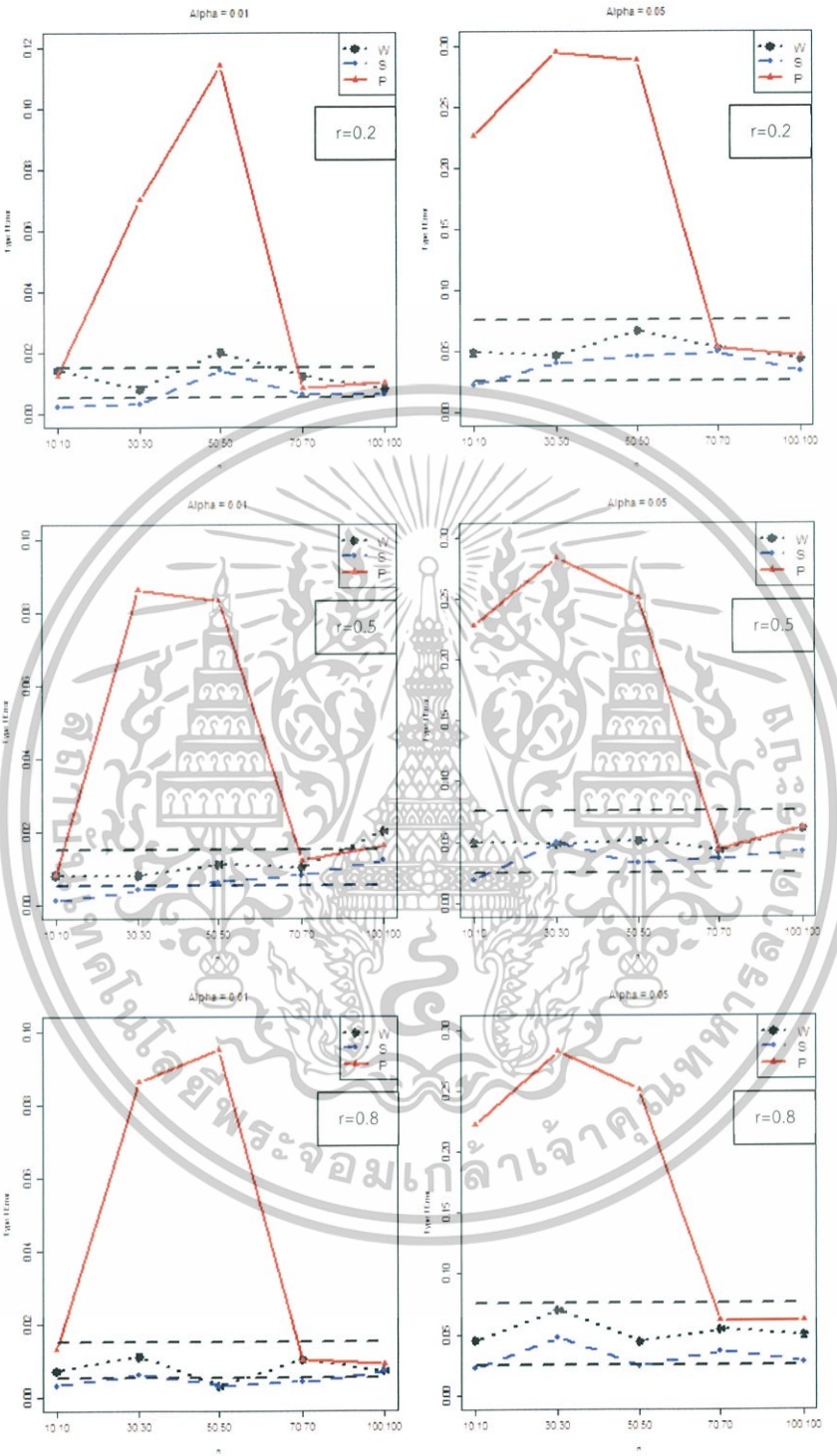


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.5 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,9))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,27))$$



หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.6 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,9),(3,27))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**28 ((28/30)×100 = 93.33)**	**30 (100)**
S	16 (53.33)	25 (83.33)
P	19 (63.33)	12 (40)

หมายเหตุ ค่าร้อยละเกิดจากสัดส่วนระหว่างจำนวนครั้งของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley ต่อจำนวนครั้งของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทั้งหมดในแต่ละระดับนัยสำคัญ

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bradley มาพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 28 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 93.33 รองลงมาคือ P มี 19 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 63.33 และ S มี 16 จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 53.33 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 30 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วน รองลงมาคือ S มี 25 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 83.33 และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**25 (83.33)**	**30 (100)**
S	16 (53.33)	25 (83.33)
P	16 (53.33)	12 (40)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5 เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bradley มาพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 25 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 83.33 รองลงมาคือ S และ P มี 16 จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 53.33 เท่ากัน ส่วนที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 30 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ S มี 25 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 83.33 และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5 ตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**28 (93.33)**	**30 (100)**
S	17 (56.67)	24 (80)
P	13 (43.33)	12 (40)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8 เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bradley มาพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 28 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 93.33 รองลงมาคือ S มี 17 จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 56.67 และ P มี 13 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 43.33 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 30 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ S มี 24 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 80 และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8 ตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 4.8 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 1

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,27),(1/3,1/3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.006[B]	0.001	0.013[B]	0.013[B]	0.003	0.013[B]	0.009[B]	0.002	0.008[B]
(30,30)	0.010[B]	0.011[B]	0.068	0.011[B]	0.008[B]	0.073	0.012[B]	0.004	0.085
(50,50)	0.015[B]	0.009[B]	0.098	0.008[B]	0.004	0.088	0.007[B]	0.008[B]	0.094
(70,70)	0.006[B]	0.005[B]	0.007[B]	0.008[B]	0.006[B]	0.007[B]	0.012[B]	0.005[B]	0.012[B]
(100,100)	0.010[B]	0.008[B]	0.010[B]	0.006[B]	0.007[B]	0.007[B]	0.009[B]	0.004	0.008[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((9,9),(1,1))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.014[B]	0.002	0.010[B]	0.012[B]	0.001	0.010[B]	0.013[B]	0.001	0.009[B]
(30,30)	0.008[B]	0.001	0.069	0.008[B]	0.004	0.057	0.010[B]	0.004	0.063
(50,50)	0.010[B]	0.007[B]	0.088	0.012[B]	0.006[B]	0.090	0.009[B]	0.005[B]	0.083
(70,70)	0.007[B]	0.006[B]	0.005[B]	0.007[B]	0.006[B]	0.006[B]	0.009[B]	0.006[B]	0.008[B]
(100,100)	0.006[B]	0.010[B]	0.005[B]	0.006[B]	0.007[B]	0.008[B]	0.009[B]	0.007[B]	0.006[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((3,3),(3,3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.006[B]	0.001	0.012[B]	0.009[B]	0.001	0.012[B]	0.006[B]	0.002	0.013[B]
(30,30)	0.012[B]	0.005[B]	0.068	0.007[B]	0.006[B]	0.056	0.007[B]	0.004	0.060
(50,50)	0.010[B]	0.008[B]	0.096	0.007[B]	0.011[B]	0.095	0.011[B]	0.010[B]	0.090
(70,70)	0.004	0.007[B]	0.009[B]	0.011[B]	0.005[B]	0.009[B]	0.003	0.002	0.002
(100,100)	0.014[B]	0.011[B]	0.014[B]	0.009[B]	0.008[B]	0.005[B]	0.013[B]	0.006[B]	0.010[B]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่ม ที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 2

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,81),(1/3,1/9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.017	0.002	0.014^{B}	0.006^{B}	0.001	0.007^{B}	0.009^{B}	0.003	0.007^{B}
(30,30)	0.012^{B}	0.007^{B}	0.068	0.011^{B}	0.007^{B}	0.075	0.010^{B}	0.005^{B}	0.073
(50,50)	0.010^{B}	0.005^{B}	0.077	0.010^{B}	0.004	0.095	0.003	0.004	0.086
(70,70)	0.009^{B}	0.004	0.013^{B}	0.010^{B}	0.008^{B}	0.009^{B}	0.015^{B}	0.008^{B}	0.013^{B}
(100,100)	0.008^{B}	0.007^{B}	0.008^{B}	0.008^{B}	0.006^{B}	0.009^{B}	0.008^{B}	0.004	0.009^{B}
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,9),(1/3,1))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.017	0.006^{B}	0.024	0.005^{B}	0.002	0.014^{B}	0.006^{B}	0.002	0.014^{B}
(30,30)	0.010^{B}	0.003	0.069	0.008^{B}	0.003	0.059	0.010^{B}	0.007^{B}	0.066
(50,50)	0.010^{B}	0.008^{B}	0.106	0.011^{B}	0.009^{B}	0.095	0.013^{B}	0.006^{B}	0.098
(70,70)	0.010^{B}	0.005^{B}	0.009^{B}	0.011^{B}	0.005^{B}	0.009^{B}	0.012^{B}	0.005^{B}	0.010^{B}
(100,100)	0.007^{B}	0.005^{B}	0.007^{B}	0.009^{B}	0.008^{B}	0.007^{B}	0.007^{B}	0.006^{B}	0.007^{B}
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,3),(1/3,3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.014^{B}	0.002	0.011^{B}	0.009^{B}	0.001	0.013^{B}	0.008^{B}	0.004	0.014^{B}
(30,30)	0.009^{B}	0.003	0.064	0.009^{B}	0.006^{B}	0.070	0.012^{B}	0.008^{B}	0.086
(50,50)	0.006^{B}	0.005^{B}	0.094	0.008^{B}	0.009^{B}	0.090	0.010^{B}	0.003	0.080
(70,70)	0.009^{B}	0.002	0.007^{B}	0.006^{B}	0.002	0.008^{B}	0.006^{B}	0.009^{B}	0.004
(100,100)	0.009^{B}	0.006^{B}	0.005^{B}	0.017	0.008^{B}	0.014^{B}	0.006^{B}	0.006^{B}	0.006^{B}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.10 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 1

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,27),(1/3,1/3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.049[B]	0.015	0.225	0.068[B]	0.026[B]	0.247	0.041[B]	0.018	0.209
(30,30)	0.042[B]	0.037[B]	0.269	0.044[B]	0.047[B]	0.267	0.063[B]	0.048[B]	0.298
(50,50)	0.053[B]	0.030[B]	0.225	0.053[B]	0.032[B]	0.270	0.049[B]	0.033[B]	0.274
(70,70)	0.049[B]	0.033[B]	0.050[B]	0.046[B]	0.042[B]	0.049[B]	0.052[B]	0.043[B]	0.043[B]
(100,100)	0.049[B]	0.041[B]	0.047[B]	0.042[B]	0.030[B]	0.035[B]	0.049[B]	0.029[B]	0.059[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((9,9),(1,1))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.046[B]	0.024	0.233	0.054[B]	0.024	0.226	0.046[B]	0.023	0.223
(30,30)	0.053[B]	0.040[B]	0.249	0.043[B]	0.037[B]	0.268	0.048[B]	0.040[B]	0.282
(50,50)	0.059[B]	0.040[B]	0.274	0.045[B]	0.033[B]	0.269	0.047[B]	0.024	0.258
(70,70)	0.049[B]	0.045[B]	0.041[B]	0.036[B]	0.039[B]	0.031[B]	0.048[B]	0.035[B]	0.048[B]
(100,100)	0.059[B]	0.033[B]	0.051[B]	0.044[B]	0.033[B]	0.042[B]	0.053[B]	0.034[B]	0.055[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((3,3),(3,3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.049[B]	0.016	0.253	0.042[B]	0.016	0.212	0.052[B]	0.029[B]	0.232
(30,30)	0.054[B]	0.044[B]	0.272	0.051[B]	0.038[B]	0.253	0.046[B]	0.036[B]	0.273
(50,50)	0.048[B]	0.034[B]	0.262	0.039[B]	0.038[B]	0.244	0.043[B]	0.030[B]	0.254
(70,70)	0.043[B]	0.045[B]	0.048[B]	0.054[B]	0.057[B]	0.044[B]	0.036[B]	0.029[B]	0.046[B]
(100,100)	0.049[B]	0.040[B]	0.047[B]	0.053[B]	0.037[B]	0.047[B]	0.056[B]	0.039[B]	0.058[B]

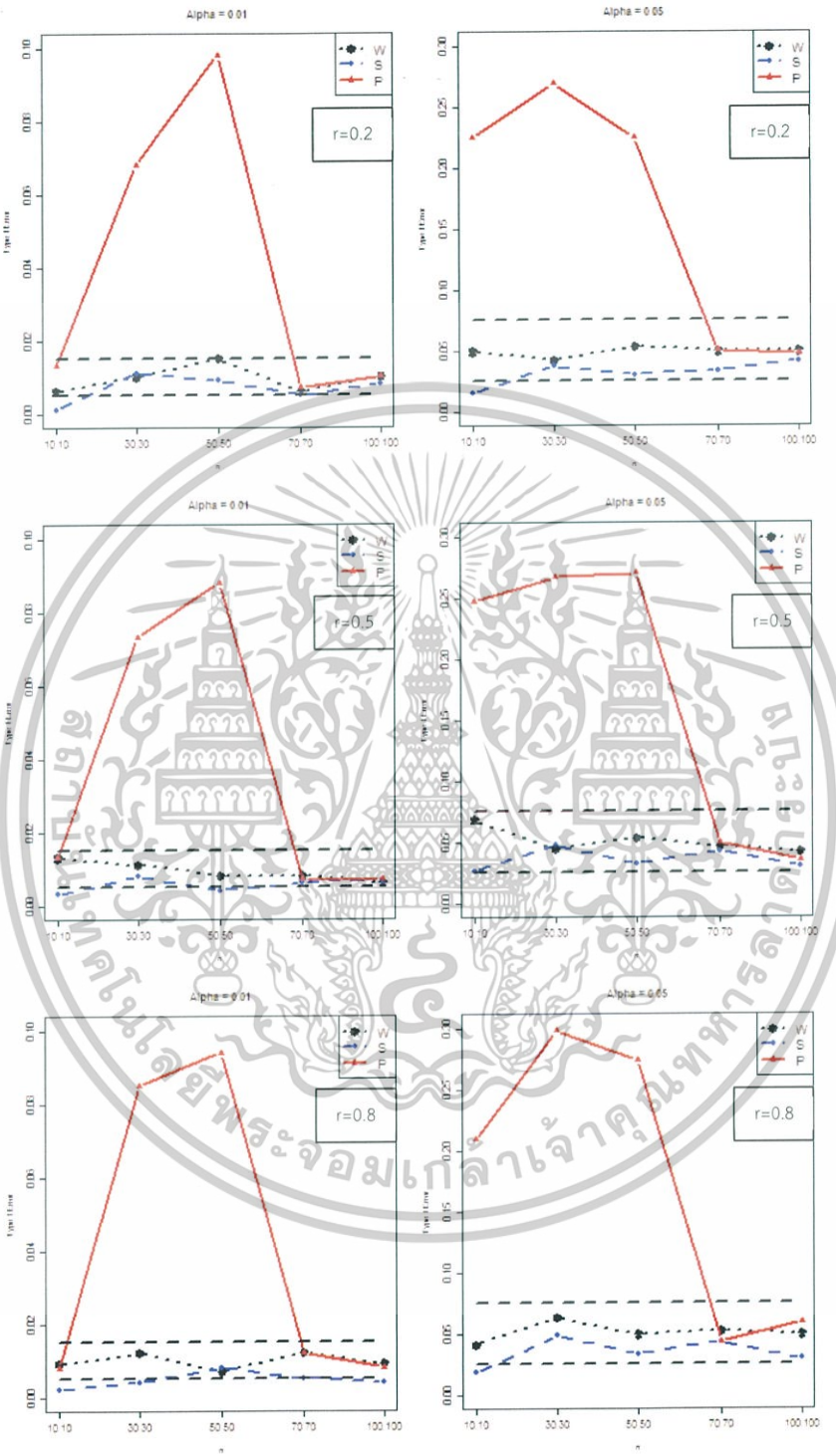
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 2

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,81),(1/3,1/9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.050[B]	0.022	0.247	0.038[B]	0.016	0.210	0.045[B]	0.016	0.209
(30,30)	0.050[B]	0.039[B]	0.270	0.045[B]	0.046[B]	0.271	0.046[B]	0.049[B]	0.284
(50,50)	0.051[B]	0.030[B]	0.241	0.053[B]	0.030[B]	0.258	0.044[B]	0.027[B]	0.270
(70,70)	0.058[B]	0.045[B]	0.049[B]	0.050[B]	0.047[B]	0.054[B]	0.056[B]	0.047[B]	0.053[B]
(100,100)	0.051[B]	0.037[B]	0.050[B]	0.050[B]	0.034[B]	0.048[B]	0.041[B]	0.036[B]	0.040[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,9),(1/3,1))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.067[B]	0.033[B]	0.238	0.046[B]	0.025[B]	0.232	0.045[B]	0.020	0.202
(30,30)	0.047[B]	0.037[B]	0.285	0.051[B]	0.031[B]	0.257	0.035[B]	0.042[B]	0.278
(50,50)	0.055[B]	0.045[B]	0.246	0.042[B]	0.030[B]	0.269	0.055[B]	0.039[B]	0.264
(70,70)	0.050[B]	0.045[B]	0.047[B]	0.055[B]	0.042[B]	0.049[B]	0.055[B]	0.036[B]	0.061[B]
(100,100)	0.053[B]	0.037[B]	0.055[B]	0.045[B]	0.032[B]	0.040[B]	0.061[B]	0.038[B]	0.061[B]
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,3),(1/3,3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.049[B]	0.024	0.241	0.048[B]	0.019	0.249	0.058[B]	0.027[B]	0.237
(30,30)	0.050[B]	0.036[B]	0.283	0.048[B]	0.041[B]	0.274	0.053[B]	0.049[B]	0.320
(50,50)	0.042[B]	0.035[B]	0.243	0.045[B]	0.036[B]	0.261	0.042[B]	0.026[B]	0.253
(70,70)	0.030[B]	0.029[B]	0.035[B]	0.037[B]	0.027[B]	0.041[B]	0.035[B]	0.038[B]	0.035[B]
(100,100)	0.046[B]	0.036[B]	0.046[B]	0.053[B]	0.042[B]	0.057[B]	0.045[B]	0.039[B]	0.039[B]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MG((27,27),(1/3,1/3))$$

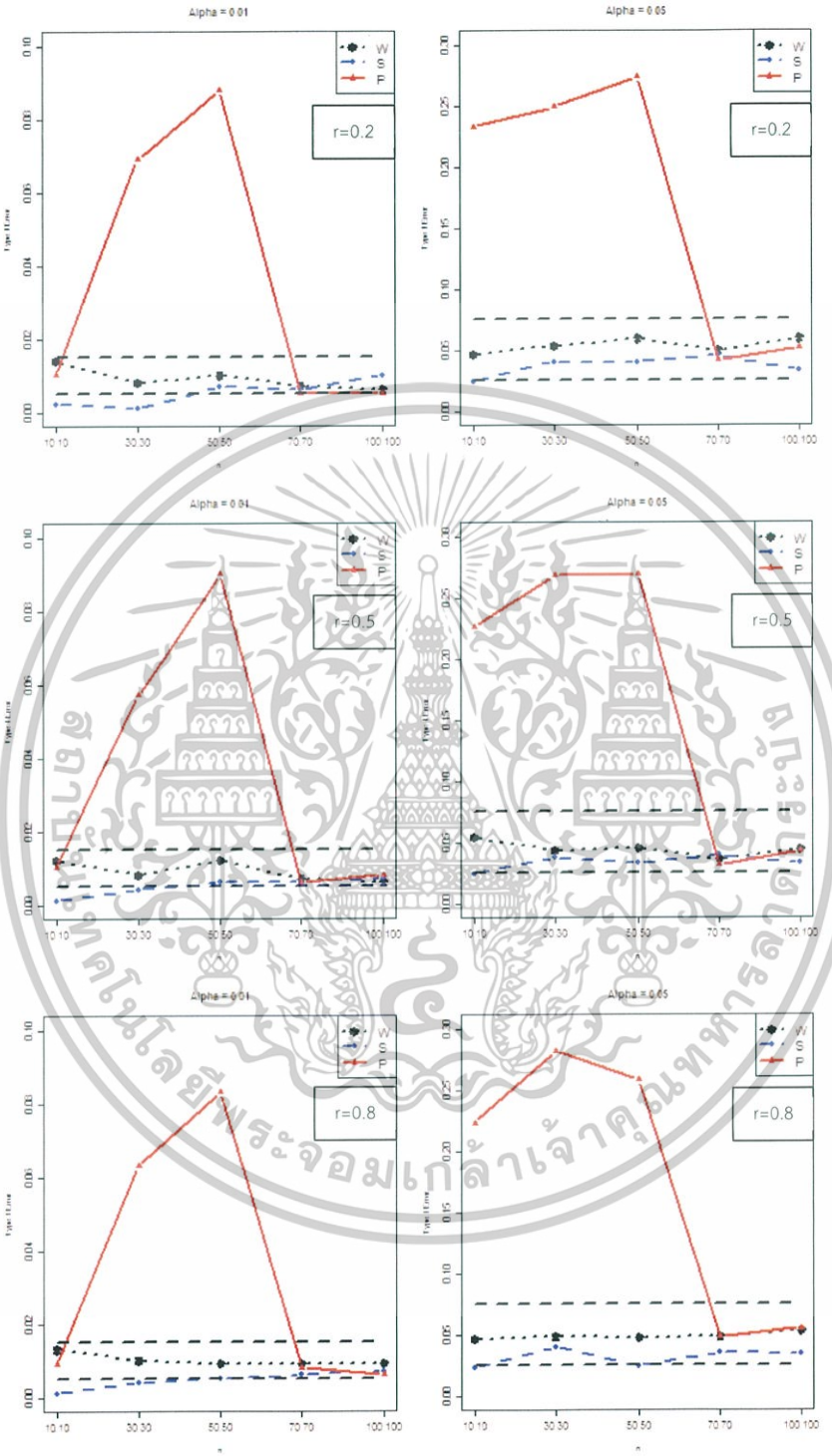


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.7 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MG((27,27),(1/3,1/3))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัย ใช้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1,X_2) \sim MG((9,9),(1,1))$$

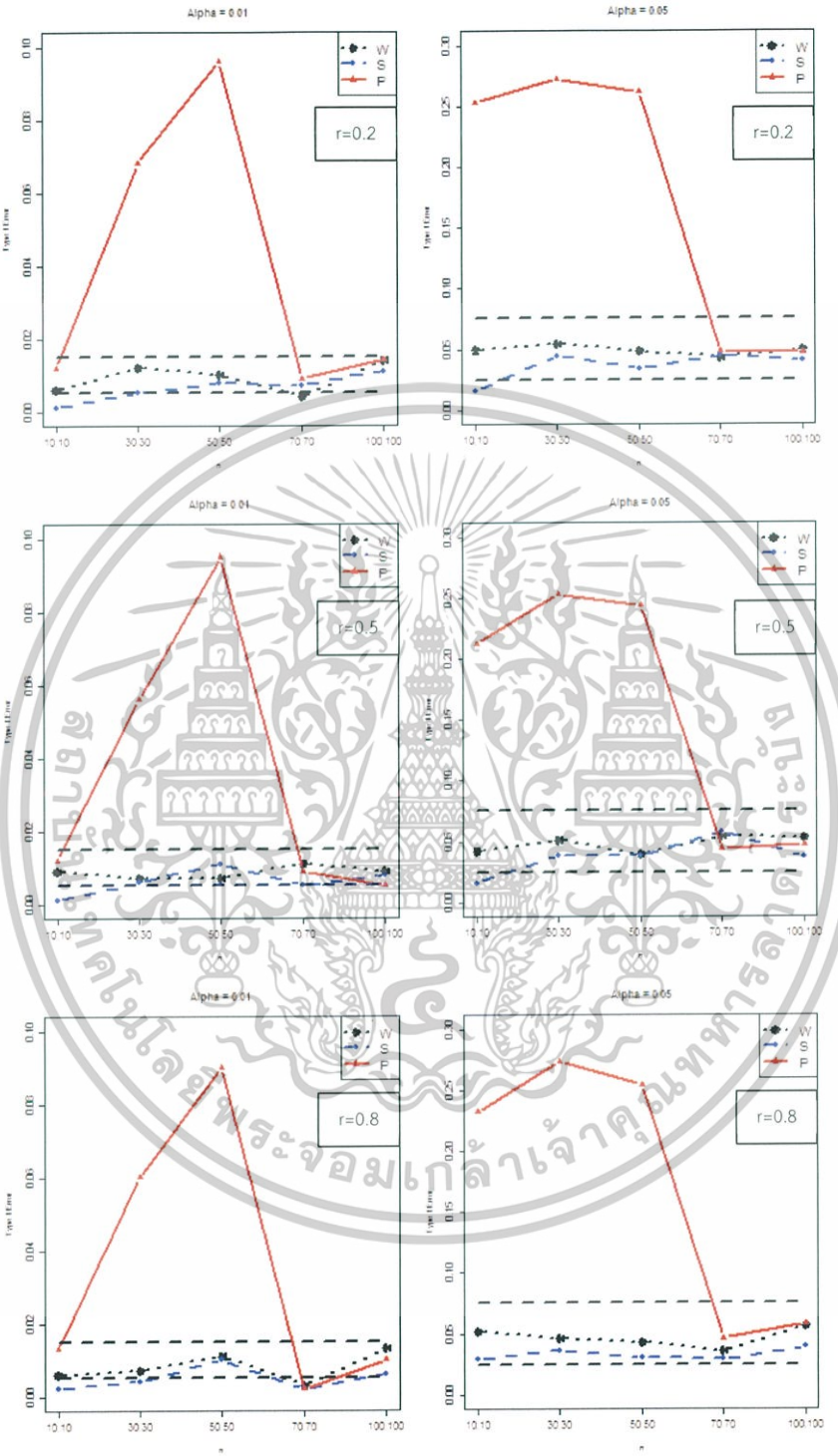


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.8 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมม่าหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((9,9),(1,1))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1,X_2) \sim MG((3,3),(3,3))$$

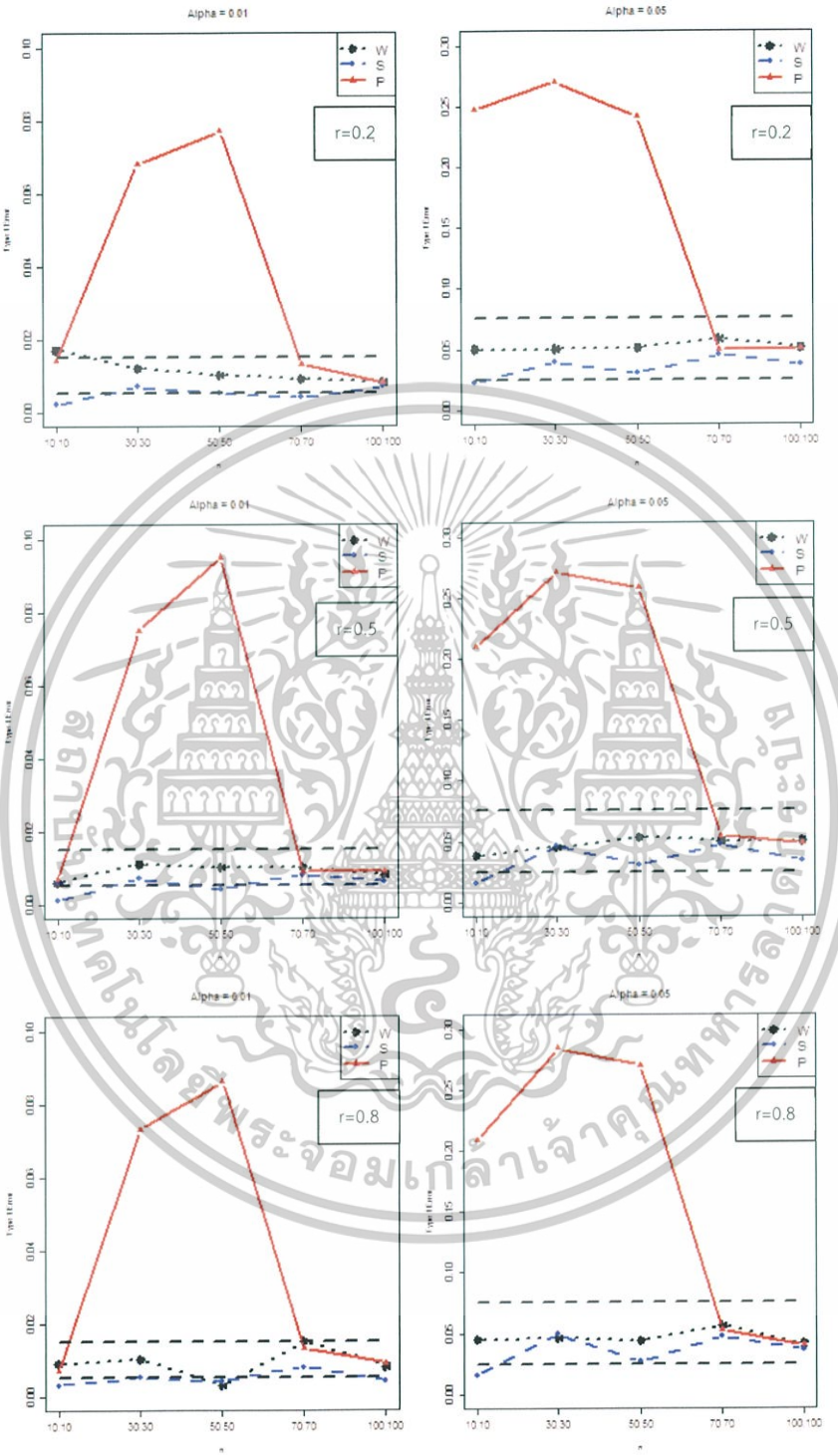


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.9 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((3,3),(3,3))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MG((27,81),(1/3,1/9))$$

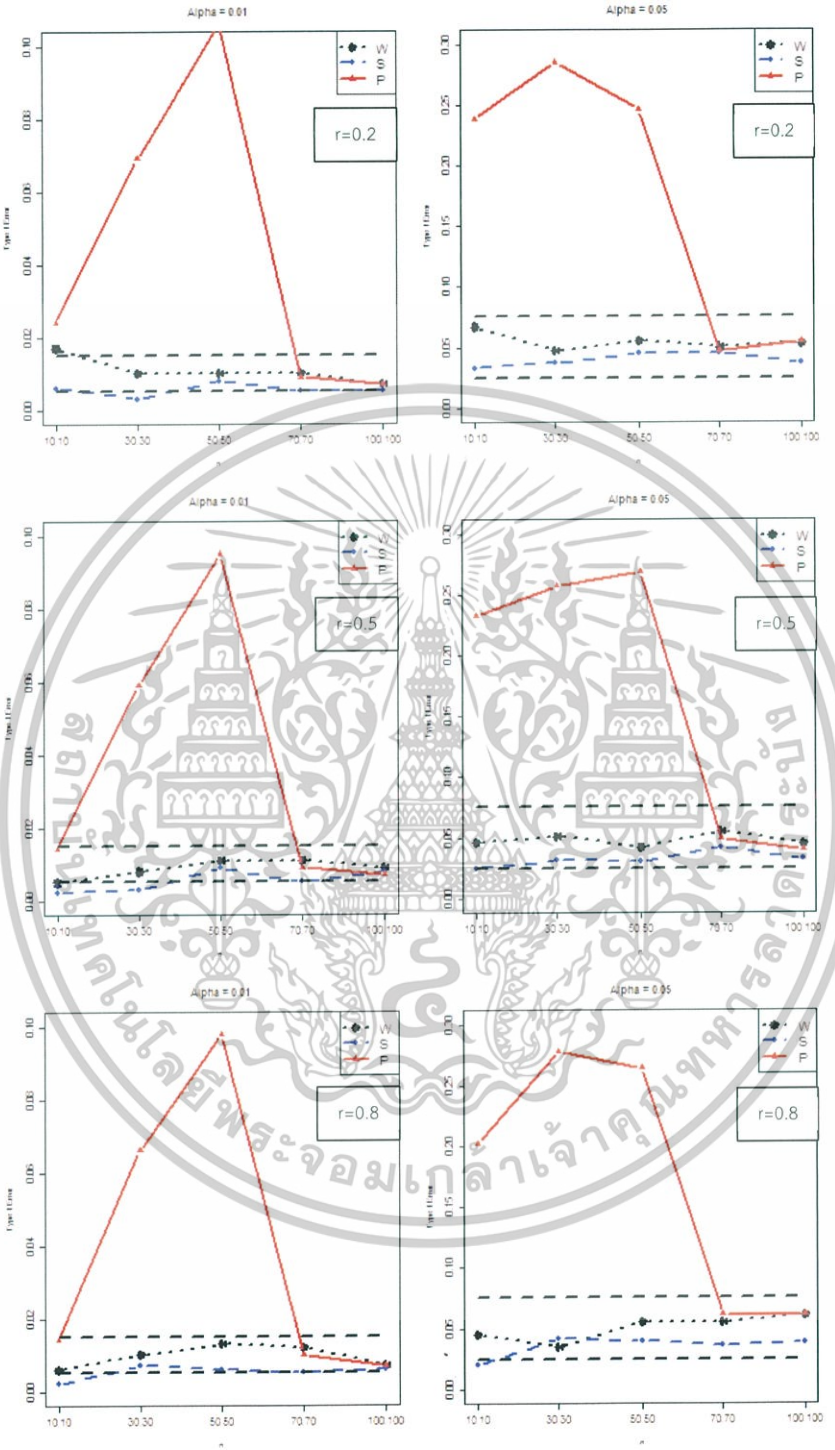


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.10 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MG((27,81),(1/3,1/9))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MG((27,9),(1/3,1))$$

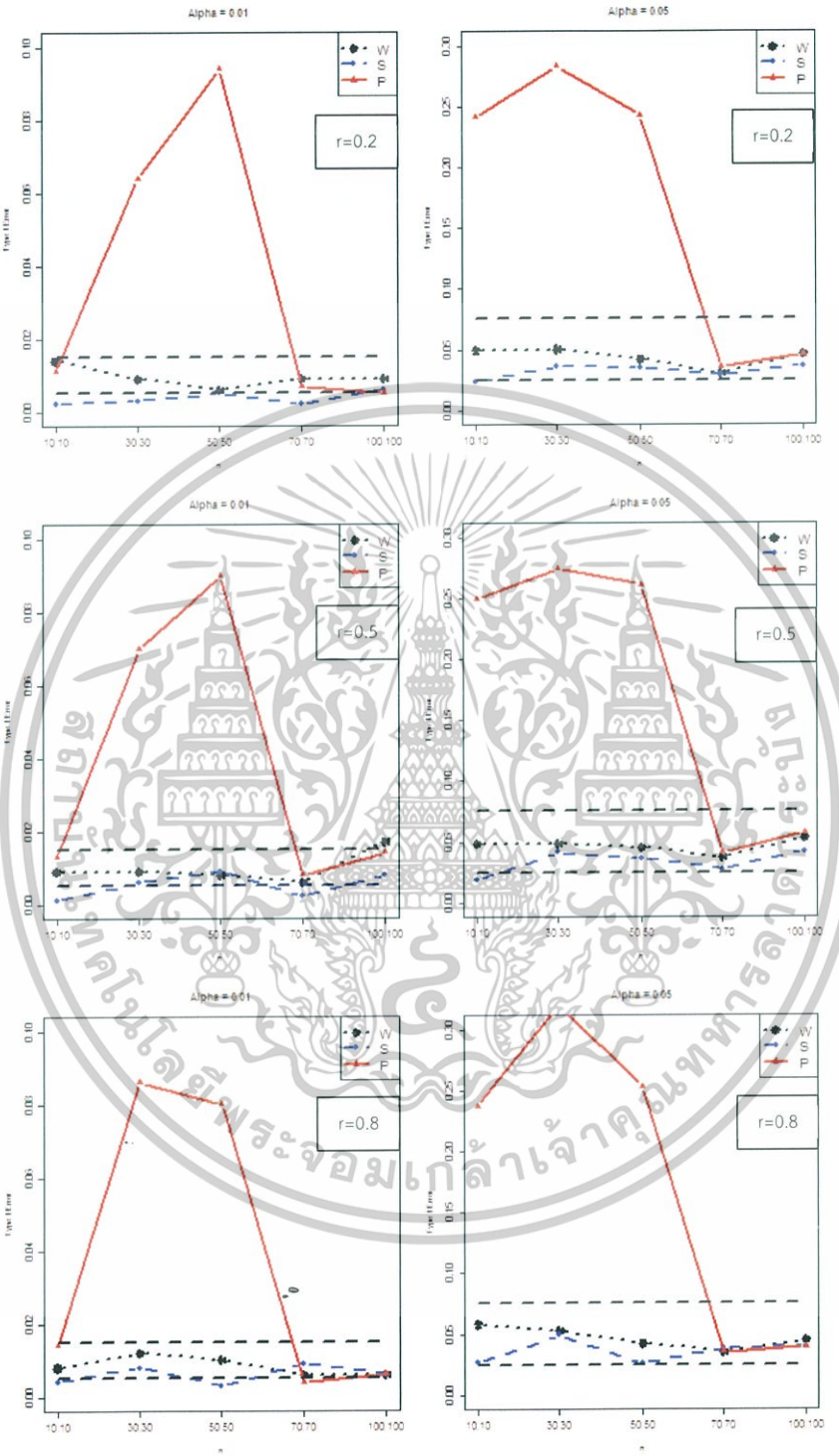


หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.11 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมม้ามาหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MG((27,9),(1/3,1))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MG((27,3),(1/3,3))$$



หมายเหตุ (- - - - - -) หมายถึง เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.12 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MG((27,3),(1/3,3))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**27 (90)**	**30 (100)**
S	20 (66.67)	25 (83.33)
P	17 (56.67)	12 (40)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bradley มาพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 27 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 90 รองลงมาคือ S มี 20 จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 66.67 และ P มี 17 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 56.67 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 30 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ S มี 25 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 83.33 และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**29 (96.67)**	**30 (100)**
S	19 (63.33)	26 (86.67)
P	18 (60)	12 (40)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5 เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bradley มาพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 29 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 96.67 รองลงมาคือ S มี 19 จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 63.33 และ P มี 18 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 60 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 30 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ S มี 26 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 86.67 และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5 ตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 จำนวน (ร้อยละ) ของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**28 (93.33)**	**30 (100)**
S	16 (53.33)	25 (83.33)
P	16 (53.33)	12 (40)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8 เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bradley มาพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 28 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 93.33 รองลงมาคือ S และ P มี 16 จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 53.33 เท่ากัน ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด มี 30 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ S มี 25 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 83.33 และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8 ตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

4.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

การคำนวณกำลังการทดสอบของแต่ละตัวสถิติทดสอบจะใช้ข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันทั้งสองกลุ่ม ขนาดตัวอย่าง การแจกแจงของประชากร พารามิเตอร์สำหรับการแจกแจง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และระดับนัยสำคัญ ตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในหัวข้อขอบเขตของการวิจัย โดยผลการเปรียบเทียบศึกษาเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley มีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 4.15 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 3

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.802	-	0.803*	0.948*	-	0.936	1.000*	-	1.000*
(30,30)	1.000*	-	-	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-
(50,50)	1.000*	-	-	1.000*	1.000*	-	1.000*	-	-
(70,70)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-	1.000*
(100,100)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	-	1.000*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(9,9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.255	-	0.305*	0.505*	-	-	0.915*	-	0.910
(30,30)	0.932*	0.710	-	0.988*	-	-	1.000*	0.999	-
(50,50)	0.995*	0.946	-	1.000*	-	-	1.000*	1.000*	-
(70,70)	1.000*	0.990	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	-	1.000*	-
(100,100)	1.000*	1.000*	1.000*	-	-	-	1.000*	1.000*	1.000*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(27,27))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.070	-	0.107*	-	-	0.189*	0.380	-	0.437*
(30,30)	0.424*	-	-	-	0.383*	-	0.981*	0.828	-
(50,50)	0.662*	0.444	-	0.884*	0.653	-	1.000*	0.981	-
(70,70)	-	-	0.883*	0.985	-	0.986*	1.000*	-	1.000*
(100,100)	0.957	-	0.967*	1.000*	-	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*

หมายเหตุ * หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

- หมายถึง กำลังการทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 4

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,1))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.920*	-	0.912	0.987*	-	0.978	1.000*	-	1.000*
(30,30)	1.000*	-	-	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-
(50,50)	1.000*	1.000*	-	-	1.000*	-	1.000*	-	-
(70,70)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
(100,100)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.412	-	0.448*	0.604	-	0.621*	0.906*	-	0.885
(30,30)	0.987*	-	-	1.000*	0.979	-	1.000*	1.000*	-
(50,50)	1.000*	0.992	1.000*	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-
(70,70)	1.000*	0.999	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
(100,100)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,27))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.148	-	0.182*	0.180	-	0.226*	0.257*	-	0.324
(30,30)	0.642*	-	-	0.772*	-	-	0.898*	0.659	-
(50,50)	-	0.696*	-	0.955*	0.797	-	-	-	-
(70,70)	0.980*	0.822	0.979	0.996*	0.935	0.995	1.000*	-	1.000*
(100,100)	1.000*	0.978	1.000*	-	0.997*	-	1.000*	1.000*	1.000*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.17 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 3

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,3))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.959*	-	-	0.999*	-	-	1.000*	-	-
(30,30)	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-
(50,50)	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-
(70,70)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
(100,100)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(9,9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.572*	0.305	-	0.809*	0.529	-	0.993*	-	-
(30,30)	0.981*	0.912	-	1.000*	0.981	-	1.000*	1.000*	-
(50,50)	1.000*	0.987	-	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-
(70,70)	1.000*	0.999	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
(100,100)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(27,27))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.231*	-	-	0.366*	-	-	0.710*	-	-
(30,30)	0.676*	0.494	-	0.847*	0.666	-	0.998*	0.969	-
(50,50)	0.867*	0.654	-	0.972*	-	-	1.000*	0.995	-
(70,70)	0.973	0.856	0.981*	0.998*	0.958	0.998*	1.000*	1.000*	1.000*
(100,100)	0.987	0.923	0.989*	1.000*	0.995	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*

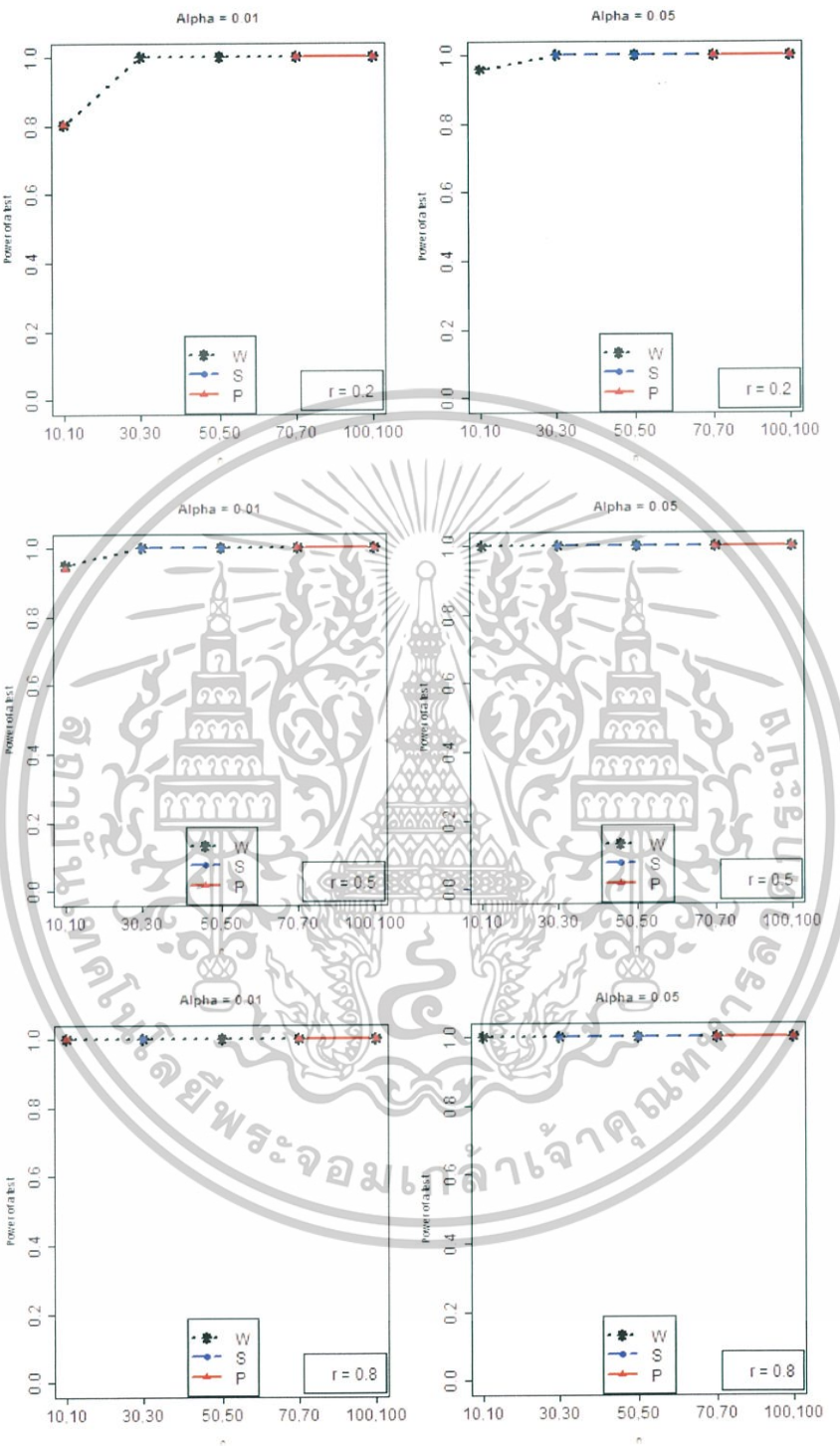
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 4

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,1))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.991*	-	-	1.000*	-	-	1.000*	1.000*	-
(30,30)	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-
(50,50)	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-
(70,70)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
(100,100)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,9))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.724*	-	-	0.900*	-	-	0.989*	-	-
(30,30)	0.998*	0.987	-	1.000*	0.999	-	1.000*	1.000*	-
(50,50)	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-	1.000*	1.000*	-
(70,70)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
(100,100)	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,27))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.341*	-	-	0.429*	-	-	0.571*	-	-
(30,30)	0.866*	0.675	-	0.926*	0.791	-	0.979*	0.885	-
(50,50)	0.980*	0.863	-	0.987*	0.924	-	0.999*	-	-
(70,70)	1.000*	0.966	1.000*	0.999	0.984	1.000*	1.000*	0.998	1.000*
(100,100)	1.000*	0.997	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*	1.000*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

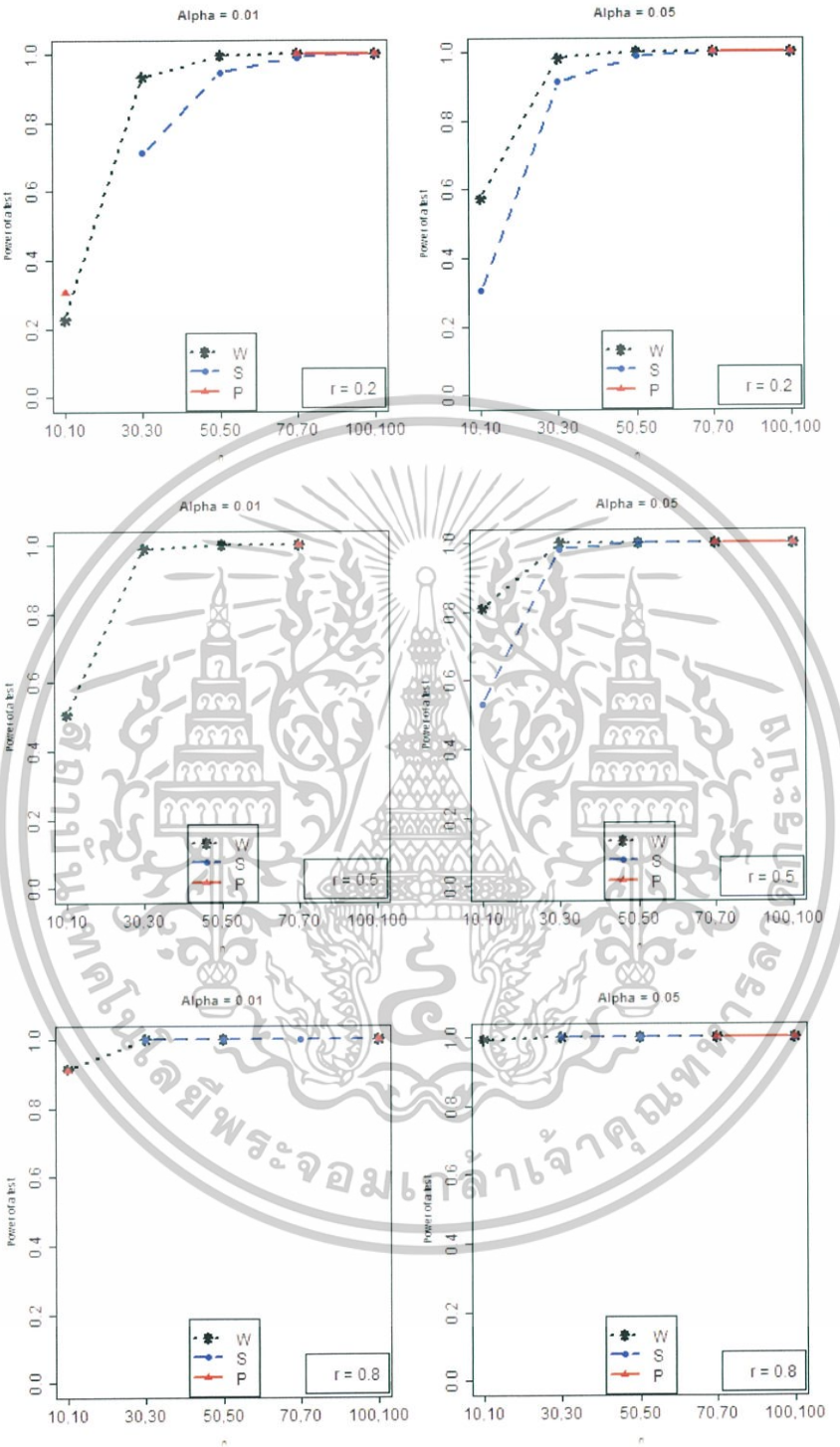
$$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,3))$$



รูปที่ 4.13 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,3))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

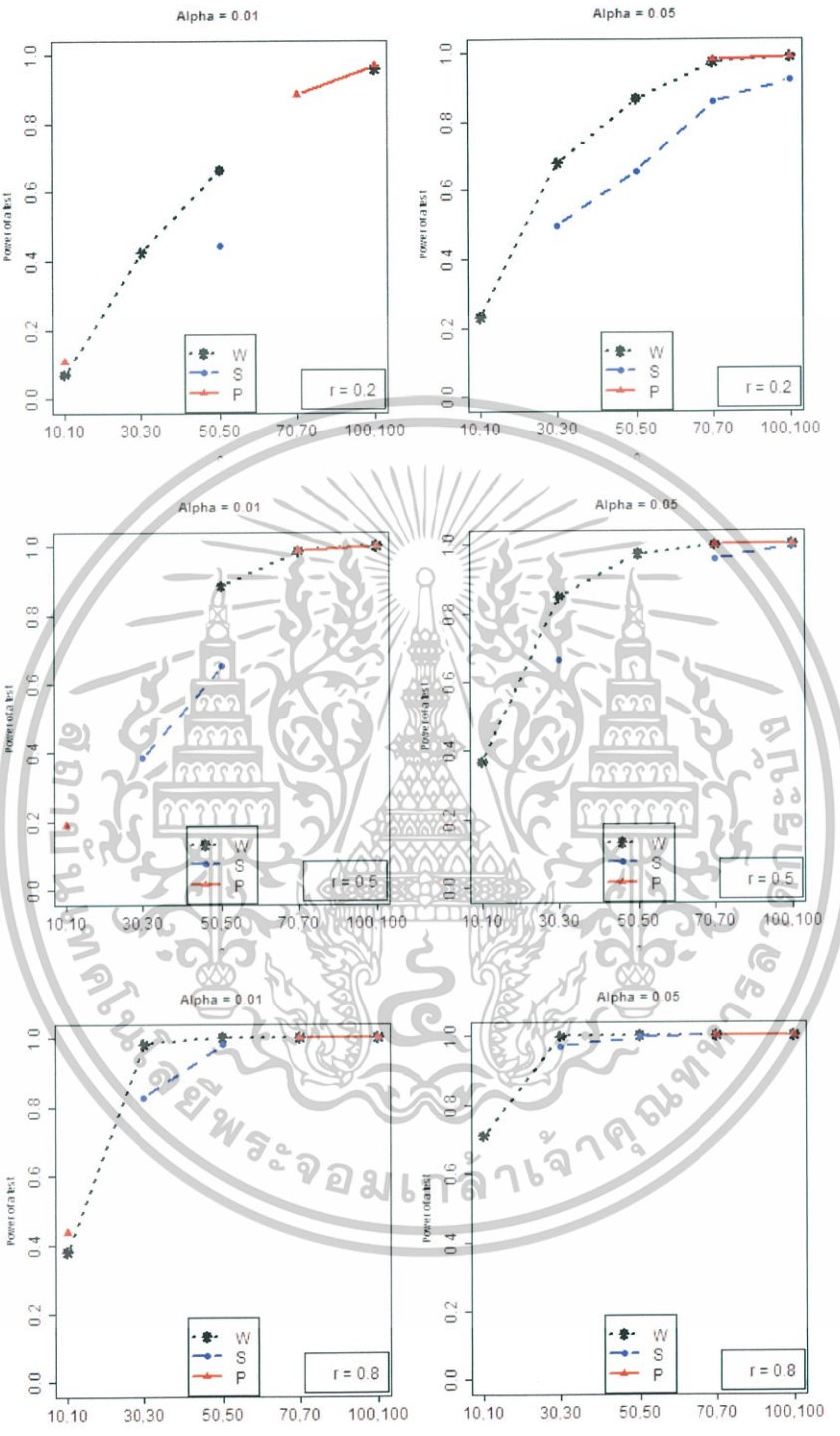
$$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(9,9))$$



รูปที่ 4.14 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(9,9))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

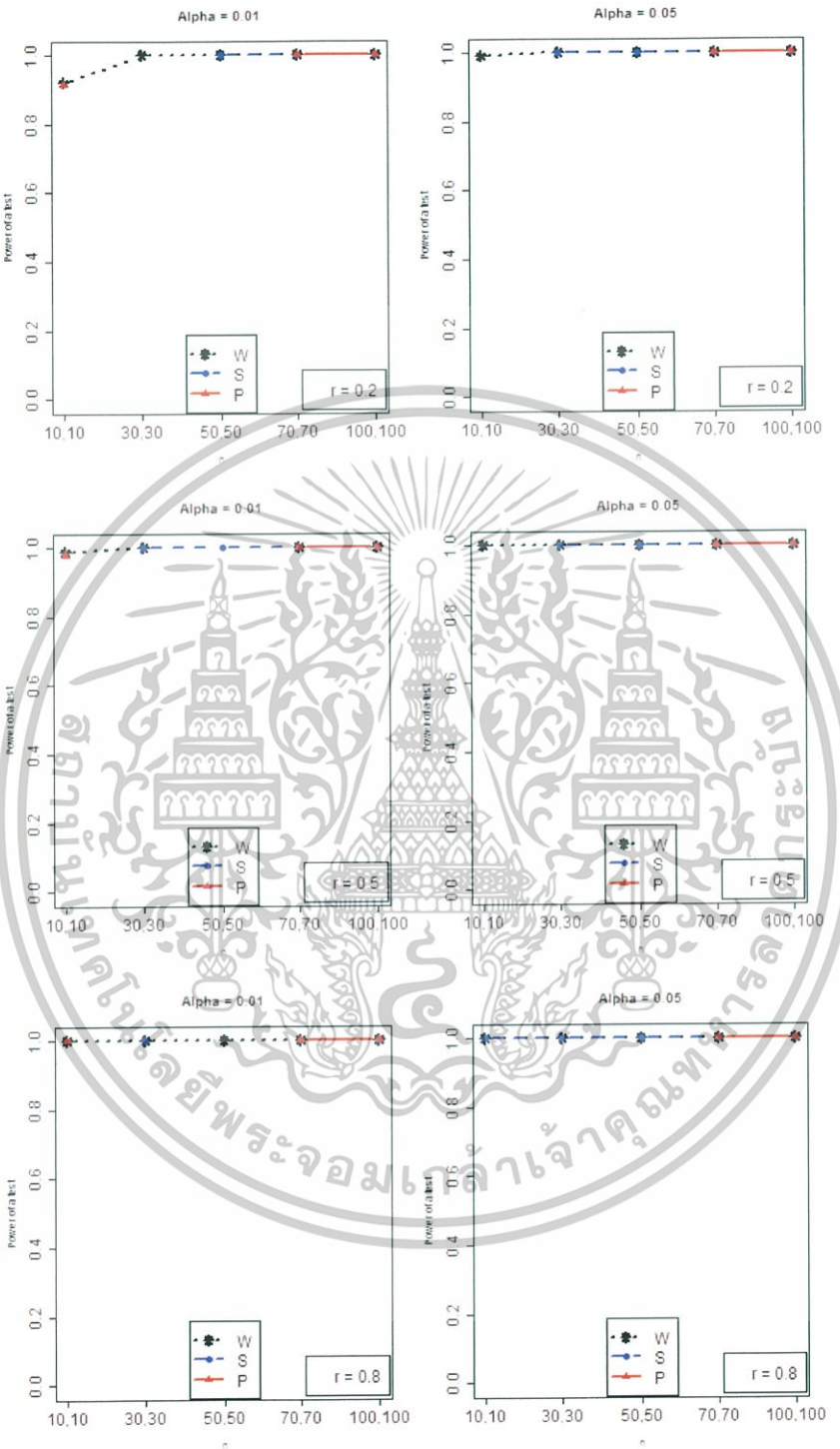
$$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(27,27))$$



รูปที่ 4.15 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(27,27))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

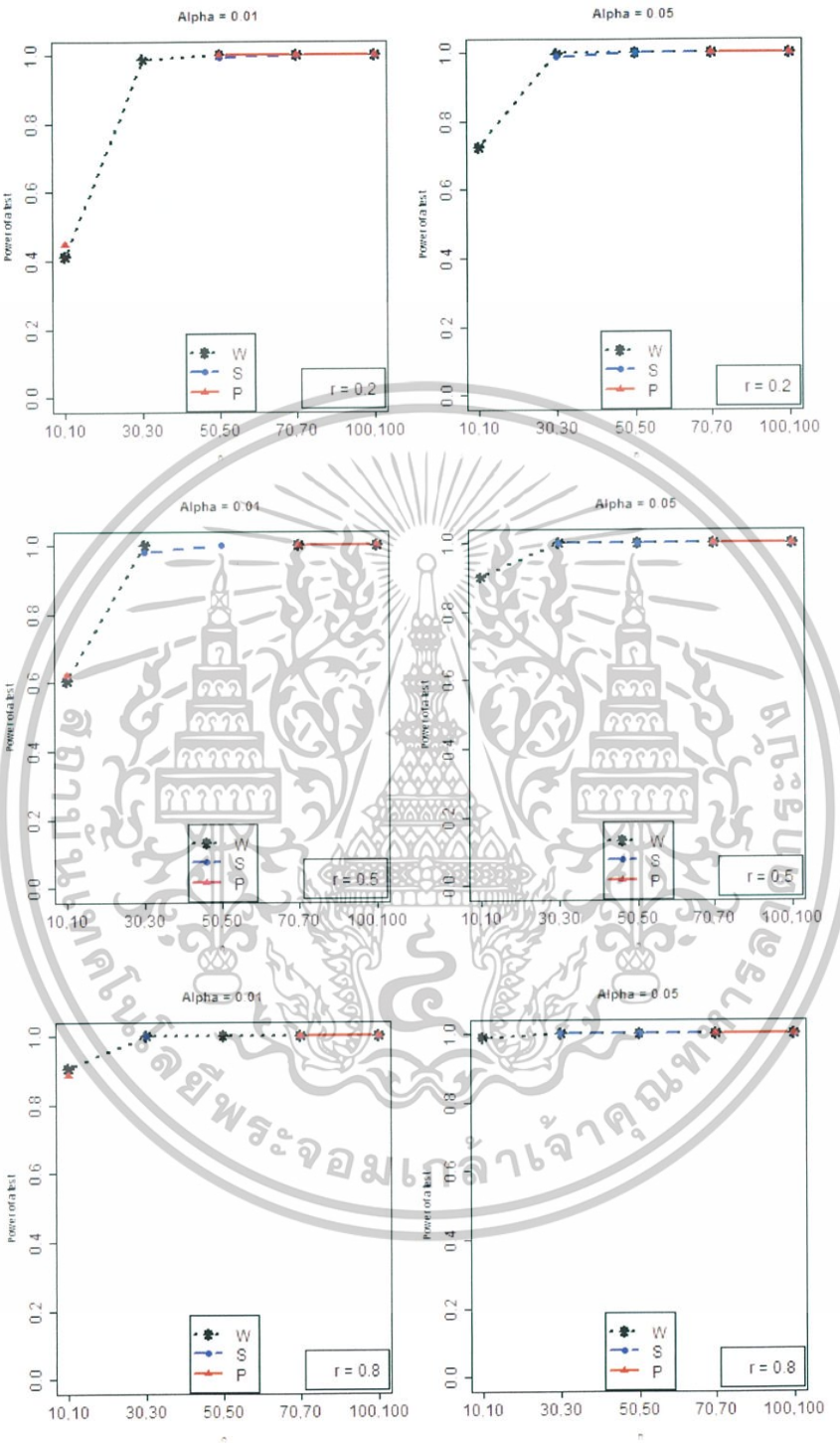
$$(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,1))$$



รูปที่ 4.16 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MN((9,12),(3,1))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

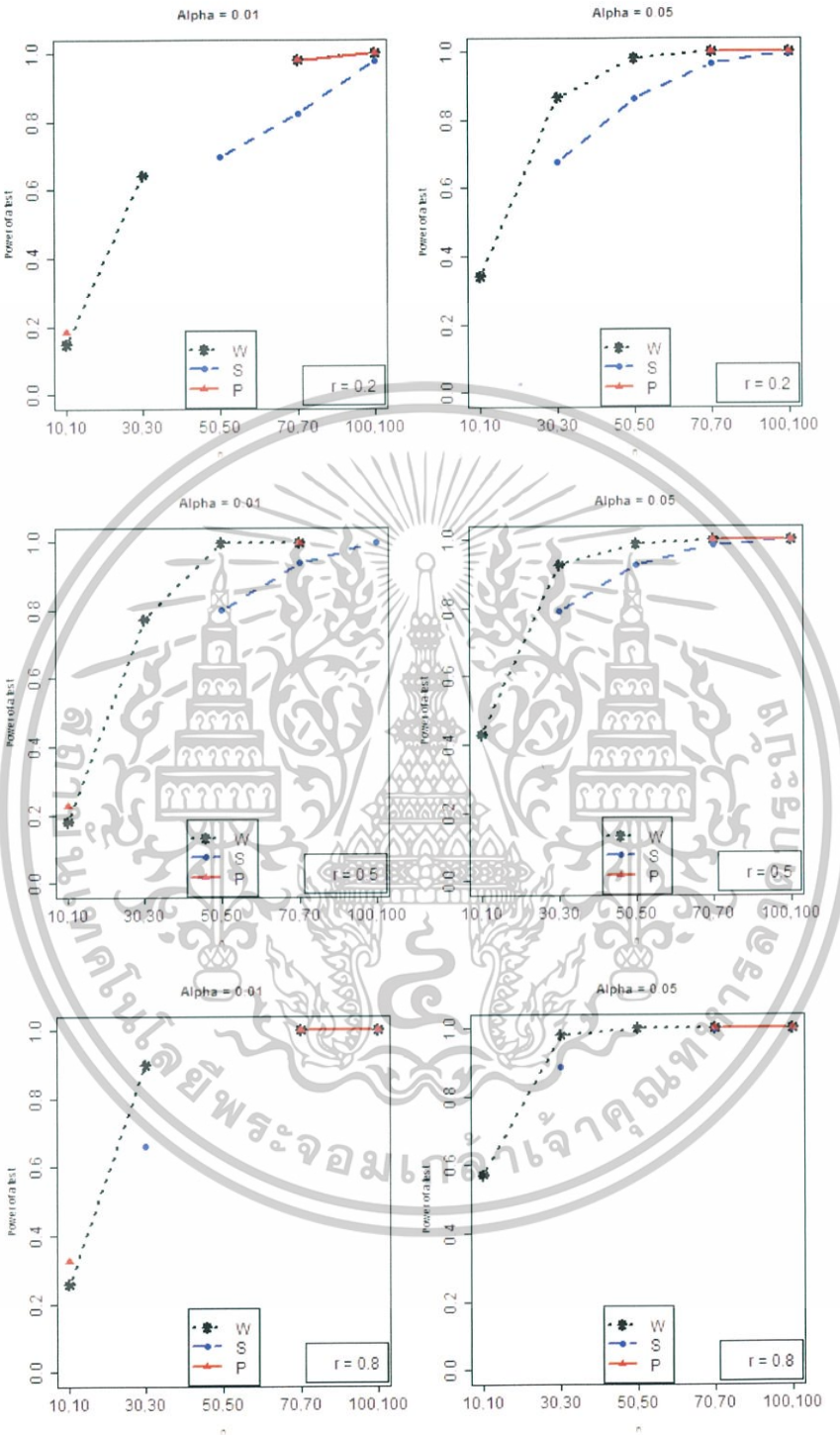
$$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,9))$$



รูปที่ 4.17 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,9))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,27))$$



รูปที่ 4.18 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MN((9,12),(3,27))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**22 ((22/30)×100 = 73.33)**	**28 (93.33)**
S	8 (26.67)	12 (40)
P	17 (56.67)	12 (40)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 22 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 73.33 รองลงมาคือ P มี 17 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็น ร้อยละ 56.67 และ S มี 8 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 26.67 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 28 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 93.33 รองลงมาคือ S และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 12 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40 เท่ากัน

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**22 (73.33)**	**29 (96.67)**
S	12 (40)	15 (50)
P	12 (40)	12 (40)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 22 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 73.33 รองลงมาคือ S และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 12 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40 เท่ากัน ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 29 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 96.67 รองลงมาคือ S มี 15 ครั้ง จากทั้งหมด 24 คิดเป็นร้อยละ 50 และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 12 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**27 (90)**	**30 (100)**
S	13 (43.33)	20 (66.67)
P	14 (46.67)	12 (40)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 27 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 90 รองลงมาคือ P มี 14 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 46.67 และ S มี 13 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 43.33 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 30 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ S มี 20 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 66.67 และ P มี 12 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 4.22 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 3

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,48),(1/3,1/4))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.008	-	0.016*	0.005	-	0.011*	0.006	-	0.009*
(30,30)	0.006*	0.004	-	0.014*	0.004	-	0.009*	-	-
(50,50)	0.004	0.007*	-	0.006*	-	-	0.007*	0.005	-
(70,70)	0.014	0.006	0.015*	0.011*	0.008	0.011*	0.008*	0.003	0.005
(100,100)	0.005*	0.005*	0.005*	0.010	0.006	0.011*	0.010*	-	0.010*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((9,16),(1,3/4))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.007	-	0.011*	0.006	-	0.013*	0.012	-	0.014*
(30,30)	0.012*	-	-	0.015*	-	-	0.007*	-	-
(50,50)	0.008*	0.005	-	0.007*	0.006	-	0.010*	0.005	-
(70,70)	0.010	0.006	0.012*	0.009*	0.004	0.007	0.006	0.004	0.008*
(100,100)	0.012*	0.005	0.012*	0.005	0.008*	0.006	0.009*	0.006	0.006
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((3,5),(3,58/25))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.011	-	0.014*	0.007	-	0.010*	0.011	-	0.014*
(30,30)	0.013*	0.005	-	0.013*	0.005	-	0.008*	-	-
(50,50)	0.006*	0.004	-	0.008	0.009*	-	0.013*	0.009	-
(70,70)	-	0.007	0.010*	0.012*	0.005	0.010	-	-	-
(100,100)	0.007*	0.007*	0.004	0.003*	0.002	0.003*	0.013	0.012	0.017*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.01 ตามกรณี 4

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,144),(1/3,1/12))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	-	-	0.005*	0.006*	-	0.005	0.012	-	0.013*
(30,30)	0.011*	0.007	-	0.007*	0.002	-	0.015*	0.004	-
(50,50)	0.011*	0.007	-	0.007*	-	-	-	-	-
(70,70)	0.007*	-	0.005	0.013*	0.009	0.010	0.008*	0.003	0.006
(100,100)	0.008*	0.007	0.006	0.008	0.004	0.011*	0.013*	-	0.011
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,16),(1/3,3/4))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	-	0.001*	-	0.006	-	0.014*	0.002	-	0.011*
(30,30)	0.013*	-	-	0.011*	-	-	0.013*	0.006	-
(50,50)	0.005	0.009*	-	0.010*	0.008	-	0.011*	0.009	-
(70,70)	0.011	0.006	0.012*	0.008*	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005*
(100,100)	0.005	0.007*	0.005	0.012*	0.005	0.010	0.009	0.006	0.011*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,5),(1/3,58/25))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.011*	-	0.009	0.012*	-	0.011	0.007*	-	0.005
(30,30)	0.014*	-	-	0.016*	0.004	-	0.012*	0.005	-
(50,50)	0.011*	0.007	-	0.007*	0.006	-	0.008*	-	-
(70,70)	0.010*	-	0.009	0.010*	-	0.006	0.009*	0.004	-
(100,100)	0.013	0.006	0.014*	-	0.008	0.013*	0.007	0.006	0.009*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.24 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 3

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,48),(1/3,1/4))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.046*	-	-	0.043*	0.017	-	0.049*	-	-
(30,30)	0.062*	0.044	-	0.044*	0.041	-	0.063*	0.051	-
(50,50)	0.045*	0.031	-	0.045*	0.022	-	0.056*	0.030	-
(70,70)	0.057*	0.042	0.053	0.043	0.041	0.050*	0.039*	0.038	0.038
(100,100)	0.040	0.028	0.050*	0.051*	0.038	0.050	0.051*	0.031	0.049
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((9,16),(1,3/4))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.042*	-	-	0.053*	-	-	0.051*	-	-
(30,30)	0.049*	0.047	-	0.054*	0.045	-	0.051*	0.035	-
(50,50)	0.053*	0.033	-	0.057*	0.033	-	0.050*	-	-
(70,70)	0.059	0.049	0.060*	0.049	0.039	0.052*	0.049*	0.046	0.049*
(100,100)	0.041	0.027	0.046*	0.052*	0.037	0.051	0.055*	0.029	0.054
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((3,5),(3,58/25))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.060*	-	-	0.043*	-	-	0.052*	0.027	-
(30,30)	0.051*	0.045	-	0.049*	0.041	-	0.046*	0.045	-
(50,50)	0.045*	0.034	-	0.051*	0.037	-	0.051*	0.035	-
(70,70)	0.041	0.041	0.051*	0.056	0.042	0.060*	0.060	0.039	0.063*
(100,100)	0.046*	0.035	0.037	0.045*	0.029	0.041	0.060*	0.044	0.051

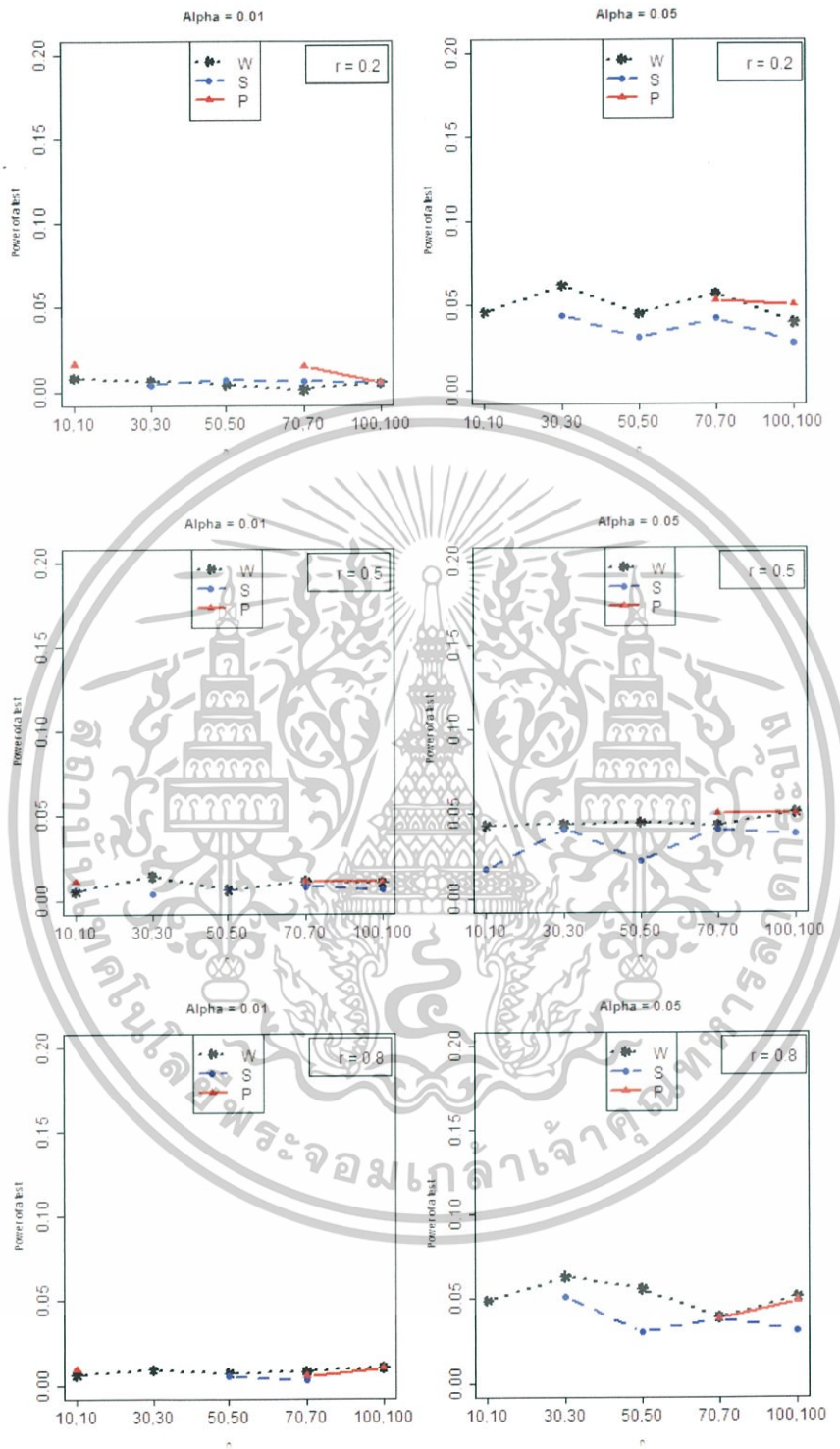
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 กำลังการทดสอบที่ได้จากการจำลองข้อมูลประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามกรณี 4

ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,144),(1/3,1/12))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.043*	-	-	0.048*	-	-	0.052*	-	-
(30,30)	0.059*	0.038	-	0.045*	0.038	-	0.046*	0.037	-
(50,50)	0.048*	0.034	-	0.046*	0.031	-	0.037*	0.020	-
(70,70)	0.043	0.048*	0.045	0.046	0.042	0.049*	0.049	0.051	0.054*
(100,100)	0.054*	0.028	0.054*	0.048	0.027	0.052*	0.056*	0.042	0.055
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,16),(1/3,3/4))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.047*	0.022	-	0.045*	0.020	-	0.039*	-	-
(30,30)	0.051*	0.044	-	0.058*	0.049	-	0.056*	0.037	-
(50,50)	0.048*	0.033	-	0.048*	0.033	-	0.061*	0.034	-
(70,70)	0.049*	0.041	0.046	0.044	0.033	0.046*	0.039*	0.037	0.039*
(100,100)	0.047	0.043	0.049*	0.050*	0.027	0.046	0.044	0.033	0.051*
ขนาดตัวอย่าง	$(X_1,X_2) \sim MG((27,5),(1/3,58/25))$								
	r = 0.2			r = 0.5			r = 0.8		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
(10,10)	0.042*	-	-	0.048*	-	-	0.054*	0.017	-
(30,30)	0.054*	0.038	-	0.052*	0.041	-	0.055*	0.043	-
(50,50)	0.044*	0.027	-	0.041*	0.028	-	0.059*	0.040	-
(70,70)	0.053*	0.039	0.047	0.039	0.040	0.047*	0.054*	0.044	0.042
(100,100)	0.047*	0.040	0.044	0.053	0.029	0.057*	0.055*	0.040	0.048

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

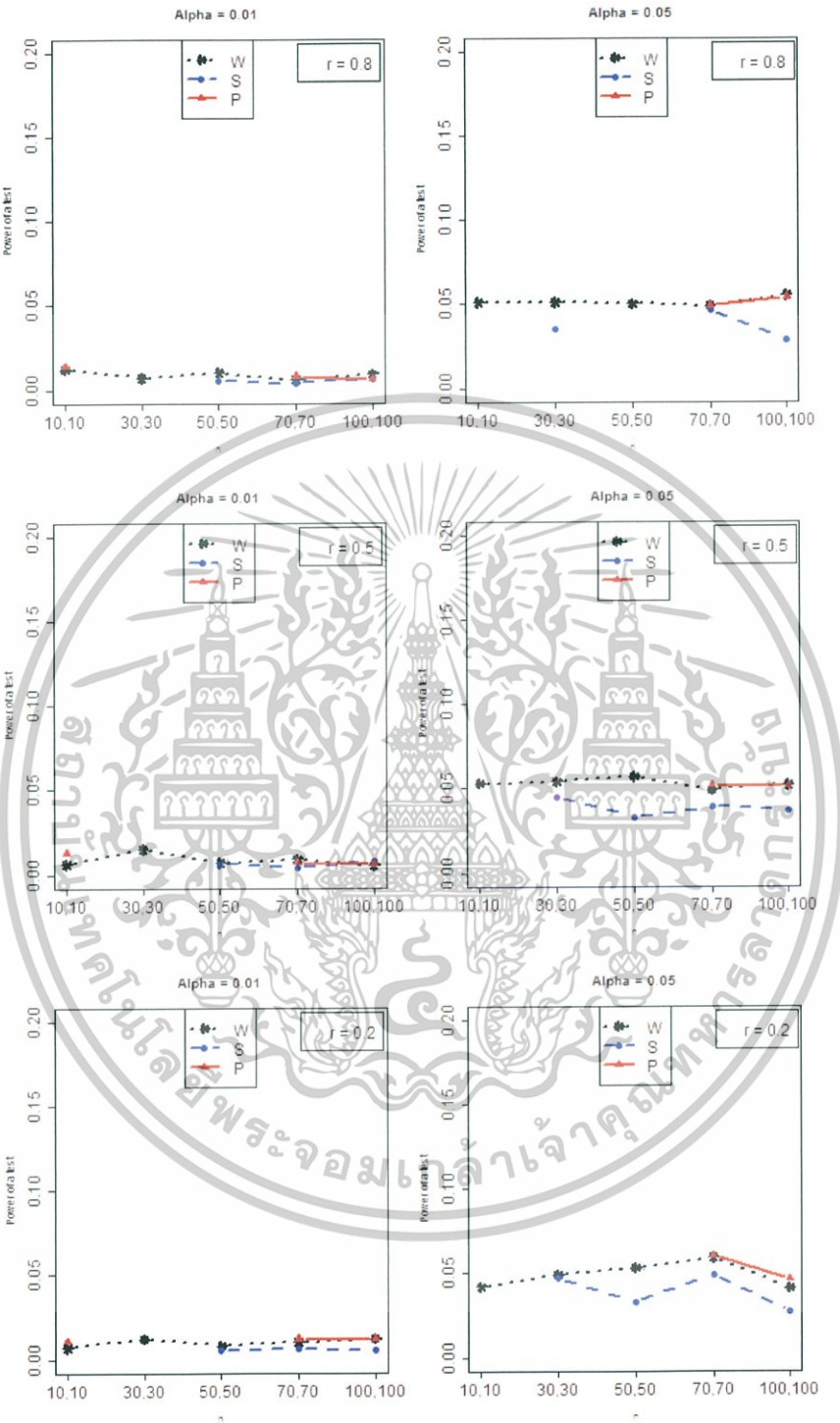
$$(X_1,X_2) \sim MG((27,48),(1/3,1/4))$$



รูปที่ 4.19 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,48),(1/3,1/4))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

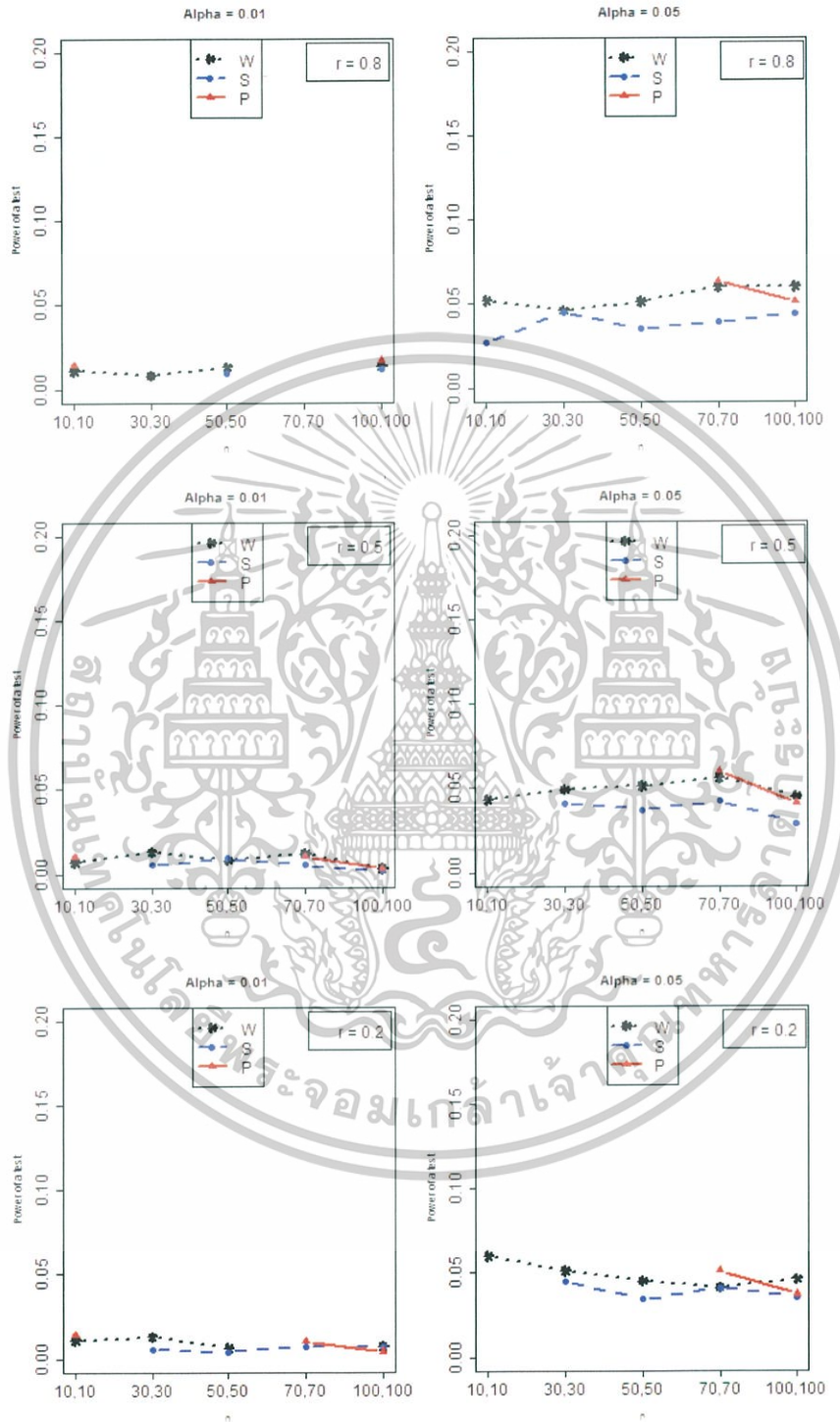
$$(X_1,X_2) \sim MG((9,16),(1,3/4))$$



รูปที่ 4.20 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((9,16),(1,3/4))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

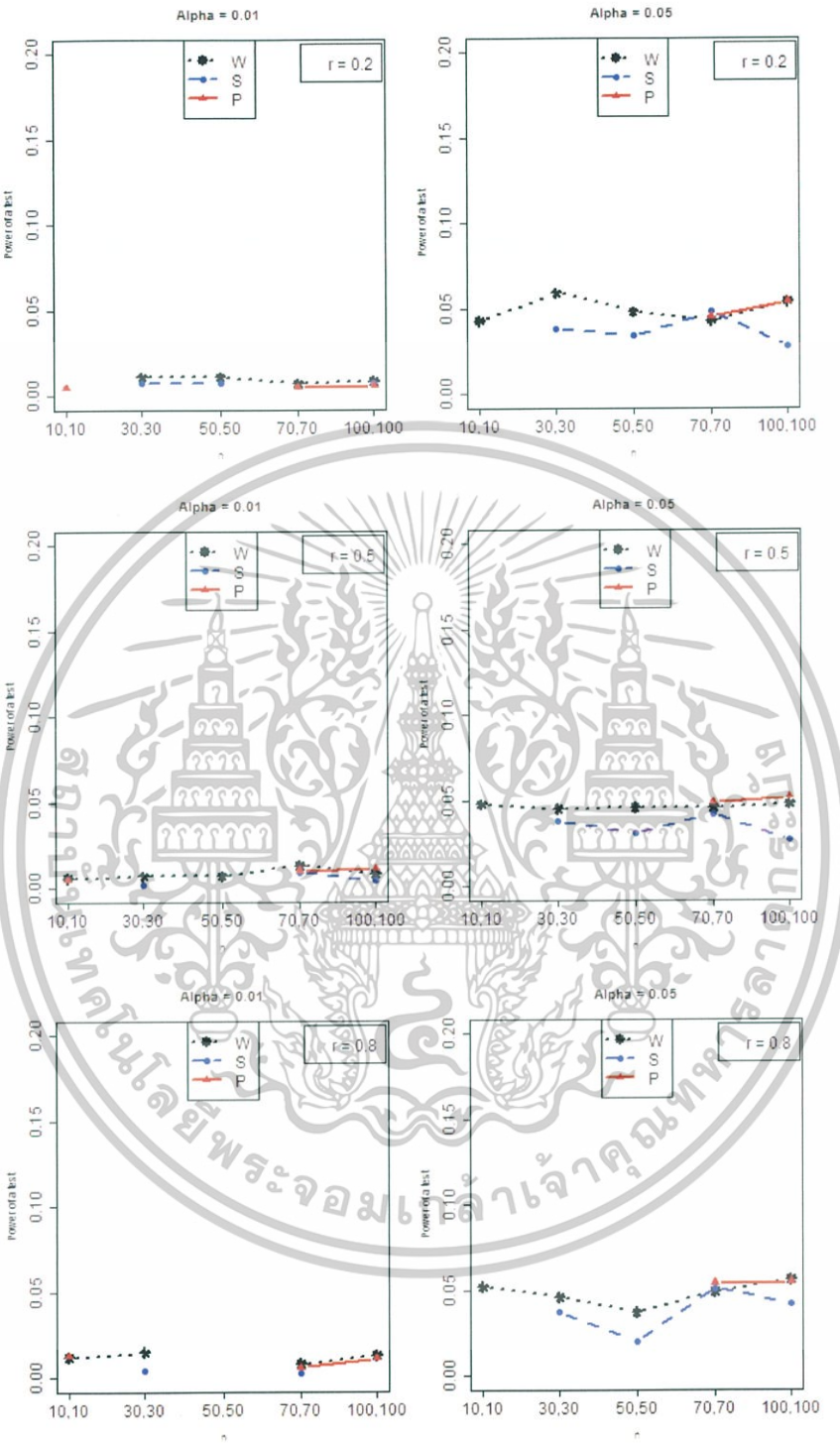
$$(X_1,X_2) \sim MG((3,5),(3,58/25))$$



รูปที่ 4.21 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((3,5),(3,58/25))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

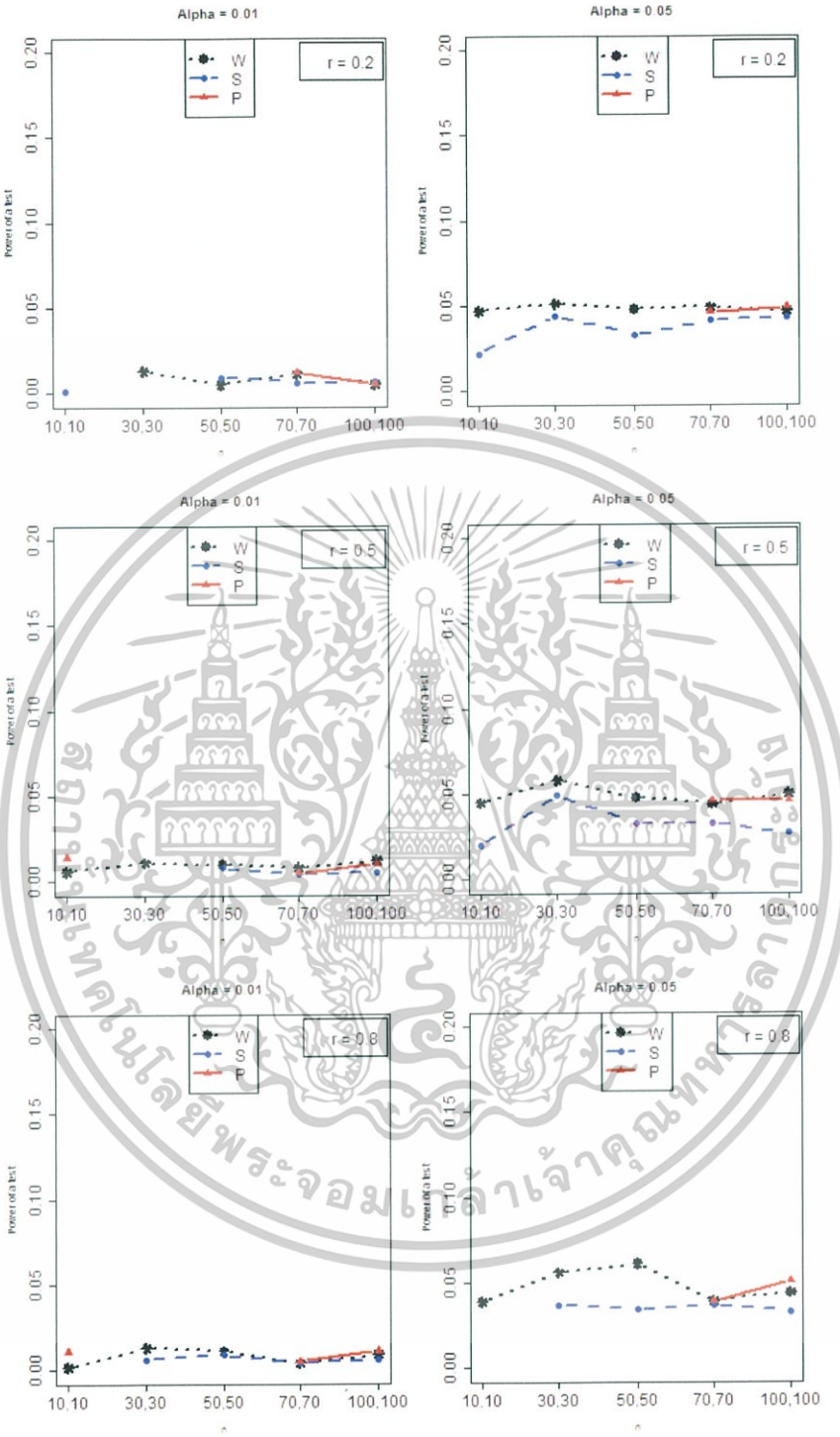
$$(X_1,X_2) \sim MG((27,144),(1/3,1/12))$$



รูปที่ 4.22 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,144),(1/3,1/12))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

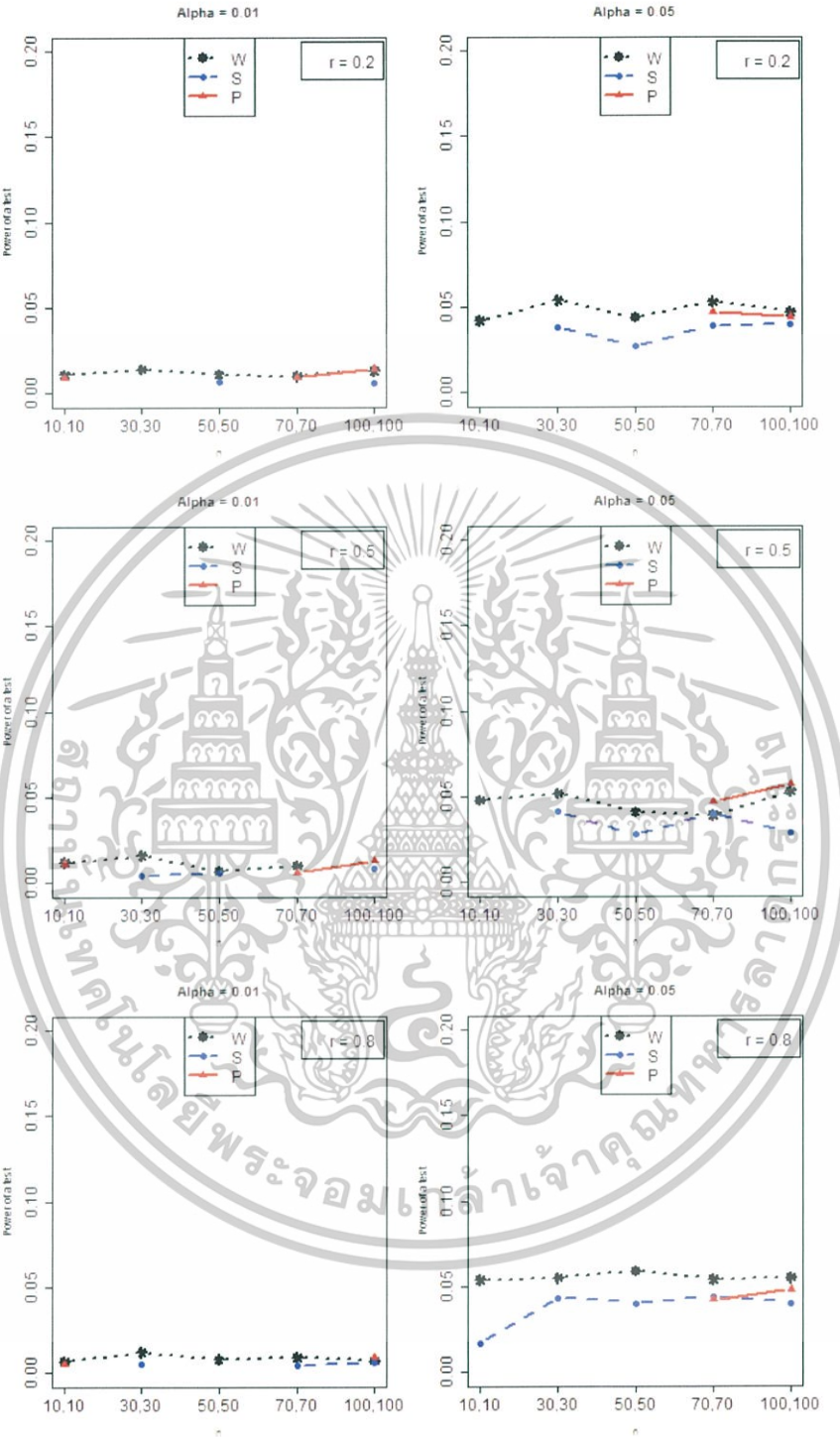
$$(X_1,X_2) \sim MG((27,16),(1/3,3/4))$$



รูปที่ 4.23 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1,X_2) \sim MG((27,16),(1/3,3/4))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(X_1, X_2) \sim MG((27,5),(1/3,58/25))$$



รูปที่ 4.24 กำลังการทดสอบ ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร $(X_1, X_2) \sim MG((27,5),(1/3,58/25))$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2

ตัวสถิติทดสอบ \ ระดับนัยสำคัญ	0.01	0.05
W	**17 (56.67)**	**24 (80)**
S	6 (20)	1 (3.33)
P	11 (36.67)	6 (20)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 17 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็น ร้อยละ 56.67 รองลงมาคือ P มี 11 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 36.67 และ S มี 6 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 20 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 24 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 80 รองลงมาคือ P มี 6 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 20 และ S มี 1 ครั้ง จากทั้งหมด 30 คิดเป็นร้อยละ 3.33

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**21 (70)**	**22 (73.33)**
S	2 (6.67)	0 (0)
P	9 (30)	8 (26.67)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 21 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 70 รองลงมาคือ P มี 9 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 30 และ S มี 2 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 6.67 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 22 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 73.33 รองลงมาคือ P มี 8 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 26.67 และ S มี 0 ครั้ง จากทั้งหมด 30 คิดเป็นร้อยละ 0

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 จำนวน (ร้อยละ) ของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8

ระดับนัยสำคัญ / ตัวสถิติทดสอบ	0.01	0.05
W	**18 (60)**	**27 (90)**
S	0 (0)	0 (0)
P	11 (36.67)	5 (16.67)

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8 พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 18 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมาคือ P มี 11 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 36.67 และ S มี 0 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 0 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด มี 27 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 90 รองลงมาคือ P มี 5 ครั้ง จากทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 16.67 และ S มี 0 ครั้ง จากทั้งหมด 30 คิดเป็นร้อยละ 0

สรุปได้ว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.8 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ W ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

4.3 สรุปผลการทดลอง

4.3.1 สรุปผลความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

จากการศึกษาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน ในกรณีต่างๆ ได้ผลสรุปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 ตัวสถิติทดสอบที่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุดในกรณีต่างๆ

ระดับนัยสำคัญ	กรณีต่างๆ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์		
		0.2	0.5	0.8
0.01	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร	W	W	W
	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร	W	W	W
0.05	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร	W	W	W
	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร	W	W	W

จากตารางที่ 4.29 พบว่าตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุดในทุกกรณี

4.3.2 สรุปผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

จากการศึกษากำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน ในกรณีต่างๆ ได้ผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 4.30 ตัวสถิติทดสอบที่ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุดในกรณีต่างๆ

ระดับนัยสำคัญ	กรณีต่างๆ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์		
		0.2	0.5	0.8
0.01	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร	W	W	W
	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร	W	W	W
0.05	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร	W	W	W
	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร	W	W	W

จากตารางที่ 4.30 พบว่าตัวสถิติทดสอบ W มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 สรุปผลความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

เมื่อพิจารณาตัวสถิติทดสอบที่สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด 3 ลำดับ และตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด 3 ลำดับ สำหรับข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีการแจกแจงเหมือนกัน สามารถสรุปผลดังนี้

ตารางที่ 4.31 ตัวสถิติทดสอบที่สามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด 3 ลำดับ และตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด 3 ลำดับ

ระดับนัยสำคัญ	กรณีต่างๆ	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1			กำลังการทดสอบ		
		ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์			ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์		
		0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	0.8
0.01	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S 3. P	1. W 2. P 3. S	1. W 2. S, P	1. W 2. P 3. S
	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S 3. P	1. W 2. P 3. S	1. W 2. P 3. S	1. W 2. P 3. S
0.05	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S, P	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S 3. P
	ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S 3. P	1. W 2. S 3. P	1. W 2. P 3. S	1. W 2. P 3. S	1. W 2. P 3. S

จากตารางที่ 4.31 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุดและให้กำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ แต่ในส่วนของกำลังการทดสอบตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายและตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ให้กำลังการทดสอบรองลงมาจากตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันในกรณีที่แตกต่างกัน

ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ปัญหาพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบที่ไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์ โดยจะพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน ระดับนัยสำคัญคือ 0.01 และ 0.05 ขนาดตัวอย่างเท่ากัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.2, 0.5 และ 0.8 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ได้จากการสร้างแบบจำลองซึ่งกระทำซ้ำ 1,000 ครั้ง

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยใช้ข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้งสองกลุ่ม มีความแปรปรวนเท่ากันและไม่เท่ากัน ตามรูปแบบการศึกษา สามารถจำแนกตามสถานการณ์ได้ดังนี้

ระดับนัยสำคัญ 0.01

1. ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

2. ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

ระดับนัยสำคัญ 0.05

1. ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

ดังนั้น เมื่อใช้ข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้งสองกลุ่ม มีความแปรปรวนเท่ากันและไม่เท่ากัน ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรและการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด

เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบ โดยใช้ข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันทั้งสองกลุ่ม มีความแปรปรวนเท่ากันและไม่เท่ากันตามรูปแบบการศึกษา สามารถจำแนกตามสถานการณ์ได้ดังนี้

ระดับนัยสำคัญ 0.01

1. ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

2. ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

ระดับนัยสำคัญ 0.05

1. ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

2. ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

ดังนั้น เมื่อใช้ข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้งสองกลุ่ม มีความแปรปรวนเท่ากันและไม่เท่ากัน ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรและการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด

5.2 อภิปรายผล

เมื่อข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีขนาดตัวอย่างเท่ากัน การแจกแจงเหมือนกัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.8 พบว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุดในทุกกรณี อีกทั้งยังมีกำลังการทดสอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดในทุกกรณีเช่นกัน ซึ่งตรงกับงานวิจัยของอานนท์ (2555) ที่กล่าวว่า ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด และมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด นอกจากนี้ในการทำปัญหาพิเศษยังพบว่าตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 รองลงมา และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ต่ำที่สุด แต่ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายและตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ให้กำลังการทดสอบรองลงมาตามลำดับในกรณีที่แตกต่างกัน คือ ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีกำลังการทดสอบรองลงมาจากตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน ในกรณีที่ประชากรทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01 ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.8 และตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ให้กำลังการทดสอบรองลงมาจากตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน ในกรณีที่ประชากรทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01 ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และ 0.8 และในกรณีที่ประชากรทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01 และ 0.05 ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.8 ซึ่งตรงกับงานวิจัยของอานนท์ (2555) ที่กล่าวว่า ตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีกำลังการทดสอบรองลงมาจากตัวสถิติทดสอบวิลคอกซัน และการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ยังพบอีกว่าผลของกำลังการทดสอบของทั้ง 3 การทดสอบที่ได้มาจากการจำลองจากโปรแกรมอาร์ ในกรณีที่ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแกมมาหลายตัวแปรมีค่ากำลังการทดสอบน้อยมาก ซึ่งแตกต่างจากกรณีที่ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปรกติหลายตัวแปรที่มีค่ากำลังการทดสอบสูงมาก ซึ่งอาจทำให้ตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 การทดสอบนี้เหมาะสมกับการใช้ในกรณีที่ข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติหลายตัวแปรมากกว่าแจกแจงแกมมาหลายตัวแปร

สรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากที่สุด และให้กำลังการทดสอบสูงที่สุดในทุกกรณี ส่วนตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ แต่ในส่วนของกำลังการทดสอบตัวสถิติทดสอบเครื่องหมายและตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่ให้กำลังการทดสอบรองลงมาจากตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันในกรณีที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างค่ามัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มสัมพันธ์ ด้วยตัวสถิติทดสอบอื่นๆ เช่น McNemar test หรือ Marginal Homogeneity test เป็นต้น

2. ควรศึกษาในกรณีที่ข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงอื่นๆ เช่น การแจกแจงเบ้ซ้าย การแจกแจงที่มีความโด่งน้อยและความโด่งมาก หรือการแจกแจงที่แตกต่างกันในแต่ละประชากร

3. การศึกษานี้มีลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างประชากร 2 กลุ่มเป็นความสัมพันธ์เป็นไปในทางบวกเท่านั้น ดังนั้นจึงควรศึกษาในกรณีที่มีลักษณะของความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางลบด้วย เช่น -0.2, -0.5 และ -0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2552. **สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์.** กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักส์.

อุมาพร จันทศร. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาการสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์.** ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วราพร เหลือสินทรัพย์. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์.** ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

น้อมจิต กิตติโชติพานิชย์. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาสถิติคณิตศาสตร์.** ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อานนท์ แก้วปลั่ง. 2555. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการทดสอบค่ากลางของประชากร 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน เมื่อข้อมูลอยู่ในมาตราอันดับ.** ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ลลิตา โชติธนากิจ. 2554. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทีและตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันสำหรับประชากรสองกลุ่มไม่เป็นอิสระกัน.** ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

กุสุมา อุมารี, ชลิตา รัตนวรสุทธิ์ และ รติมา ศรีภากร. 2558. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบบาร์เลต สถิติทดสอบเลวีน สถิติทดสอบบราวน์-ฟอร์ไซธ์ และสถิติทดสอบเลห์เมนสำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนในกรณี 3 ประชากร.** ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำรวม จงเจริญ. **การวิเคราะห์เชิงสถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์.** กรุงเทพมหานคร. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. 2548.

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล. 2557. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของเลวีนสำหรับทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน.** ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Blair, R. C. & Higgins, J. J. (1985). **Comparison of the Power of the Paired Samples t Test to that of Wilcoxon's Signed-ranks Test Under Various Population Shapes.** Psychological Bullatin, 97(1), 119-128.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smucker, M. D., Allan, J., & Carterette, B. (2009). **Agreement Among Statistical Significance Tests for Information Retrieval Evaluation at Varying Sample Sizes.** Journal of SIGIR, 09, 630-631.

Bradley, J. V. (1978). **Robustness**. British Journal of Mathematical and Statistical Psychology. 31, 144-152.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับคำนวณความน่าจะเป็นความผิดพลาดประเภทที่ 1

ในกรณีข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

```
**************************************************************************
M = 1000
N = 1
O = 1
alpha = 0.01
alpha2 = 0.05
n <- 10
mu <- c(9,9)
Sigma <- matrix(c(3,0.2*sqrt(9),0.2*sqrt(9),3), ncol=2)
COUNT<-array(rep(0,1*1*3),dim=c(1,3,1))
COUNT2<-array(rep(0,1*1*3),dim=c(1,3,1))
for(j in 1:N)
{
        for (k in 1:O)
        {
                for (l in 1:M)
                {
                        x <- mvrnorm(n,mu,Sigma)
                        W =  wilcox.test(x[,1],x[,2],paired = T)
                        pvalueW= W$p.value
                        if(pvalueW<=alpha)
                        COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1
                        if(pvalueW<=alpha2)
                        COUNT2[j,1,k]=COUNT2[j,1,k]+1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                S =  SIGN.test(x[,1],x[,2])
                pvalueS= S$p.value
                if(pvalueS<=alpha){
                COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1}
                if(pvalueS<=alpha2){
                COUNT2[j,2,k]=COUNT2[j,2,k]+1}

                P =  perm.test(x[,1],x[,2],paired = T)
                pvalueP= P$p.value
                if(pvalueP<=alpha){
                COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+1 }
                if(pvalueP<=alpha2){
                COUNT2[j,3,k]=COUNT2[j,3,k]+1 }
            }
        }
}
COUNT[1,,]=COUNT[1,,]/M
COUNT[1,,] ##ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
COUNT2[1,,]=COUNT2[1,,]/M
COUNT2[1,,] ##ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
cor(x)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับคำนวณกำลังการทดสอบ

ในกรณีข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปรกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

```
**************************************************************************
M = 1000
N = 1
O = 1
alpha = 0.01
alpha2 = 0.05
n <- 10
mu <- c(9,9)
Sigma <- matrix(c(3,0.2*sqrt(9),0.2*sqrt(9),3), ncol=2)
COUNT<-array(rep(0,1*1*3),dim=c(1,3,1))
COUNT2<-array(rep(0,1*1*3),dim=c(1,3,1))
for(j in 1:N)
{
        for (k in 1:O)
        {
                for (l in 1:M)
                {
                        x <- mvrnorm(n,mu,Sigma)
                        W =  wilcox.test(x[,1],x[,2],paired = T)
                        pvalueW= W$p.value
                        if(pvalueW<=alpha)
                        COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1
                        if(pvalueW<=alpha2)
                        COUNT2[j,1,k]=COUNT2[j,1,k]+1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                S =  SIGN.test(x[,1],x[,2])
                pvalueS= S$p.value
                if(pvalueS<=alpha){
                COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1}
                if(pvalueS<=alpha2){
                COUNT2[j,2,k]=COUNT2[j,2,k]+1}

                P =  perm.test(x[,1],x[,2],paired = T)
                pvalueP= P$p.value
                if(pvalueP<=alpha){
                COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+1 }
                if(pvalueP<=alpha2){
                COUNT2[j,3,k]=COUNT2[j,3,k]+1 }
            }
        }
}
COUNT[1,,]=COUNT[1,,]/M
COUNT[1,,] ##กำลังการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
COUNT2[1,,]=COUNT2[1,,]/M
COUNT2[1,,] ##กำลังการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
cor(x)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับคำนวณความน่าจะเป็นความผิดพลาดประเภทที่ 1

ในกรณีข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

```
**************************************************************************
M = 1000
N = 1
O = 1
alpha = 0.01
alpha2 = 0.05
COUNT <- array(rep(0,1*3*1),dim=c(1,3,1))
COUNT2 <- array(rep(0,1*3*1),dim=c(1,3,1))
for(j in 1:N)
{
        for(k in 1:O)
        {
            for(l in 1:M)
                {
                rho <- matrix(c(1, 0.2, 0.2, 1), ncol=2)
                x <- rmvgamma(10, shape = c(27,27)[k],
                                    rate = c(1/3,1/3)[k], rho)
                W =  wilcox.test(x[,1],x[,2],paired = T)
                pvalueW= W$p.value
                if(pvalueW<=alpha)
                COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1
                if(pvalueW<=alpha2)
                COUNT2[j,1,k]=COUNT2[j,1,k]+1

                S =  SIGN.test(x[,1],x[,2])
                pvalueS= S$p.value
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if(pvalueS<=alpha)
                COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1
                if(pvalueS<=alpha2)
                COUNT2[j,2,k]=COUNT2[j,2,k]+1


                P =  perm.test(x[,1],x[,2],paired = T)
                pvalueP= P$p.value
                if(pvalueP<=alpha)
                COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+1
                if(pvalueP<=alpha2)
                COUNT2[j,3,k]=COUNT2[j,3,k]+1
            }
        }
}
COUNT[1,,]=COUNT[1,,]/M
COUNT[1,,] ##ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
COUNT2[1,,]=COUNT2[1,,]/M
COUNT2[1,,] ##ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
cor(x)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับคำนวณกำลังการทดสอบ

ในกรณีข้อมูลสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

```
**************************************************************************
M = 1000
N = 1
O = 1
alpha = 0.01
alpha2 = 0.05
COUNT <- array(rep(0,1*3*1),dim=c(1,3,1))
COUNT2 <- array(rep(0,1*3*1),dim=c(1,3,1))
for(j in 1:N)
{
        for(k in 1:O)
        {
                for(l in 1:M)
                {
                        rho <- matrix(c(1, 0.2, 0.2, 1), ncol=2)
                        x <- rmvgamma(10, shape = c(27,27)[k],
                                          rate = c(1/3,1/3)[k], rho)
                        W =  wilcox.test(x[,1],x[,2],paired = T)
                        pvalueW= W$p.value
                        if(pvalueW<=alpha)
                        COUNT[j,1,k]=COUNT[j,1,k]+1
                        if(pvalueW<=alpha2)
                        COUNT2[j,1,k]=COUNT2[j,1,k]+1

                        S =  SIGN.test(x[,1],x[,2])
                        pvalueS= S$p.value
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if(pvalueS<=alpha)
                COUNT[j,2,k]=COUNT[j,2,k]+1
                if(pvalueS<=alpha2)
                COUNT2[j,2,k]=COUNT2[j,2,k]+1


                P =  perm.test(x[,1],x[,2],paired = T)
                pvalueP= P$p.value
                if(pvalueP<=alpha)
                COUNT[j,3,k]=COUNT[j,3,k]+1
                if(pvalueP<=alpha2)
                COUNT2[j,3,k]=COUNT2[j,3,k]+1
            }
        }
}
COUNT[1,,]=COUNT[1,,]/M
COUNT[1,,] ##กำลังการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
COUNT2[1,,]=COUNT2[1,,]/M
COUNT2[1,,] ##กำลังการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
cor(x)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

และความน่าจะเป็นความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของข้อมูลสุ่มมาจากประชากร

ที่มีการแจกแจงแบบปรกติและการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

```
**************************************************************************
BradleyUpper1 = rep(0.015,5)
BradleyLower1 = rep(0.005,5)
BradleyUpper2 = rep(0.075,5)
BradleyLower2 = rep(0.025,5)
W = c(0.009,0.010,0.009,0.011,0.009)
S = c(0.003,0.002,0.002,0.005,0.010)
P = c(0.011,0.054,0.083,0.010,0.009)
W2 = c(0.048,0.042,0.047,0.059,0.053)
S2 = c(0.017,0.036,0.025,0.040,0.036)
P2 = c(0.217,0.265,0.254,0.059,0.045)
y = c('10,10','30,30','50,50','70,70','100,100')
x = seq(1,5)
par(mfrow=c(1,2),cex=0.4,cex.axis=1.2)

plot(x, W,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = " black ",xaxt = "n",ylim =
c(0,0.10),main = "Alpha = 0.01",xlab = "n",ylab = "Type I Error",pch = 8,cex=1.5)
lines(x,S,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,P,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch = 17,cex=1.5)
lines(x,BradleyUpper1,type = "l",lwd = 2,lty = 2)
lines(x,BradleyLower1,type = "l",lwd = 2,lty = 2)
axis(1, at = 1:5, labels = y)
labels = c("W","S","P")
lwdd=c(2,2,2.9,2.9,2,2)
ltyy=c(3,2,1,4,5,6)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
colors = c("black","blue","red")
pchh = c(8,16,17,18,4,15)
legend("topright",inset = .001,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col = colors,pch =
pchh,cex=1.5)

plot(x, W2,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim =
c(0,0.30),main = "Alpha = 0.05",xlab = "n",ylab = "Type I Error",pch = 8,cex=1.5)
lines(x,S2,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,P2,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch = 17,cex=1.5)
lines(x,BradleyUpper2,type = "l",lwd = 2,lty = 2)
lines(x,BradleyLower2,type = "l",lwd = 2,lty = 2)
axis(side=1, at = 1:5, labels = y)
labels = c("W","S","P")
lwdd=c(2,2,2.9,2.9,2,2)
ltyy=c(3,2,1,4,5,6)
colors = c("black","blue","red")
pchh = c(8,16,17,18,4,15)
legend("topright",inset = .001,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col = colors,pch =
pchh,cex=1.5)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

และกำลังการทดสอบของข้อมูลสุ่มมาจากประชากร

ที่มีการแจกแจงแบบปรกติและการแจกแจงแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

```
**************************************************************************
W = c(0.802,1.000,1.000,1.000,1.000)
S = c(NA,NA,NA,1.000,1.000)
P = c(0.803,NA,NA,1.000,1.000)
W2 = c(0.959,1.000,1.000,1.000,1.000)
S2 = c(NA,1.000,1.000,1.000,1.000)
P2 = c(NA,NA,NA,1.000,1.000)
y = c('10,10','30,30','50,50','70,70','100,100')
x = seq(1,5)
par(mfrow=c(1,2),cex=0.5,cex.axis=1.5)

plot(x, W,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = " black ",xaxt = "n",ylim =
c(0,1),main = "Alpha = 0.01",xlab = "n",ylab = "Power of a test",pch = 8,cex=1.5)
lines(x,S,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,P,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch = 17,cex=1.5)
axis(1, at = 1:5, labels = y)
labels = c("W","S","P")
lwdd=c(2,2,2.9,2.9,2,2)
ltyy=c(3,2,1,4,5,6)
colors = c("black","blue","red")
pchh = c(8,16,17,18,4,15)
legend("bottom",inset = .001,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col = colors,pch =
pchh,cex=1.5)
labels2 = c("r = 0.8")
legend("bottomright",inset=0.01,labels2,cex=1.5)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
plot(x, W2,type = "b",lty = 3,lwd = 2,col = "black",xaxt = "n",ylim =
c(0,1),main = "Alpha = 0.05",xlab = "n",ylab = "Power of a test",pch = 8,cex=1.5)
lines(x,S2,type = "b",lty = 2,lwd = 2,col = "blue",pch = 16,cex=1.5)
lines(x,P2,type = "b",lty = 1,lwd = 2.9,col = "red",pch = 17,cex=1.5)
axis(side=1, at = 1:5, labels = y)
labels = c("W","S","P")
lwdd=c(2,2,2.9,2.9,2,2)
ltyy=c(3,2,1,4,5,6)
colors = c("black","blue","red")
pchh = c(8,16,17,18,4,15)
legend("bottom",inset = .001,labels,lwd = lwdd,lty = ltyy,col = colors,pch =
pchh,cex=1.5)
labels2 = c("r = 0.8")
legend("bottomright",inset=0.01,labels2,cex=1.5)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟการแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นปรกติ

```
**************************************************************************
x=seq(0,25,length.out = 100)
y1=dnorm(x,9,sqrt(3))
y2=dnorm(x,9,sqrt(9))
y3=dnorm(x,9,sqrt(27))
plot(x,y1,type="l",col="red",lwd=3,ylim=c(0,0.25),ylab="Density",main="Normal
Probability Density Function")
lines(x,y2,type="l",col="green",lty=2,lwd=3)
lines(x,y3,type="l",col="purple",lty=3,lwd=3)
labels=c("N(9,3)","N(9,9)","N(9,27)")
colors=c("red","green","purple")
a=c(1,2,3)
legend("topright",inset=0.01,labels,lwd=2,lty=a,col=colors)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับสร้างกราฟการแจกแจงความหนาแน่นความน่าจะเป็นแกมมา

```
**************************************************************************
x=seq(0,25,length.out = 100)
y1=dgamma(x,27,1/(1/3))
y2=dgamma(x,9,1/(1))
y3=dgamma(x,3,1/(3))
plot(x,y1,type="l",col="red",lwd=3,ylim=c(0,0.25),ylab="Density",main="Gamma
Probability Density Function")
lines(x,y2,type="l",col="blue",lty=2,lwd=3)
lines(x,y3,type="l",col="purple",lty=3,lwd=3)
labels=c("Gamma(27,1/3)","Gamma(9,1)","Gamma(3,3)")
colors=c("red","blue","purple")
a=c(1,2,3)
legend("topright",inset=0.01,labels,lwd=2,lty=a,col=colors)

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับตัวสถิติทดสอบเพียร์สันเนียร์แมน

```
**************************************************************************
x <- c(6.859001, 9.153487, 8.759584, 7.454320, 9.901036, 12.730566, 9.241377,
       10.251097, 7.029217, 5.192159)
y <- c(6.636278, 9.994461, 7.552061, 11.328668, 10.197810, 11.305912, 10.375120,
       6.241593, 7.717755, 10.115533)
cor(x,y,method = "pearson")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับตัวสถิติทดสอบเครื่องหมาย

```
**************************************************************************
library(BSDA)
c <- c(5,4,6,6,3,2,5,3,1,4,5,4,4,7,5,5,5)
d <- c(3,3,4,5,3,3,2,3,2,3,2,2,5,2,5,3,1)
f <- c-d
SIGN.test(c,d,alternative = "greater")

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับตัวสถิติทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายแบบจับคู่ของวิลคอกซัน

```
**************************************************************************
x <- c(33,17,30,25,27,25,31,20,18)
z <- c(21,17,32,13,33,20,17,23,9)
wilcox.test(z, x, paired = TRUE, alternative = "l",
            conf.level = 0.99,exact = F,correct = T)

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

คำสั่งโปรแกรมอาร์ สำหรับตัวสถิติทดสอบความเป็นสุ่มสำหรับข้อมูลคู่หรือการทดสอบเรียงสับเปลี่ยน

```
**************************************************************************
library(exactRankTests)
x=c(82,69,73,43,58,56,76,85)
y=c(63,42,74,37,51,43,80,82)
perm.test(x,y,paired = TRUE)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข1 ความน่าจะเป็นแบบ BINOMIAL

		p											
	x	0.01	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	
n=1	0	.9900	.9500	.9000	.8500	.8000	.7500	.7000	.6500	.6000	.5500	.5000	1
	1	.0100	.0500	.1000	.1500	.2000	.2500	.3000	.3500	.4000	.4500	.5000	0
n=2	0	.9801	.9025	.8100	.7225	.6400	.5625	.4900	.4225	.3600	.3025	.2500	2
	1	.0198	.0950	.1800	.2550	.3200	.3750	.4200	.4550	.4800	.4950	.5000	1
	2	.0001	.0025	.0100	.0225	.0400	.0625	.0900	.1225	.1600	.2025	.2500	0
n=3	0	.9703	.8574	.7290	.6141	.5120	.4219	.3430	.2746	.2160	.1664	.1250	3
	1	.0294	.1354	.2430	.3251	.3840	.4219	.4410	.4436	.4320	.4084	.3750	2
	2	.0003	.0071	.0270	.0574	.0960	.1406	.1890	.2389	.2880	.3341	.3750	1
	3		.0001	.0010	.0034	.0080	.0156	.0270	.0429	.0640	.0911	.1250	0
n=4	0	.9606	.8145	.6561	.5220	.4096	.3164	.2401	.1785	.1296	.0915	.0625	4
	1	.0388	.1715	.2916	.3685	.4096	.4219	.4116	.3845	.3456	.2995	.2500	3
	2	.0006	.0135	.0486	.0975	.1536	.2109	.2646	.3105	.3456	.3675	.3750	2
	3		.0005	.0036	.0115	.0256	.0469	.0756	.1115	.1536	.2005	.2500	1
	4			.0001	.0005	.0016	.0039	.0081	.0150	.0256	.0410	.0625	0
n=5	0	.9510	.7738	.5905	.4437	.3277	.2373	.1681	.1160	.0778	.0503	.0313	5
	1	.0480	.2036	.3281	.3915	.4096	.3955	.3602	.3124	.2592	.2059	.1563	4
	2	.0010	.0214	.0729	.1382	.2048	.2637	.3087	.3364	.3456	.3369	.3125	3
	3		.0011	.0081	.0244	.0512	.0879	.1323	.1811	.2304	.2757	.3125	2
	4			.0005	.0022	.0064	.0146	.0284	.0488	.0768	.1128	.1563	1
	5				.0001	.0003	.0010	.0024	.0053	.0102	.0185	.0313	0
n=6	0	.9415	.7351	.5314	.3771	.2621	.1780	.1176	.0754	.0467	.0277	.0156	6
	1	.0571	.2321	.3543	.3993	.3932	.3560	.3025	.2437	.1866	.1359	.0938	5
	2	.0014	.0305	.0984	.1762	.2458	.2966	.3241	.3280	.3110	.2780	.2344	4
	3		.0021	.0146	.0415	.0819	.1318	.1852	.2355	.2765	.3032	.3125	3
	4		.0001	.0012	.0055	.0154	.0330	.0595	.0951	.1382	.1861	.2344	2
	5			.0001	.0004	.0015	.0044	.0102	.0205	.0369	.0609	.0938	1
	6					.0001	.0002	.0007	.0018	.0041	.0083	.0156	0
n=7	0	.9321	.6983	.4783	.3206	.2097	.1335	.0824	.0490	.0280	.0152	.0078	7
	1	.0659	.2573	.3720	.3960	.3670	.3115	.2471	.1848	.1306	.0872	.0547	6
	2	.0020	.0406	.1240	.2097	.2753	.3115	.3177	.2985	.2613	.2140	.1641	5
	3		.0036	.0230	.0617	.1147	.1730	.2269	.2679	.2903	.2918	.2734	4
	4		.0002	.0026	.0109	.0287	.0577	.0972	.1442	.1935	.2388	.2734	3
	5			.0002	.0012	.0043	.0115	.0250	.0466	.0774	.1172	.1641	2
	6				.0001	.0004	.0013	.0036	.0084	.0172	.0320	.0547	1
	7						.0001	.0002	.0006	.0016	.0037	.0078	0
n=8	0	.9227	.6634	.4305	.2725	.1678	.1001	.0576	.0319	.0168	.0084	.0039	8
	1	.0746	.2793	.3826	.3847	.3355	.2670	.1977	.1373	.0896	.0548	.0313	7
	2	.0026	.0515	.1488	.2376	.2936	.3115	.2965	.2587	.2090	.1569	.1094	6
	3	.0001	.0054	.0331	.0839	.1468	.2076	.2541	.2786	.2787	.2568	.2188	5
	4		.0004	.0046	.0185	.0459	.0865	.1361	.1875	.2322	.2627	.2734	4
	5			.0004	.0026	.0092	.0231	.0467	.0808	.1239	.1719	.2188	3
	6				.0002	.0011	.0038	.0100	.0217	.0413	.0703	.1094	2
	7					.0001	.0004	.0012	.0033	.0079	.0164	.0313	1
	8							.0001	.0002	.0007	.0017	.0039	0
		0.99	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	x
							p						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1 ความน่าจะเป็นแบบ BINOMIAL (ต่อ)

	x	p 0.01	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	
n=9	0	0.9135	0.6302	0.3874	0.2316	0.1342	0.0751	0.0404	0.0207	0.0101	0.0046	0.0020	9
	1	0.0830	0.2985	0.3874	0.3679	0.3020	0.2253	0.1556	0.1004	0.0605	0.0339	0.0176	8
	2	0.0034	0.0629	0.1722	0.2597	0.3020	0.3003	0.2668	0.2162	0.1612	0.1110	0.0703	7
	3	0.0001	0.0077	0.0446	0.1069	0.1762	0.2336	0.2668	0.2716	0.2508	0.2119	0.1641	6
	4		0.0006	0.0074	0.0283	0.0661	0.1168	0.1715	0.2194	0.2508	0.2600	0.2461	5
	5			0.0008	0.0050	0.0165	0.0389	0.0735	0.1181	0.1672	0.2128	0.2461	4
	6			0.0001	0.0006	0.0028	0.0087	0.0210	0.0424	0.0743	0.1160	0.1641	3
	7					0.0003	0.0012	0.0039	0.0098	0.0212	0.0407	0.0703	2
	8						0.0001	0.0004	0.0013	0.0035	0.0083	0.0176	1
	9								0.0001	0.0003	0.0008	0.0020	0
n=10	0	0.9044	0.5987	0.3487	0.1969	0.1074	0.0563	0.0282	0.0135	0.0060	0.0025	0.0010	10
	1	0.0914	0.3151	0.3874	0.3474	0.2684	0.1877	0.1211	0.0725	0.0403	0.0207	0.0098	9
	2	0.0042	0.0746	0.1937	0.2759	0.3020	0.2816	0.2335	0.1757	0.1209	0.0763	0.0439	8
	3	0.0001	0.0105	0.0574	0.1298	0.2013	0.2503	0.2668	0.2522	0.2150	0.1665	0.1172	7
	4		0.0010	0.0112	0.0401	0.0881	0.1460	0.2001	0.2377	0.2508	0.2384	0.2051	6
	5		0.0001	0.0015	0.0085	0.0264	0.0584	0.1029	0.1536	0.2007	0.2340	0.2461	5
	6			0.0001	0.0012	0.0055	0.0162	0.0368	0.0689	0.1115	0.1596	0.2051	4
	7				0.0001	0.0008	0.0031	0.0090	0.0212	0.0425	0.0746	0.1172	3
	8					0.0001	0.0004	0.0014	0.0043	0.0106	0.0229	0.0439	2
	9							0.0001	0.0005	0.0016	0.0042	0.0098	1
	10									0.0001	0.0003	0.0010	0
n=11	0	0.8953	0.5688	0.3138	0.1673	0.0859	0.0422	0.0198	0.0088	0.0036	0.0014	0.0005	11
	1	0.0995	0.3293	0.3835	0.3248	0.2362	0.1549	0.0932	0.0518	0.0266	0.0125	0.0054	10
	2	0.0050	0.0867	0.2131	0.2866	0.2953	0.2581	0.1998	0.1395	0.0887	0.0513	0.0269	9
	3	0.0002	0.0137	0.0710	0.1517	0.2215	0.2581	0.2568	0.2254	0.1774	0.1259	0.0806	8
	4		0.0014	0.0158	0.0536	0.1107	0.1721	0.2201	0.2428	0.2365	0.2060	0.1611	7
	5		0.0001	0.0025	0.0132	0.0388	0.0803	0.1321	0.1830	0.2207	0.2360	0.2256	6
	6			0.0003	0.0023	0.0097	0.0268	0.0566	0.0985	0.1471	0.1931	0.2256	5
	7				0.0003	0.0017	0.0064	0.0173	0.0379	0.0701	0.1128	0.1611	4
	8					0.0002	0.0011	0.0037	0.0102	0.0234	0.0462	0.0806	3
	9						0.0001	0.0005	0.0018	0.0052	0.0126	0.0269	2
	10								0.0002	0.0007	0.0021	0.0054	1
	11										0.0002	0.0005	0
n=12	0	0.8864	0.5404	0.2824	0.1422	0.0687	0.0317	0.0138	0.0057	0.0022	0.0008	0.0002	12
	1	0.1074	0.3413	0.3766	0.3012	0.2062	0.1267	0.0712	0.0368	0.0174	0.0075	0.0029	11
	2	0.0060	0.0988	0.2301	0.2924	0.2835	0.2323	0.1678	0.1088	0.0639	0.0339	0.0161	10
	3	0.0002	0.0173	0.0852	0.1720	0.2362	0.2581	0.2397	0.1954	0.1419	0.0923	0.0537	9
	4		0.0021	0.0213	0.0683	0.1329	0.1936	0.2311	0.2367	0.2128	0.1700	0.1208	8
	5		0.0002	0.0038	0.0193	0.0532	0.1032	0.1585	0.2039	0.2270	0.2225	0.1934	7
	6			0.0005	0.0040	0.0155	0.0401	0.0792	0.1281	0.1766	0.2124	0.2256	6
	7				0.0006	0.0033	0.0115	0.0291	0.0591	0.1009	0.1489	0.1934	5
	8				0.0001	0.0005	0.0024	0.0078	0.0199	0.0420	0.0762	0.1208	4
	9					0.0001	0.0004	0.0015	0.0048	0.0125	0.0277	0.0537	3
	10							0.0002	0.0008	0.0025	0.0068	0.0161	2
	11								0.0001	0.0003	0.0010	0.0029	1
	12										0.0001	0.0002	0
n=13	0	0.8775	0.5133	0.2542	0.1209	0.0550	0.0238	0.0097	0.0037	0.0013	0.0004	0.0001	13
	1	0.1152	0.3512	0.3672	0.2774	0.1787	0.1029	0.0540	0.0259	0.0113	0.0045	0.0016	12
	2	0.0070	0.1109	0.2448	0.2937	0.2680	0.2059	0.1388	0.0836	0.0453	0.0220	0.0095	11
	3	0.0003	0.0214	0.0997	0.1900	0.2457	0.2517	0.2181	0.1651	0.1107	0.0660	0.0349	10
	4		0.0028	0.0277	0.0838	0.1535	0.2097	0.2337	0.2222	0.1845	0.1350	0.0873	9
	5		0.0003	0.0055	0.0266	0.0691	0.1258	0.1803	0.2154	0.2214	0.1989	0.1571	8
	6			0.0008	0.0063	0.0230	0.0559	0.1030	0.1546	0.1968	0.2169	0.2095	7
	7			0.0001	0.0011	0.0058	0.0186	0.0442	0.0833	0.1312	0.1775	0.2095	6
	8				0.0001	0.0011	0.0047	0.0142	0.0336	0.0656	0.1089	0.1571	5
	9					0.0001	0.0009	0.0034	0.0101	0.0243	0.0495	0.0873	4
	10						0.0001	0.0006	0.0022	0.0065	0.0162	0.0349	3
	11							0.0001	0.0003	0.0012	0.0036	0.0095	2
	12									0.0001	0.0005	0.0016	1
	13											0.0001	0
		0.99	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	x
							p						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1 ความน่าจะเป็นแบบ BINOMIAL (ต่อ)

	x	p 0.01	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	
n=14	0	0.8687	0.4877	0.2288	0.1028	0.0440	0.0178	0.0068	0.0024	0.0008	0.0002	0.0001	14
	1	0.1229	0.3593	0.3559	0.2539	0.1539	0.0832	0.0407	0.0181	0.0073	0.0027	0.0009	13
	2	0.0081	0.1229	0.2570	0.2912	0.2501	0.1802	0.1134	0.0634	0.0317	0.0141	0.0056	12
	3	0.0003	0.0259	0.1142	0.2056	0.2501	0.2402	0.1943	0.1366	0.0845	0.0462	0.0222	11
	4		0.0037	0.0349	0.0998	0.1720	0.2202	0.2290	0.2022	0.1549	0.1040	0.0611	10
	5		0.0004	0.0078	0.0352	0.0860	0.1468	0.1963	0.2178	0.2066	0.1701	0.1222	9
	6			0.0013	0.0093	0.0322	0.0734	0.1262	0.1759	0.2066	0.2088	0.1833	8
	7			0.0002	0.0019	0.0092	0.0280	0.0618	0.1082	0.1574	0.1952	0.2095	7
	8				0.0003	0.0020	0.0082	0.0232	0.0510	0.0918	0.1398	0.1833	6
	9					0.0003	0.0018	0.0066	0.0183	0.0408	0.0762	0.1222	5
	10						0.0003	0.0014	0.0049	0.0136	0.0312	0.0611	4
	11							0.0002	0.0010	0.0033	0.0093	0.0222	3
	12								0.0001	0.0005	0.0019	0.0056	2
	13									0.0001	0.0002	0.0009	1
	14											0.0001	0
n=15	0	0.8601	0.4633	0.2059	0.0874	0.0352	0.0134	0.0047	0.0016	0.0005	0.0001		15
	1	0.1303	0.3658	0.3432	0.2312	0.1319	0.0668	0.0305	0.0126	0.0047	0.0016	0.0005	14
	2	0.0092	0.1348	0.2669	0.2856	0.2309	0.1559	0.0916	0.0476	0.0219	0.0090	0.0032	13
	3	0.0004	0.0307	0.1285	0.2184	0.2501	0.2252	0.1700	0.1110	0.0634	0.0318	0.0139	12
	4		0.0049	0.0428	0.1156	0.1876	0.2252	0.2186	0.1792	0.1268	0.0780	0.0417	11
	5		0.0006	0.0105	0.0449	0.1032	0.1651	0.2061	0.2123	0.1859	0.1404	0.0916	10
	6			0.0019	0.0132	0.0430	0.0917	0.1472	0.1906	0.2066	0.1914	0.1527	9
	7			0.0003	0.0030	0.0138	0.0393	0.0811	0.1319	0.1771	0.2013	0.1964	8
	8				0.0005	0.0035	0.0131	0.0348	0.0710	0.1181	0.1647	0.1964	7
	9				0.0001	0.0007	0.0034	0.0116	0.0298	0.0612	0.1048	0.1527	6
	10					0.0001	0.0007	0.0030	0.0096	0.0245	0.0515	0.0916	5
	11						0.0001	0.0006	0.0024	0.0074	0.0191	0.0417	4
	12							0.0001	0.0004	0.0016	0.0052	0.0139	3
	13								0.0001	0.0003	0.0010	0.0032	2
	14										0.0001	0.0005	1
	15												0
n=16	0	0.8515	0.4401	0.1853	0.0743	0.0281	0.0100	0.0033	0.0010	0.0003	0.0001		16
	1	0.1376	0.3706	0.3294	0.2097	0.1126	0.0535	0.0228	0.0087	0.0030	0.0009	0.0002	15
	2	0.0104	0.1463	0.2745	0.2775	0.2111	0.1336	0.0732	0.0353	0.0150	0.0056	0.0018	14
	3	0.0005	0.0359	0.1423	0.2285	0.2463	0.2079	0.1465	0.0888	0.0468	0.0215	0.0085	13
	4		0.0061	0.0514	0.1311	0.2001	0.2252	0.2040	0.1553	0.1014	0.0572	0.0278	12
	5		0.0008	0.0137	0.0555	0.1201	0.1802	0.2099	0.2008	0.1623	0.1123	0.0667	11
	6		0.0001	0.0028	0.0180	0.0550	0.1101	0.1649	0.1982	0.1983	0.1684	0.1222	10
	7			0.0004	0.0045	0.0197	0.0524	0.1010	0.1524	0.1889	0.1969	0.1746	9
	8			0.0001	0.0009	0.0055	0.0197	0.0487	0.0923	0.1417	0.1812	0.1964	8
	9				0.0001	0.0012	0.0058	0.0185	0.0442	0.0840	0.1318	0.1746	7
	10					0.0002	0.0014	0.0056	0.0167	0.0392	0.0755	0.1222	6
	11						0.0002	0.0013	0.0049	0.0142	0.0337	0.0667	5
	12							0.0002	0.0011	0.0040	0.0115	0.0278	4
	13							0.0000	0.0002	0.0008	0.0029	0.0085	3
	14									0.0001	0.0005	0.0018	2
	15										0.0001	0.0002	1
	16												0
n=17	0	0.8429	0.4181	0.1668	0.0631	0.0225	0.0075	0.0023	0.0007	0.0002			17
	1	0.1447	0.3741	0.3150	0.1893	0.0957	0.0426	0.0169	0.0060	0.0019	0.0005	0.0001	16
	2	0.0117	0.1575	0.2800	0.2673	0.1914	0.1136	0.0581	0.0260	0.0102	0.0035	0.0010	15
	3	0.0006	0.0415	0.1556	0.2359	0.2393	0.1893	0.1245	0.0701	0.0341	0.0144	0.0052	14
	4		0.0076	0.0605	0.1457	0.2093	0.2209	0.1868	0.1320	0.0796	0.0411	0.0182	13
	5		0.0010	0.0175	0.0668	0.1361	0.1914	0.2081	0.1849	0.1379	0.0875	0.0472	12
	6		0.0001	0.0039	0.0236	0.0680	0.1276	0.1784	0.1991	0.1839	0.1432	0.0944	11
	7			0.0007	0.0065	0.0267	0.0668	0.1201	0.1685	0.1927	0.1841	0.1484	10
	8			0.0001	0.0014	0.0084	0.0279	0.0644	0.1134	0.1606	0.1883	0.1855	9
	9				0.0003	0.0021	0.0093	0.0276	0.0611	0.1070	0.1540	0.1855	8
	10					0.0004	0.0025	0.0095	0.0263	0.0571	0.1008	0.1484	7
	11					0.0001	0.0005	0.0026	0.0090	0.0242	0.0525	0.0944	6
	12						0.0001	0.0006	0.0024	0.0081	0.0215	0.0472	5
	13							0.0001	0.0005	0.0021	0.0068	0.0182	4
	14								0.0001	0.0004	0.0016	0.0052	3
	15									0.0001	0.0003	0.0010	2
	16											0.0001	1
	17												0
		0.99	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	x
							p						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1 ความน่าจะเป็นแบบ BINOMIAL (ต่อ)

	x	p 0.01	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	
n=18	0	0.8345	0.3972	0.1501	0.0536	0.0180	0.0056	0.0016	0.0004	0.0001			18
	1	0.1517	0.3763	0.3002	0.1704	0.0811	0.0338	0.0126	0.0042	0.0012	0.0003	0.0001	17
	2	0.0130	0.1683	0.2835	0.2556	0.1723	0.0958	0.0458	0.0190	0.0069	0.0022	0.0006	16
	3	0.0007	0.0473	0.1680	0.2406	0.2297	0.1704	0.1046	0.0547	0.0246	0.0095	0.0031	15
	4		0.0093	0.0700	0.1592	0.2153	0.2130	0.1681	0.1104	0.0614	0.0291	0.0117	14
	5		0.0014	0.0218	0.0787	0.1507	0.1988	0.2017	0.1664	0.1146	0.0666	0.0327	13
	6		0.0002	0.0052	0.0301	0.0816	0.1436	0.1873	0.1941	0.1655	0.1181	0.0708	12
	7			0.0010	0.0091	0.0350	0.0820	0.1376	0.1792	0.1892	0.1657	0.1214	11
	8			0.0002	0.0022	0.0120	0.0376	0.0811	0.1327	0.1734	0.1864	0.1669	10
	9				0.0004	0.0033	0.0139	0.0386	0.0794	0.1284	0.1694	0.1855	9
	10				0.0001	0.0008	0.0042	0.0149	0.0385	0.0771	0.1248	0.1669	8
	11					0.0001	0.0010	0.0046	0.0151	0.0374	0.0742	0.1214	7
	12						0.0002	0.0012	0.0047	0.0145	0.0354	0.0708	6
	13							0.0002	0.0012	0.0045	0.0134	0.0327	5
	14								0.0002	0.0011	0.0039	0.0117	4
	15									0.0002	0.0009	0.0031	3
	16										0.0001	0.0006	2
	17											0.0001	1
	18												0
n=19	0	0.8262	0.3774	0.1351	0.0456	0.0144	0.0042	0.0011	0.0003	0.0001			19
	1	0.1586	0.3774	0.2852	0.1529	0.0685	0.0268	0.0093	0.0029	0.0008	0.0002		18
	2	0.0144	0.1787	0.2852	0.2428	0.1540	0.0803	0.0358	0.0138	0.0046	0.0013	0.0003	17
	3	0.0008	0.0533	0.1796	0.2428	0.2182	0.1517	0.0869	0.0422	0.0175	0.0062	0.0018	16
	4		0.0112	0.0798	0.1714	0.2182	0.2023	0.1491	0.0909	0.0467	0.0203	0.0074	15
	5		0.0018	0.0266	0.0907	0.1636	0.2023	0.1916	0.1468	0.0933	0.0497	0.0222	14
	6		0.0002	0.0069	0.0374	0.0955	0.1574	0.1916	0.1844	0.1451	0.0949	0.0518	13
	7			0.0014	0.0122	0.0443	0.0974	0.1525	0.1844	0.1797	0.1443	0.0961	12
	8			0.0002	0.0032	0.0166	0.0487	0.0981	0.1489	0.1797	0.1771	0.1442	11
	9				0.0007	0.0051	0.0198	0.0514	0.0980	0.1464	0.1771	0.1762	10
	10				0.0001	0.0013	0.0066	0.0220	0.0528	0.0976	0.1449	0.1762	9
	11					0.0003	0.0018	0.0077	0.0233	0.0532	0.0970	0.1442	8
	12						0.0004	0.0022	0.0083	0.0237	0.0529	0.0961	7
	13						0.0001	0.0005	0.0024	0.0085	0.0233	0.0518	6
	14							0.0001	0.0006	0.0024	0.0082	0.0222	5
	15								0.0001	0.0005	0.0022	0.0074	4
	16									0.0001	0.0005	0.0018	3
	17										0.0001	0.0003	2
	18												1
	19												0
n=20	0	0.8179	0.3585	0.1216	0.0388	0.0115	0.0032	0.0008	0.0002				20
	1	0.1652	0.3774	0.2702	0.1368	0.0576	0.0211	0.0068	0.0020	0.0005	0.0001		19
	2	0.0159	0.1887	0.2852	0.2293	0.1369	0.0669	0.0278	0.0100	0.0031	0.0008	0.0002	18
	3	0.0010	0.0596	0.1901	0.2428	0.2054	0.1339	0.0716	0.0323	0.0123	0.0040	0.0011	17
	4		0.0133	0.0898	0.1821	0.2182	0.1897	0.1304	0.0738	0.0350	0.0139	0.0046	16
	5		0.0022	0.0319	0.1028	0.1746	0.2023	0.1789	0.1272	0.0746	0.0365	0.0148	15
	6		0.0003	0.0089	0.0454	0.1091	0.1686	0.1916	0.1712	0.1244	0.0746	0.0370	14
	7			0.0020	0.0160	0.0545	0.1124	0.1643	0.1844	0.1659	0.1221	0.0739	13
	8			0.0004	0.0046	0.0222	0.0609	0.1144	0.1614	0.1797	0.1623	0.1201	12
	9			0.0001	0.0011	0.0074	0.0271	0.0654	0.1158	0.1597	0.1771	0.1602	11
	10				0.0002	0.0020	0.0099	0.0308	0.0686	0.1171	0.1593	0.1762	10
	11					0.0005	0.0030	0.0120	0.0336	0.0710	0.1185	0.1602	9
	12					0.0001	0.0008	0.0039	0.0136	0.0355	0.0727	0.1201	8
	13						0.0002	0.0010	0.0045	0.0146	0.0366	0.0739	7
	14							0.0002	0.0012	0.0049	0.0150	0.0370	6
	15								0.0003	0.0013	0.0049	0.0148	5
	16									0.0003	0.0013	0.0046	4
	17										0.0002	0.0011	3
	18											0.0002	2
	19												1
	20												0
		0.99	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	x
							p						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ค่าวิกฤตของการทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับของวิลคอกซัน

T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
n = 5		*n* = 8		*n* = 10		*n* = 11		*n* = 12		*n* = 13	
*0	.0313	0	.0039	0	.0010	0	.0005	0	.0002	0	.0001
1	.0625	1	.0078	1	.0020	1	.0010	1	.0005	1	.0002
2	.0938	2	.0117	2	.0029	2	.0015	2	.0007	2	.0004
3	.1563	3	.0195	3	.0049	3	.0024	3	.0012	3	.0006
4	.2188	4	.0273	4	.0068	4	.0034	4	.0017	4	.0009
5	.3125	*5	.0391	5	.0098	5	.0049	5	.0024	5	.0012
6	.4063	6	.0547	6	.0137	6	.0068	6	.0034	6	.0017
7	.5000	7	.0742	7	.0186	7	.0093	7	.0046	7	.0023
		8	.0977	8	.0244	8	.0122	8	.0061	8	.0031
n = 6		9	.1250	9	.0322	9	.0161	9	.0081	9	.0040
0	.0156	10	.1563	*10	.0420	10	.0210	10	.0105	10	.0052
1	.0313	11	.1914	11	.0527	11	.0269	11	.0134	11	.0067
*2	.0469	12	.2305	12	.0654	12	.0337	12	.0171	12	.0085
3	.0781	13	.2734	13	.0801	*13	.0415	13	.0212	13	.0107
4	.1094	14	.3203	14	.0967	14	.0508	14	.0261	14	.0133
5	.1563	15	.3711	15	.1162	15	.0615	15	.0320	15	.0164
6	.2188	16	.4219	16	.1377	16	.0737	16	.0386	16	.0199
7	.2813	17	.4727	17	.1611	17	.0874	*17	.0461	17	.0239
8	.3438	18	.5273	18	.1875	18	.1030	18	.0549	18	.0287
9	.4219	*n* = 9		19	.2158	19	.1201	19	.0647	19	.0341
10	.5000	0	.0020	20	.2461	20	.1392	20	.0757	20	.0402
		1	.0039	21	.2783	21	.1602	21	.0881	*21	.0471
n = 7		2	.0059	22	.3125	22	.1826	22	.1018	22	.0549
0	.0078	3	.0098	23	.3477	23	.2065	23	.1167	23	.0636
1	.0156	4	.0137	24	.3848	24	.2324	24	.1331	24	.0732
2	.0234	5	.0195	25	.4229	25	.2598	25	.1506	25	.0839
*3	.0391	6	.0273	26	.4609	26	.2886	26	.1697	26	.0955
4	.0547	7	.0371	27	.5000	27	.3188	27	.1902	27	.1082
5	.0781	*8	.0488			28	.3501	28	.2119	28	.1219
6	.1094	9	.0645			29	.3823	29	.2349	29	.1367
7	.1484	10	.0820			30	.4155	30	.2593	30	.1527
8	.1875	11	.1016			31	.4492	31	.2847	31	.1698
9	.2344	12	.1250			32	.4829	32	.3110	32	.1879
10	.2891	13	.1504			33	.5171	33	.3386	33	.2072
11	.3438	14	.1797					34	.3667	34	.2274
12	.4063	15	.2129					35	.3955	35	.2487
13	.4688	16	.2480					36	.4250	36	.2709
14	.5313	17	.2852					37	.4548	37	.2939
		18	.3262					38	.4849	38	.3177
		19	.3672					39	.5151	39	.3424
		20	.4102							40	.3677
		21	.4551							41	.3934
		22	.5000							42	.4197
										43	.4463
										44	.4730
										45	.5000

* For given *n*, the smallest rank total for which the probability level is equal to or less than 0.0500.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ค่าวิกฤตของการทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับของวิลคอกซัน (ต่อ)

T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
n = 14		**n = 14**		**n = 15**		**n = 16**		**n = 17**		**n = 17**	
0	.0001	50	.4516	47	.2444	39	.0719	25	.0064	74	.4633
2	.0002	51	.4758	48	.2622	40	.0795	26	.0075	75	.4816
3	.0003	52	.5000	49	.2807	41	.0877	27	.0087	76	.5000
4	.0004			50	.2997	42	.0964	28	.0101		
5	.0006	**n = 15**		51	.3193	43	.1057	29	.0116	**n = 18**	
6	.0009	1	.0001	52	.3394	44	.1156	30	.0133	6	.0001
7	.0012	3	.0002	53	.3599	45	.1261	31	.0153	10	.0002
8	.0015	5	.0003	54	.3808	46	.1372	32	.0174	12	.0003
9	.0020	6	.0004	55	.4020	47	.1489	33	.0198	14	.0004
10	.0026	7	.0006	56	.4235	48	.1613	34	.0224	15	.0005
11	.0034	8	.0008	57	.4452	49	.1742	35	.0253	16	.0006
12	.0043	9	.0010	58	.4670	50	.1877	36	.0284	17	.0008
13	.0054	10	.0013	59	.4890	51	.2019	37	.0319	18	.0010
14	.0067	11	.0017	60	.5110	52	.2166	38	.0357	19	.0012
15	.0083	12	.0021	**n = 15**		53	.2319	39	.0398	20	.0014
16	.0101	13	.0027	3	.0001	54	.2477	40	.0443	21	.0017
17	.0123	14	.0034	5	.0002	55	.2641	*41	.0492	22	.0020
18	.0148	15	.0042	7	.0003	56	.2809	42	.0544	23	.0024
19	.0176	16	.0051	8	.0004	57	.2983	43	.0601	24	.0028
20	.0209	17	.0062	9	.0005	58	.3161	44	.0662	25	.0033
21	.0247	18	.0075	10	.0007	59	.3343	45	.0727	26	.0038
22	.0290	19	.0090	11	.0008	60	.3529	46	.0797	27	.0045
23	.0338	20	.0108	12	.0011	61	.3718	47	.0871	28	.0052
24	.0392	21	.0128	13	.0013	62	.3910	48	.0950	29	.0060
*25	.0453	22	.0151	14	.0017	63	.4104	49	.1034	30	.0069
26	.0520	23	.0177	15	.0021	64	.4301	50	.1123	31	.0080
27	.0594	24	.0206	16	.0026	65	.4500	51	.1218	32	.0091
28	.0676	25	.0240	17	.0031	66	.4699	52	.1317	33	.0104
29	.0765	26	.0277	18	.0038	67	.4900	53	.1421	34	.0118
30	.0863	27	.0319	19	.0046	68	.5100	54	.1530	35	.0134
31	.0969	28	.0365	20	.0055			55	.1645	36	.0152
32	.1083	29	.0416	21	.0065	**n = 17**		56	.1764	37	.0171
33	.1206	*30	.0473	22	.0078	4	.0001	57	.1889	38	.0192
34	.1338	31	.0535	23	.0091	8	.0002	58	.2019	39	.0216
35	.1479	32	.0603	24	.0107	9	.0003	59	.2153	40	.0241
36	.1629	33	.0677	25	.0125	11	.0004	60	.2293	41	.0269
37	.1788	34	.0757	26	.0145	12	.0005	61	.2437	42	.0300
38	.1955	35	.0844	27	.0168	13	.0007	62	.2585	43	.0333
39	.2131	36	.0938	28	.0193	14	.0008	63	.2738	44	.0368
40	.2316	37	.1039	29	.0222	15	.0010	64	.2895	45	.0407
41	.2508	38	.1147	30	.0253	16	.0013	65	.3056	46	.0449
42	.2708	39	.1262	31	.0288	17	.0016	66	.3221	*47	.0494
43	.2915	40	.1384	32	.0327	18	.0019	67	.3389	48	.0542
44	.3129	41	.1514	33	.0370	19	.0023	68	.3559	49	.0594
45	.3349	42	.1651	34	.0416	20	.0028	69	.3733	50	.0649
46	.3574	43	.1796	*35	.0467	21	.0033	70	.3910	51	.0708
47	.3804	44	.1947	36	.0523	22	.0040	71	.4088	52	.0770
48	.4039	45	.2106	37	.0583	23	.0047	72	.4268	53	.0837
49	.4276	46	.2271	38	.0649	24	.0055	73	.4450	54	.0907

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ค่าวิกฤตของการทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับของวิลคอกซัน (ต่อ)

T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
n = 18		**n = 19**		**n = 19**		**n = 20**		**n = 20**		**n = 21**	
55	.0982	30	.0036	79	.2706	48	.0164	97	.3921	61	.0296
56	.1061	31	.0041	80	.2839	49	.0181	98	.4062	62	.0323
57	.1144	32	.0047	81	.2974	50	.0200	99	.4204	63	.0351
58	.1231	33	.0054	82	.3113	51	.0220	100	.4347	64	.0380
59	.1323	34	.0062	83	.3254	52	.0242	101	.4492	65	.0411
60	.1419	35	.0070	84	.3397	53	.0266	102	.4636	66	.0444
61	.1519	36	.0080	85	.3543	54	.0291	103	.4782	*67	.0479
62	.1624	37	.0090	86	.3690	55	.0319	104	.4927	68	.0516
63	.1733	38	.0102	87	.3840	56	.0348	105	.5073	69	.0555
64	.1846	39	.0115	88	.3991	57	.0379	**n = 21**		70	.0597
65	.1964	40	.0129	89	.4144	58	.0413	14	.0001	71	.0640
66	.2086	41	.0145	90	.4298	59	.0448	20	.0002	72	.0686
67	.2211	42	.0162	91	.4453	*60	.0487	22	.0003	73	.0735
68	.2341	43	.0180	92	.4609	61	.0527	24	.0004	74	.0786
69	.2475	44	.0201	93	.4765	62	.0570	26	.0005	75	.0839
70	.2613	45	.0223	94	.4922	63	.0615	27	.0006	76	.0895
71	.2754	46	.0247	95	.5078	64	.0664	28	.0007	77	.0953
72	.2899	47	.0273			65	.0715	29	.0008	78	.1015
73	.3047	48	.0301	**n = 20**		66	.0768	30	.0009	79	.1078
74	.3198	49	.0331	11	.0001	67	.0825	31	.0011	80	.1145
75	.3353	50	.0364	16	.0002	68	.0884	32	.0012	81	.1214
76	.3509	51	.0399	19	.0003	69	.0947	33	.0014	82	.1286
77	.3669	52	.0437	20	.0004	70	.1012	34	.0016	83	.1361
78	.3830	*53	.0478	22	.0005	71	.1081	35	.0019	84	.1439
79	.3994	54	.0521	23	.0006	72	.1153	36	.0021	85	.1519
80	.4159	55	.0567	24	.0007	73	.1227	37	.0024	86	.1602
81	.4325	56	.0616	25	.0008	74	.1305	38	.0028	87	.1688
82	.4493	57	.0668	26	.0010	75	.1387	39	.0031	88	.1777
83	.4661	58	.0723	27	.0012	76	.1471	40	.0035	89	.1869
84	.4831	59	.0782	28	.0014	77	.1559	41	.0040	90	.1963
85	.5000	60	.0844	29	.0016	78	.1650	42	.0045	91	.2060
		61	.0909	30	.0018	79	.1744	43	.0051	92	.2160
n = 19		62	.0978	31	.0021	80	.1841	44	.0057	93	.2262
9	.0001	63	.1051	32	.0024	81	.1942	45	.0063	94	.2367
13	.0002	64	.1127	33	.0028	82	.2045	46	.0071	95	.2474
15	.0003	65	.1206	34	.0032	83	.2152	47	.0079	96	.2584
17	.0004	66	.1290	35	.0036	84	.2262	48	.0088	97	.2696
18	.0005	67	.1377	36	.0042	85	.2375	49	.0097	98	.2810
19	.0006	68	.1467	37	.0047	86	.2490	50	.0108	99	.2927
20	.0007	69	.1562	38	.0053	87	.2608	51	.0119	100	.3046
21	.0008	70	.1660	39	.0060	88	.2729	52	.0132	101	.3166
22	.0010	71	.1762	40	.0068	89	.2853	53	.0145	102	.3289
23	.0012	72	.1868	41	.0077	90	.2979	54	.0160	103	.3414
24	.0014	73	.1977	42	.0086	91	.3108	55	.0175	104	.3540
25	.0017	74	.2090	43	.0096	92	.3238	56	.0192	105	.3667
26	.0020	75	.2207	44	.0107	93	.3371	57	.0210	106	.3796
27	.0023	76	.2327	45	.0120	94	.3506	58	.0230	107	.3927
28	.0027	77	.2450	46	.0133	95	.3643	59	.0251	108	.4058
29	.0031	78	.2576	47	.0148	96	.3781	60	.0273	109	.4191

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ค่าวิกฤตของการทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับของวิลคอกซัน (ต่อ)

T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
n = 21		n = 22		n = 22		n = 23		n = 23		n = 24	
110	.4324	67	.0271	116	.3751	68	.0163	117	.2700	62	.0053
111	.4459	68	.0293	117	.3873	69	.0177	118	.2800	63	.0058
112	.4593	69	.0317	118	.3995	70	.0192	119	.2902	64	.0063
113	.4729	70	.0342	119	.4119	71	.0208	120	.3005	65	.0069
114	.4864	71	.0369	120	.4243	72	.0224	121	.3110	66	.0075
115	.5000	72	.0397	121	.4368	73	.0242	122	.3217	67	.0082
		73	.0427	122	.4494	74	.0261	123	.3325	68	.0089
		74	.0459	123	.4620	75	.0281	124	.3434	69	.0097
n = 22		*75	.0492	124	.4746	76	.0303	125	.3545	70	.0106
18	.0001	76	.0527	125	.4873	77	.0325	126	.3657	71	.0115
23	.0002	77	.0564	126	.5000	78	.0349	127	.3770	72	.0124
26	.0003	78	.0603			79	.0274	128	.3884	73	.0135
29	.0004	79	.0644	n = 23		80	.0401	129	.3999	74	.0146
30	.0005	80	.0687	21	.0001	81	.0429	130	.4115	75	.0157
32	.0006	81	.0733	28	.0002	82	.0459	131	.4231	76	.0170
33	.0007	82	.0780	31	.0003	*83	.0490	132	.4348	77	.0183
34	.0008	83	.0829	33	.0004	84	.0523	133	.4466	78	.0197
35	.0010	84	.0881	35	.0005	85	.0557	134	.4584	79	.0212
36	.0011	85	.0935	36	.0006	86	.0593	135	.4703	80	.0228
37	.0013	86	.0991	38	.0007	87	.0631	136	.4822	81	.0245
38	.0014	87	.1050	39	.0008	88	.0671	137	.4941	82	.0263
39	.0016	88	.1111	40	.0009	89	.0712	138	.5060	83	.0282
40	.0018	89	.1174	41	.0011	90	.0755			84	.0302
41	.0021	90	.1240	42	.0012	91	.0801	n = 24		85	.0323
42	.0023	91	.1308	43	.0014	92	.0848	25	.0001	86	.0346
43	.0026	92	.1378	44	.0015	93	.0897	32	.0002	87	.0369
44	.0030	93	.1451	45	.0017	94	.0948	36	.0003	88	.0394
45	.0033	94	.1527	46	.0019	95	.1001	38	.0004	89	.0420
46	.0037	95	.1604	47	.0022	96	.1056	40	.0005	90	.0447
47	.0042	96	.1685	48	.0024	97	.1113	42	.0006	*91	.0475
48	.0046	97	.1767	49	.0027	98	.1172	43	.0007	92	.0505
49	.0052	98	.1853	50	.0030	99	.1234	44	.0008	93	.0537
50	.0057	99	.1940	51	.0034	100	.1297	45	.0009	94	.0570
51	.0064	100	.2030	52	.0037	101	.1363	46	.0010	95	.0604
52	.0070	101	.2122	53	.0041	102	.1431	47	.0011	96	.0640
53	.0078	102	.2217	54	.0046	103	.1501	48	.0013	97	.0678
54	.0086	103	.2314	55	.0051	104	.1573	49	.0014	98	.0717
55	.0095	104	.2413	56	.0056	105	.1647	50	.0016	99	.0758
56	.0104	105	.2514	57	.0061	106	.1723	51	.0018	100	.0800
57	.0115	106	.2618	58	.0068	107	.1802	52	.0020	101	.0844
58	.0126	107	.2723	59	.0074	108	.1883	53	.0022	102	.0890
59	.0138	108	.2830	60	.0082	109	.1965	54	.0024	103	.0938
60	.0151	109	.2940	61	.0089	110	.2050	55	.0027	104	.0987
61	.0164	110	.3051	62	.0098	111	.2137	56	.0029	105	.1038
62	.0179	111	.3164	63	.0107	112	.2226	57	.0033	106	.1091
63	.0195	112	.3278	64	.0117	113	.2317	58	.0036	107	.1146
64	.0212	113	.3394	65	.0127	114	.2410	59	.0040	108	.1203
65	.0231	114	.3512	66	.0138	115	.2505	60	.0044	109	.1261
66	.0250	115	.3631	67	.0150	116	.2601	61	.0048	110	.1322

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ค่าวิกฤตของการทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับของวิลคอกซัน (ต่อ)

T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
n = 24		n = 25		n = 25		n = 25		n = 26		n = 26	
111	.1384	50	.0008	99	.0452	148	.3556	81	.0076	130	.1289
112	.1448	51	.0009	*100	.0479	149	.3655	82	.0082	131	.1344
113	.1515	52	.0010	101	.0507	150	.3755	83	.0088	132	.1399
114	.1583	53	.0011	102	.0537	151	.3856	84	.0095	133	.1457
115	.1653	54	.0013	103	.0567	152	.3957	85	.0102	134	.1516
116	.1724	55	.0014	104	.0600	153	.4060	86	.0110	135	.1576
117	.1798	56	.0015	105	.0633	154	.4163	87	.0118	136	.1638
118	.1874	57	.0017	106	.0668	155	.4266	88	.0127	137	.1702
119	.1951	58	.0019	107	.0705	156	.4370	89	.0136	138	.1767
120	.2031	59	.0021	108	.0742	157	.4474	90	.0146	139	.1833
121	.2112	60	.0023	109	.0782	158	.4579	91	.0156	140	.1901
122	.2195	61	.0025	110	.0822	159	.4684	92	.0167	141	.1970
123	.2279	62	.0028	111	.0865	160	.4789	93	.0179	142	.2041
124	.2366	63	.0031	112	.0909	161	.4895	94	.0191	143	.2114
125	.2454	64	.0034	113	.0954	162	.5000	95	.0204	144	.2187
126	.2544	65	.0037	114	.1001			96	.0217	145	.2262
127	.2635	66	.0040	115	.1050	n = 26		97	.0232	146	.2339
128	.2728	67	.0044	116	.1100	34	.0001	98	.0247	147	.2417
129	.2823	68	.0048	117	.1152	42	.0002	99	.0263	148	.2496
130	.2919	69	.0053	118	.1205	46	.0003	100	.0279	149	.2577
131	.3017	70	.0057	119	.1261	49	.0004	101	.0297	150	.2658
132	.3115	71	.0062	120	.1317	51	.0005	102	.0315	151	.2741
133	.3216	72	.0068	121	.1376	53	.0006	103	.0334	152	.2826
134	.3317	73	.0074	122	.1438	55	.0007	104	.0355	153	.2911
135	.3420	74	.0080	123	.1498	56	.0008	105	.0376	154	.2998
136	.3524	75	.0087	124	.1562	57	.0009	106	.0398	155	.3085
137	.3629	76	.0094	125	.1627	58	.0010	107	.0421	156	.3174
138	.3735	77	.0101	126	.1694	59	.0011	108	.0445	157	.3264
139	.3841	78	.0110	127	.1763	60	.0012	109	.0470	158	.3355
140	.3949	79	.0118	128	.1833	61	.0013	*110	.0497	159	.3447
141	.4058	80	.0128	129	.1905	62	.0015	111	.0524	160	.3539
142	.4167	81	.0137	130	.1979	63	.0016	112	.0553	161	.3633
143	.4277	82	.0148	131	.2054	64	.0018	113	.0582	162	.3727
144	.4387	83	.0159	132	.2131	65	.0020	114	.0613	163	.3822
145	.4498	84	.0171	133	.2209	66	.0021	115	.0646	164	.3918
146	.4609	85	.0183	134	.2289	67	.0023	116	.0679	165	.4014
147	.4721	86	.0197	135	.2371	68	.0026	117	.0714	166	.4111
148	.4832	87	.0211	136	.2454	69	.0028	118	.0750	167	.4208
149	.4944	88	.0226	137	.2539	70	.0031	119	.0787	168	.4306
150	.5056	89	.0241	138	.2625	71	.0033	120	.0825	169	.4405
		90	.0258	139	.2712	72	.0036	121	.0865	170	.4503
n = 25		91	.0275	140	.2801	73	.0040	122	.0907	171	.4602
29	.0001	92	.0294	141	.2891	74	.0043	123	.0950	172	.4702
37	.0002	93	.0313	142	.2983	75	.0047	124	.0994	173	.4801
41	.0003	94	.0334	143	.3075	76	.0051	125	.1039	174	.4900
43	.0004	95	.0355	144	.3169	77	.0055	126	.1086	175	.5000
45	.0005	96	.0377	145	.3264	78	.0060	127	.1135		
47	.0006	97	.0401	146	.3360	79	.0065	128	.1185		
48	.0007	98	.0426	147	.3458	80	.0070	129	.1236		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ค่าวิกฤตของการทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับของวิลคอกซัน (ต่อ)

T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
n = 27		n = 27		n = 27		n = 28		n = 28		n = 28	
39	.0001	105	.0218	154	.2066	74	.0012	123	.0349	172	.2466
47	.0002	106	.0231	155	.2135	75	.0013	124	.0368	173	.2538
52	.0003	107	.0246	156	.2205	76	.0015	125	.0387	174	.2611
55	.0004	108	.0260	157	.2277	77	.0016	126	.0407	175	.2685
57	.0005	109	.0276	158	.2349	78	.0017	127	.0428	176	.2759
59	.0006	110	.0292	159	.2423	79	.0019	128	.0450	177	.2835
61	.0007	111	.0309	160	.2498	80	.0020	129	.0473	178	.2912
62	.0008	112	.0327	161	.2574	81	.0022	*130	.0496	179	.2990
64	.0009	113	.0346	162	.2652	82	.0024	131	.0521	180	.3068
65	.0010	114	.0366	163	.2730	83	.0026	132	.0546	181	.3148
66	.0011	115	.0386	164	.2810	84	.0028	133	.0573	182	.3228
67	.0012	116	.0407	165	.2890	85	.0030	134	.0600	183	.3309
68	.0014	117	.0430	166	.2972	86	.0033	135	.0628	184	.3391
69	.0015	118	.0453	167	.3055	87	.0035	136	.0657	185	.3474
70	.0016	*119	.0477	168	.3138	88	.0038	137	.0688	186	.3557
71	.0018	120	.0502	169	.3223	89	.0041	138	.0719	187	.3641
72	.0019	121	.0528	170	.3308	90	.0044	139	.0751	188	.3725
73	.0021	122	.0555	171	.3395	91	.0048	140	.0785	189	.3811
74	.0023	123	.0583	172	.3482	92	.0051	141	.0819	190	.3896
75	.0025	124	.0613	173	.3570	93	.0055	142	.0855	191	.3983
76	.0027	125	.0643	174	.3659	94	.0059	143	.0891	192	.4070
77	.0030	126	.0674	175	.3748	95	.0064	144	.0929	193	.4157
78	.0032	127	.0707	176	.3838	96	.0068	145	.0968	194	.4245
79	.0035	128	.0741	177	.3929	97	.0073	146	.1008	195	.4333
80	.0038	129	.0776	178	.4020	98	.0078	147	.1049	196	.4421
81	.0041	130	.0812	179	.4112	99	.0084	148	.1091	197	.4510
82	.0044	131	.0849	180	.4204	100	.0089	149	.1135	198	.4598
83	.0048	132	.0888	181	.4297	101	.0096	150	.1180	199	.4687
84	.0052	133	.0927	182	.4390	102	.0102	151	.1225	200	.4777
85	.0056	134	.0968	183	.4483	103	.0109	152	.1273	201	.4866
86	.0060	135	.1010	184	.4577	104	.0116	153	.1321	202	.4955
87	.0065	136	.1054	185	.4670	105	.0124	154	.1370	203	.5045
88	.0070	137	.1099	186	.4764	106	.0132	155	.1421		
89	.0075	138	.1145	187	.4859	107	.0140	156	.1473	n = 29	
90	.0081	139	.1193	188	.4953	108	.0149	157	.1526	50	.0001
91	.0087	140	.1242	189	.5047	109	.0159	158	.1580	59	.0002
92	.0093	141	.1292			110	.0168	159	.1636	65	.0003
93	.0100	142	.1343	n = 28		111	.0179	160	.1693	68	.0004
94	.0107	143	.1396	44	.0001	112	.0190	161	.1751	71	.0005
95	.0115	144	.1450	53	.0002	113	.0201	162	.1810	73	.0006
96	.0123	145	.1506	58	.0003	114	.0213	163	.1870	75	.0007
97	.0131	146	.1563	61	.0004	115	.0226	164	.1932	76	.0008
98	.0140	147	.1621	64	.0005	116	.0239	165	.1995	78	.0009
99	.0150	148	.1681	66	.0006	117	.0252	166	.2059	79	.0010
100	.0159	149	.1742	68	.0007	118	.0267	167	.2124	80	.0011
101	.0170	150	.1804	69	.0008	119	.0282	168	.2190	81	.0012
102	.0181	151	.1868	70	.0009	120	.0298	169	.2257	82	.0013
103	.0193	152	.1932	72	.0010	121	.0314	170	.2326	83	.0014
104	.0205	153	.1999	73	.0011	122	.0331	171	.2395	84	.0015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ค่าวิกฤตของการทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับของวิลคอกซัน (ต่อ)

T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
n = 29		n = 29		n = 29		n = 30		n = 30		n = 30	
85	.0016	134	.0362	183	.2340	90	.0013	139	.0275	188	.1854
86	.0018	135	.0380	184	.2406	91	.0014	140	.0288	189	.1909
87	.0019	136	.0399	185	.2473	92	.0015	141	.0303	190	.1965
88	.0021	137	.0418	186	.2541	93	.0016	142	.0318	191	.2022
89	.0022	138	.0439	187	.2611	94	.0017	143	.0333	192	.2081
90	.0024	139	.0460	188	.2681	95	.0019	144	.0349	193	.2140
91	.0026	*140	.0482	189	.2752	96	.0020	145	.0366	194	.2200
92	.0028	141	.0504	190	.2824	97	.0022	146	.0384	195	.2261
93	.0030	142	.0528	191	.2896	98	.0023	147	.0402	196	.2323
94	.0032	143	.0552	192	.2970	99	.0025	148	.0420	197	.2386
95	.0035	144	.0577	193	.3044	100	.0027	149	.0440	198	.2449
96	.0037	145	.0603	194	.3120	101	.0029	150	.0460	199	.2514
97	.0040	146	.0630	195	.3196	102	.0031	*151	.0481	200	.2579
98	.0043	147	.0658	196	.3272	103	.0033	152	.0502	201	.2646
99	.0046	148	.0687	197	.3350	104	.0036	153	.0524	202	.2713
100	.0049	149	.0716	198	.3428	105	.0038	154	.0547	203	.2781
101	.0053	150	.0747	199	.3507	106	.0041	155	.0571	204	.2849
102	.0057	151	.0778	200	.3586	107	.0044	156	.0595	205	.2919
103	.0061	152	.0811	201	.3666	108	.0047	157	.0621	206	.2989
104	.0065	153	.0844	202	.3747	109	.0050	158	.0647	207	.3060
105	.0069	154	.0879	203	.3828	110	.0053	159	.0674	208	.3132
106	.0074	155	.0914	204	.3909	111	.0057	160	.0701	209	.3204
107	.0079	156	.0951	205	.3991	112	.0060	161	.0730	210	.3277
108	.0084	157	.0988	206	.4074	113	.0064	162	.0759	211	.3351
109	.0089	158	.1027	207	.4157	114	.0068	163	.0790	212	.3425
110	.0095	159	.1066	208	.4240	115	.0073	164	.0821	213	.3500
111	.0101	160	.1107	209	.4324	116	.0077	165	.0853	214	.3576
112	.0108	161	.1149	210	.4408	117	.0082	166	.0886	215	.3652
113	.0115	162	.1191	211	.4492	118	.0087	167	.0920	216	.3728
114	.0122	163	.1235	212	.4576	119	.0093	168	.0955	217	.3805
115	.0129	164	.1280	213	.4661	120	.0098	169	.0990	218	.3883
116	.0137	165	.1326	214	.4745	121	.0104	170	.1027	219	.3961
117	.0145	166	.1373	215	.4830	122	.0110	171	.1065	220	.4039
118	.0154	167	.1421	216	.4915	123	.0117	172	.1103	221	.4118
119	.0163	168	.1471	217	.5000	124	.0124	173	.1143	222	.4197
120	.0173	169	.1521			125	.0131	174	.1183	223	.4276
121	.0183	170	.1572	n = 30		126	.0139	175	.1225	224	.4356
122	.0193	171	.1625	55	.0001	127	.0147	176	.1267	225	.4436
123	.0204	172	.1679	66	.0002	128	.0155	177	.1311	226	.4516
124	.0216	173	.1733	71	.0003	129	.0164	178	.1355	227	.4596
125	.0228	174	.1789	75	.0004	130	.0173	179	.1400	228	.4677
126	.0240	175	.1846	78	.0005	131	.0182	180	.1447	229	.4758
127	.0253	176	.1904	80	.0006	132	.0192	181	.1494	230	.4838
128	.0267	177	.1963	82	.0007	133	.0202	182	.1543	231	.4919
129	.0281	178	.2023	84	.0008	134	.0213	183	.1592	232	.5000
130	.0296	179	.2085	85	.0009	135	.0225	184	.1642		
131	.0311	180	.2147	87	.0010	136	.0236	185	.1694		
132	.0328	181	.2210	88	.0011	137	.0249	186	.1746		
133	.0344	182	.2274	89	.0012	138	.0261	187	.1799		

Source: Frank Wilcoxon, S. K. Katti, and Roberta A. Wilcox, "Critical Values and Probability Levels for the Wilcoxon Rank Sum Test and the Wilcoxon Signed Rank Test." Originally prepared and distributed by Lederle Laboratories Division, American Cyanamid Company, Pearl River, New York, in cooperation with the Department of Statistics, The Florida State University, Tallahassee, Florida. Revised October 1968. Copyright 1963 by the American Cyanamid Company and The Florida State University. Reproduced by permission of S. K. Katti.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้