ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของสถิติพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

กนกวรรณ โกนาคม

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ กนกวรรณ โกนาคม ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ วงษ์นาม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนะการ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกวิชญ์ นันทจีวรวัฒน์)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน
(ดร.ผดุงชัย ภู่พัฒน์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ วงษ์นาม)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนะการ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์ อเนกสุข)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)
วันที่ 10 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ วงษ์นาม ผู้ซึ่งให้ความเมตตาต่อศิษย์ด้วยจิตวิญญาณของความเป็นครูอย่างสูง ให้ข้อเสนอแนะ แนวคิด คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องในการพัฒนาดุษฎีนิพนธ์ รวมทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนะการ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อภิศักดิ์ ไชยโรจน์วัฒนา อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะในการจำลองข้อมูลทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ผดุงชัย ภู่พัฒน์ ประธานคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์ อเนกสุข ผู้แทนคณะศึกษาศาสตร์ กรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ที่กรุณาให้ความเมตตาแก่ผู้วิจัย และให้คำแนะนำอันมีคุณค่ายิ่ง ทำให้ผลงานดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบกระคุณ ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ร่วมสาขาวิชาวิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา ที่คอยให้กำลังใจ รับฟังความคิดเห็น ช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่พบในระหว่างศึกษาจนลุล่วงไปด้วยดี

กราบขอบพระคุณโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการที่อนุมัติให้ผู้วิจัยศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อบุญส่ง คุณแม่ผ่องศรี โกนาคม ที่เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และให้กำลังใจในการศึกษาเป็นอย่างดี า

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

กนกวรรณ โกนาคม

50810807: สาขาวิชา: วิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา; ปร.ด. (วิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา)
คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุโดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก/ สถิติทดสอบมัธยฐาน/ สถิติทดสอบคะแนนปกติ/ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลเรียงอันดับ/ สถิติทดสอบพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

กนกวรรณ โกนาคม: ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของสถิติพิลไล- บาร์ทเลท (THE EFFICIENCY OF NONPARAMETRIC MULTIVARIATE ANALYSIS OF VRIANCE USING THE MEDIAN TEST, THE RANK SUM TEST, THE NORMAL SCORES TEST AND THE PILLAI-BARTLETT TRACE TEST) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: ไพรัตน์ วงษ์นาม, ค.ด., ประเสริฐ เรือนนะการ, ปร.ด., เอกวิชญ์ นันทจีวรวัฒน์, ปร.ด. 288 หน้า. ปี พ.ศ. 2558.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจง 2 ลักษณะ ได้แก่ การแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และการแจกแจงปกติไม่แบบตัวแปรพหุ, ความเท่ากันและไม่เท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม, ตัวแปรตาม จำนวน 5 ตัว, จำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม และมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40, 50, 100, 200 และ 300 , ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 โดยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation technique) ในการจำลองสถานการณ์ และดำเนินการจำลองสถานการณ์เงื่อนไขละ 1,000 รอบ ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดค่าอำนาจการทดสอบที่ยอมรับได้ มีค่าตั้งแต่ .80 เป็นต้นไป และกำหนดช่วงที่ยอมรับอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เมื่อข้อมูลมีขนาดเล็ก ($n < 50$) สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ภายใต้เงื่อนไขกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง ($n = 50$) สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2, 3 และ 5 ตัว

ส่วนสถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2 ตัว ภายใต้เงื่อนไขกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n \geq 100$) สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2, 3 และ 5 ตัว ส่วนสถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2, 3 ตัว ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดใหญ่และมีตัวแปรตาม 5 ตัว

2. กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน และเงื่อนไขข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ไม่มีสถิติทดสอบใดที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

50810807: MAJOR: EDUCATION RESEARCH MEASUREMENT AND STATISTICS;
Ph.D. (RESEARCH MEASUREMENT AND STATISTICS)
KEY WORDS: NON-PARAMETRIC MULTIVARIATE ANALYSIS OF VARIANCE/
MEDIAN TEST/ NORMAL SCORE TEST/ RANK SUM TEST/ PILLAI-BARTLETT
TRACE

KANOKWAN KONAKOM: THE EFFICIENCY OF NONPARAMETRIC MULTIVARIATE ANALYSIS OF VRIANCE USING THE MEDIAN TEST, THE RANK SUM TEST, THE NORMAL SCORES TEST AND THE PILLAI-BARTLETT TRACE TEST. ADVISORY COMMITTEE: PAIRATANA WONGNAM, Ed.D, PRASERT RUANNAKARN, Ph.D., EAKKAWICH NUNTHAJEEWORAWAT, Ph.D. 288 P. 2014.

The purposes of this research were to study the efficiency of nonparametric multivariate analysis of variance using the median test (MMT), the rank sum test (MRST), the normal scores test (MNST) and the pillai-bartlett trace test (MPBT) with monte carlo simulation technique, 1,000 times for each condition. The condition of simulation were data distribution such as multivariate normal distribution and non-multivariate normal distribution, heterogeneity and homogeneity of variance-covariance matrix. There were 5 dependent variables and 5 groups of sample size, they were 25, 40, 50,100, 200 and 300. The level of significant were .05 and .01. In this study, the criteria for the efficiency of the statistics were .08 and up study, the range of type I error at .05 significant level was less than or equal to .057 and less than or equal to .013 at .01 significant level.

The findings could be summarized as follows:

1. In case of multivariate normal distribution with heterogeneity variance-covariance difference at .05 level for small group ($n < 50$), the MRST, MMT and MNST could control the type I error with acceptable power according to the criteria for the medium group ($n = 50$) the MRST, MMT and MNST could control the type I error with acceptable power aceording to the eriteria for the data that have 2, 3 and 5 dependent variables, while the MPBT could control the type I error with acceptable power when there were two dependent variables. In the large group ($n \geq 100$), the MRST and MNST could control the type I error with the acceptable power according to the criteria when the data have 2,3 and 5 dependent variables, while the MPBT could control the type I error with power aecording to the criteria when the data have 2 and 3 dependent variables at .01 significant level. The MPBT could control the type I error with power according to the criteria with the large size data of 5 dependent variables.

2. No statistics test could control the type I error with acceptable power in case of non-multivariate normal distribution and homogeneity variance - covariance matrix and the case of non-multivariate normal distribution and heterogeneity variance - covariance matrix at .05 and .01 significant level.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ด

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

ความมุ่งหมายของการศึกษา 5

สมมติฐานของการศึกษา 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา 6

ขอบเขตของการศึกษา 7

ข้อจำกัดของการศึกษา 8

นิยามศัพท์เฉพาะ 9

กรอบแนวคิดการวิจัย 10

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริก 12

การทดสอบสมมติฐาน 46

ความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจ 47

อำนาจในการทดสอบ 50

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล 54

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 58

3 วิธีดำเนินการศึกษา 66

การศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลทเทรซ 66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลทเทรซ	73
	ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลทเทรซ	79
4	ผลการวิจัย	92
	สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	92
	การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	92
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	93
5	สรุปและอภิปรายผล	247
	สรุปผลการวิจัย	247
	อภิปรายผลการวิจัย	264
	ข้อเสนอแนะ	269
บรรณานุกรม		270
ภาคผนวก		276
	ภาคผนวก ก	277
ประวัติย่อของผู้วิจัย		288

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การใช้ค่ามัธยฐานกลางแบ่งกลุ่มข้อมูล	19
2	คะแนนดิบความเครียด ภาวะซึมเศร้า และ ความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	35
3	คะแนนเรียงอันดับความเครียด ภาวะซึมเศร้า และ ความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	36
4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีพาราเมตริก	39
5	ค่า E_N ของความเครียด ภาวะซึมเศร้า และความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	40
6	ค่าความน่าจะเป็น (ควอนไทล์) คะแนนความเครียด ภาวะซึมเศร้า และความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	42
7	คะแนนปกติความเครียด ภาวะซึมเศร้า และ ความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	44
8	ชนิดและความคลาดเคลื่อนของการตัดสินใจ	48
9	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2)	94
10	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3)	99
11	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4)	104
12	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5)	109

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2)	114
14	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3)	119
15	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4)	124
16	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5)	129
17	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2)	134
18	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3)	139
19	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4)	144
20	อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5)	149
21	อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2)	154

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

22 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) 160

23 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) 165

24 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) 170

25 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2) 175

26 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3) 180

27 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4) 185

28 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5) 190

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

29 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2) 195

30 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) 200

31 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) 205

32 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) 210

33 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 215

34 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 217

35 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 218

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

36 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 220

37 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 221

38 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 223

39 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 224

40 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 226

41 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 227

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

42 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 228

43 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 230

44 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 231

45 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 232

46 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 233

47 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 235

48 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธี นอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 236

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

49 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 237

50 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 238

51 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 239

52 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 241

53 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 242

54 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 243

55 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 244

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

56 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 245

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดการวิจัย	11
2	การแจกแจงปกติของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เมื่อสมมติฐานกลางเป็นจริง	48
3	อิทธิพลของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร (μ_0) และค่าเฉลี่ยจริง ($\mu_{\bar{X}}$) ที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ	51
4	อิทธิพลของขนาดและความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ	53
5	อิทธิพลของระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ	54
6	ขั้นตอนของการดำเนินการศึกษา	81
7	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)	97
8	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)	98
9	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)	102
10	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)	103
11	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)	107
12	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)	108

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)	112
14	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)	113
15	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)	117
16	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)	118
17	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)	122
18	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)	123
19	กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)	127

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

20 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4, α = .01) 128

21 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .05) 132

22 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .01) 133

23 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .05) 137

24 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2, α = .01) 138

25 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .05) 142

26 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3, α = .01) 143

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

27 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4 α = .05).... 147

28 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)..... 149

29 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .05).... 152

30 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)..... 153

31 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)..... 158

32 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)..... 159

33 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)..... 163

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
34	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)	164
35	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)	168
36	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)	169
37	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)	173
38	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)	174
39	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)	178
40	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)	179

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
41	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)	183
42	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)	184
43	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)	188
44	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)	189
45	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)	193
46	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)	194
47	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)	198

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
48	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)	199
49	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)	203
50	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)	204
51	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)	208
52	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)	209
53	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)	213
54	กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)	214

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์เกิดขึ้นครั้งแรกในช่วงปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 จนถึงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 ในการทดลองทางจิตวิทยา ที่มุ่งอธิบายความเปลี่ยนแปลงของตัวแปร ภายใต้สถานการณ์หรือเงื่อนไขที่ได้รับ (Creswell, 2005, p. 283) โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปร ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการกำหนดสมมติฐานของการวิจัยและใช้สถิติในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่สามารถนำไปใช้ในการอธิบาย ทำนาย และควบคุมตัวแปรนั้นให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543, หน้า 3)

สถิติเชิงอ้างอิง (Inferential statistics) ที่สำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) หรือ ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ (Significant testing) มีให้เลือกใช้หลายตัว สถิติทดสอบที่นิยมใช้ ได้แก่ สถิติทดสอบซี (*Z-test*) สถิติทดสอบที (*t-test*) และ สถิติทดสอบเอฟ (*F-test*) (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2540, หน้า 118) ซึ่งสถิติทดสอบแต่ละตัวมีเงื่อนไขหรือข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ในการทดสอบสมมติฐานที่แตกต่างกัน สามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นสถิติทดสอบสำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลกลุ่มเดียว สามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง (Sample mean: $\overline{X}$) กับค่าเฉลี่ยประชากร (Population mean: μ) ซึ่งอาจจะเป็นค่าเฉลี่ยประชากรจริงหรือค่าเฉลี่ยตามทฤษฎีก็ได้ สถิติทดสอบที่ใช้จะขึ้นอยู่กับการทราบหรือไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร (σ^2) ถ้าทราบความแปรปรวนของประชากรจะใช้สถิติทดสอบซี แต่ถ้าไม่ทราบความแปรปรวนของประชากรจะใช้สถิติทดสอบที (*t-test*) ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ให้ใช้สถิติทดสอบที กลุ่มต่อมา คือ สถิติทดสอบสำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองกลุ่ม ถ้าผู้วิจัยทราบความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 กลุ่ม จะใช้สถิติทดสอบซี แต่ถ้าหากผู้วิจัยไม่ทราบความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 กลุ่ม จะใช้สถิติทดสอบที (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 25540, หน้า 118-143) และกลุ่มสุดท้ายเป็นสถิติทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มาจากกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม ผู้วิจัยสามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) หรือรู้จักกันในชื่อของสถิติทดสอบเอฟ (*F-test*) ที่พัฒนาขึ้นใน ค.ศ. 1920 โดยเซอร์ โรนัลด์ ฟิชเชอร์ (Sir Ronald Fisher) ซึ่งสถิตินี้มีข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการทดสอบ คือ ค่าสังเกตได้ต้องมีความเป็นอิสระจากกัน (The observations are independent) ตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มมีการแจกแจง

แบบปกติ (Normal distribution) และความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน (Homogeneity of population variance) (Stevens, 2002, p. 257) ถ้าข้อมูลมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ผลการทดสอบอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ นักสถิติจึงพยายามแก้ไขปัญหาโดยดำเนินการพัฒนาสถิติทางเลือกสำหรับทดสอบสมมติฐานทางสถิติขึ้นมาอีกประเภทหนึ่ง คือ สถิตินอนพารา-เมตริก (Nonparametric statistics) สำหรับใช้เป็นทางเลือกในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเมื่อข้อมูลมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 3) หรือใช้ทดสอบกับข้อมูลที่อยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal scale) หรือ นามบัญญัติ (Nominal scale) (Sheskins, 2000, p. 34) ซึ่งมีอำนาจในการทดสอบสูงและให้ผลการทดสอบไม่แตกต่างจากสถิติพาราเมตริก (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 6) ดังนั้น หากพบว่า ข้อมูลที่ต้องการนำมาทดสอบละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นแล้ว ก็ควรเลือกใช้สถิตินอนพาราเมตริกในการทดสอบสมมติฐานแทน ทั้งนี้เพื่อให้ผลงานวิจัยสอดคล้องกับความเป็นจริงและมีความน่าเชื่อถือ (Sheskins, 2004, p. 34)

สถิตินอนพาราเมตริก เริ่มนำมาใช้ในการศึกษาเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1710 โดย จอห์น อาร์บูธนอท (John Arbuthnot) ที่ทำการศึกษาอัตราการเพิ่มของประชากรชายต่อประชากรหญิง ระหว่างปี ค.ศ. 1629-1710 พบว่า อัตราการเพิ่มของประชากรชายต่อประชากรหญิง มีสัดส่วนเท่ากับ 1: 2 ต่อมาในปี ค.ศ. 1892 ฟรานซิส เกลตัน (Francis Galton) ได้พัฒนามาตรวัดสำหรับการประเมินความคิดเห็นที่ออกแบบให้มีจุดเริ่มต้นตรงกลาง แล้วแยกออกไปด้านซ้ายขวาโดยให้มีช่วงห่างของความคิดเห็นช่วงละ 1 เซนติเมตร ครั้นปี ค.ศ. 1900 คาร์ล เพียร์สัน (Karl Pearson) ได้พัฒนาสถิติทดสอบไคกำลังสอง (Chi-square: χ^2) ที่สามารถใช้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงทุกรูปแบบ และในปี ค.ศ. 1904 สเปียร์แมน (Spearman) ได้พัฒนาสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ลำดับที่ขึ้น (A rank correlation coefficient) ส่งผลให้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสถิตินอนพาราเมตริกอย่างกว้างขวางและเป็นระบบ เพื่อใช้เป็นสถิติอ้างอิง เห็นได้จากช่วงปี ค.ศ. 1931-1939 มีนักสถิติหลายคน เช่น อาร์. เอ. ฟิชเชอร์ (R. A. Fisher) อี. เจ. จี. พิทแมน (E. J. G. Pitman) บี แอล เวลช์ (B. L. Welch) เฟรดแมน (Friedman) สมินอฟ (Smirnov) และคนอื่น ๆ หันมาศึกษาสถิตินอนพาราเมริกโดยจำลองข้อมูลให้ข้อมูลมีลักษณะของการแจกแจงแบบไม่ปกติ (Non-normal distribution) และใช้สถิติทดสอบสำหรับทดสอบข้อมูลลำดับที่ (Permutation tests) ในการทดสอบสมมติฐาน แต่การศึกษาในช่วงนี้ประสบปัญหา เรื่อง ความล้าสมัยของโปรแกรมทางสถิติ หลายปีต่อมา เอฟ วิลคอกซัน และคนอื่น ๆ (F. Wilcoxon and Other) นำเสนอผลการศึกษาว่าเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติแล้ว การทดสอบลำดับที่ หรือการแปลงข้อมูลให้อยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal scale) ทำให้การทดสอบมีประสิทธิภาพที่ดี ครั้นในช่วงปี ค.ศ. 1940-1949 การทดสอบด้วยวิธีนอนพาราเมตริกได้กลายมาเป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบข้อมูลที่อยู่ในมาตราเรียงอันดับ หรือข้อมูลที่ถูกแทนที่ด้วยลำดับที่

ทั้งการคำนวณเพื่อทดสอบก็ทำได้ง่าย จึงได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยนำวิธีการของ แจ็คไนฟ์ (Jack-Knifing) และบูตสแตรพ (Bootstrap) ที่ใช้การสุ่มตัวอย่างซ้ำจากข้อมูลตัวอย่างเพียงชุดเดียวในการสร้างข้อมูล มาใช้ในการศึกษา ส่งผลให้การทดสอบด้วยสถิตินอนพาราเมตริกเป็นที่แพร่หลายและได้รับความสนใจมากขึ้นมาจนถึงปัจจุบัน (Sprent & Nigel, 2007, p. 6-8) สถิตินอนพาราเมตริกที่สามารถใช้เป็นทางเลือกสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรหลายกลุ่ม ได้แก่ การทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวสำหรับข้อมูลเรียงอันดับของครัสคอล-วอลลิส (The kruskal-wallis one-way analysis of variance by ranks) การทดสอบคะแนนปกติของแวน เดอร์ แวร์เดน สำหรับกลุ่มที่เป็นอิสระจากกันตัวอย่างหลายกลุ่ม (The van der waerden normal-scores test for k independent sample) และการทดสอบมัธยฐานสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (The median test for independent sample) (Sheskin, 2004, p. 47)

การพัฒนาทางด้านสถิติยังคงดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1932 ซามูเอล เอส วิลคส์ (Samuel S. Wilks) ได้พัฒนาความสามารถของสถิติพาราเมตริกซ์ให้สามารถวิเคราะห์ตัวแปรพหุได้ โดยดำเนินการปรับขยายจากวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรเดียวเพื่อใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามตั้งแต่สองตัวขึ้นไป โดยสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวแปรตามทั้งหมดพร้อม ๆ กันได้ (Hair, 1995, p. 257) และเรียกชื่อสถิติทดสอบนี้ว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ (Multivariate analysis of variance: MANOVA) มีข้อตกลงเบื้องต้นที่คล้ายคลึงกับวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรเดียว คือ ค่าสังเกตได้ต้องมีความเป็นอิสระจากกัน (The observations are independent) ตัวแปรตามแต่ละตัวต้องมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ (Multivariate normal distribution) เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของประชากรแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน (Homogeneity of population variance-covariance metric) (Stevens, 2002, p. 257) หากผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis: H_A) ผู้วิจัยต้องทดสอบความแตกต่างรายคู่ (Post hoc test) โดยใช้สถิติโฮเทลลิ่ง ทีกำลังสอง (Hotelling's T^2 statistics) (Stevens, 2002, p. 217)

ในขณะเดียวกันเพื่อเป็นการสร้างทางเลือกสำหรับทดสอบข้อมูลที่มีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ นักสถิติได้พัฒนาสถิติทดสอบในกลุ่มนอนพาราเมตริกขึ้น โดยพูริ และเซ็น (Puri & Sen, 1972) ได้นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้สถิติทีกำลังสองของลอร์ลี่-โฮเทลลิ่ง (Lawley-hotelling's generalized T^2) มาใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก โดยใช้สถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติทดสอบมัธยฐานสำหรับข้อมูลตัวแปรพหุที่มีหลายกลุ่ม โดยพัฒนามาจากการทดสอบค่ามัธยฐานสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกันของบราวน์ และมูด (Brown & Mood, 1999) สถิติตัวต่อมา ได้แก่

สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ซึ่งพัฒนาจากวิธีการทดสอบของครัสคอลและวอลลิส ในการทดสอบความแปรปรวนแบบตัวแปรตามตัวเดียว และสถิติคะแนนปกติ (Normal score test) ซึ่งพัฒนาจากการทดสอบคะแนนปกติของแวน เดอ แวร์เดน นอกจากนั้นแล้ว เอิร์ดเฟลเดอร์ (Erdfelder, 1981 cited in Finch, 2005, p. 28) ได้พัฒนาสถิติทดสอบของพิลไลเทรซ (A pillai's trace test) ซึ่งสามารถคำนวณได้ง่ายกว่าสถิติทดสอบทั้ง 3 แบบ โดยแปลงข้อมูลให้อยู่ในมาตราเรียงอันดับแล้ว วิเคราะห์ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ พร้อมทั้งทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ไคกำลังสอง และในปี ค.ศ. 1985 ซวิค (Zwick, 1985, Abstract) ได้สาธิตการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยอาศัยค่าของสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ พบว่า สถิติทดสอบนี้สามารถนำมาใช้แทนการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุได้เมื่อข้อมูลมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น

ด้วยความสามารถของสถิติทดสอบดังกล่าวที่สามารถใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรระหว่างกลุ่มที่มากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป นักสถิติหลายท่านได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของสถิติทดสอบแต่ละตัวในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ดังผลการศึกษาของซวิค (Zwick, 1985, Abstract) ที่ทำการศึกษาวิธีการทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และการทดสอบด้วยคะแนนปกติแทนการทดสอบด้วยสถิติทีโฮเทลลิ่ง ทีกำลังสอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์แบบพาราเมตริก วิธีการทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และการทดสอบด้วยคะแนนปกติ เมื่อข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น และละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ผลการศึกษาพบว่า สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบคะแนนปกติให้ผลการทดสอบที่ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ เจิน (Geon, 1986, Abstract) ศึกษาความแกร่งของสถิตินอนพาราเมตริกในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ สถิติทดสอบคะแนนปกติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ผลการศึกษาพบว่า เมื่อข้อมูลมีการกระจายเป็นโค้งปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบคะแนนปกติ มีความแกร่งใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ และในบางกรณีให้ผลการทดสอบที่ดีกว่า สถิติทดสอบคะแนนปกติยังสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ แต่สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่มีอำนาจของการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบคะแนนปกติ วิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริกมีความแกร่งมากกว่าสถิติที่ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ แม้ว่าสถิติทดสอบคะแนนปกติจะสามารถควบคุมอัตรา ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ หากแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งสถิติทดสอบคะแนนปกติที่มีความยุ่งยากค่อนข้างมาก ดังนั้น นักสถิติจึงควรเลือกใช้การทดสอบด้วยสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

นอกจากนี้ยังมีการค้นพบว่า งานวิจัยในปัจจุบัน บางครั้งผู้วิจัยไม่มีการทดสอบข้อมูลก่อนว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าวหรือไม่ แต่จะสมมติว่า ข้อมูลที่ได้เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ดังนั้น ผลการทดสอบสมมติฐานจะถูกต้องหรือไม่ ย่อมขึ้นอยู่กับการสมมตินั้นเป็นสำคัญ กล่าวคือ ถ้าข้อมูลที่ได้จากการวัดเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติพาราเมตริก การทดสอบก็จะมีประสิทธิภาพแต่ถ้าไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นแล้วผลของการทดสอบที่ได้เห็นจะมีประสิทธิภาพต่ำ (ศูนย์พัฒนาทรัพยากรการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2554, หน้า 2-6) นอกจากนั้นยัง พบว่า งานวิจัยบางชิ้นยังมีความผิดพลาดอันเนื่องจากการเลือกวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลให้เหมาะสมกับชนิดของข้อมูลและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับบุญชม ศรีสะอาด (2554, หน้า 1, 6) ที่กล่าวว่า ลักษณะที่บกพร่องของวิจัยเชิงปริมาณบางเล่ม คือการเลือกใช้สถิติที่ไม่เหมาะสมกับข้อมูล ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นจากการที่หลักสูตรให้เวลาเรียนรู้ระเบียบวิธีทางสถิติค่อนข้างจำกัด (Warnwe, 2008, p. 21)

ดังนั้น เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาและนำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของสถิติพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีนอนพาราเมตริกในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุต่อไป

ความมุ่งหมายของการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ โดยมีความมุ่งหมายเฉพาะดังนี้

1. เพื่อศึกษาอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวนกลุ่มของประชากร จำนวนตัวแปรตาม การแจกแจงของข้อมูล ลักษณะความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม และระดับนัยสำคัญทางสถิติ

2. เพื่อศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูล

ลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวนกลุ่มของประชากร จำนวนตัวแปรตาม การแจกแจงของข้อมูล ลักษณะความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม และระดับนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานของการศึกษา

1. เมื่อข้อมูลมีลักษณะละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีพาราเมตริก ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของเงื่อนไข คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวนกลุ่มของประชากร จำนวนตัวแปรตาม การแจกแจงของข้อมูล ลักษณะความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม และระดับนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกแต่ละวิธีแตกต่างกัน

2. เมื่อข้อมูลมีลักษณะละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีพาราเมตริก ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของเงื่อนไข คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวนกลุ่ม จำนวนตัวแปรตาม การแจกแจงของข้อมูล ลักษณะความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม และระดับนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกแต่ละวิธีแตกต่างกัน

3. เมื่อข้อมูลมีลักษณะละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีพาราเมตริก ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของเงื่อนไข คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวนกลุ่ม จำนวนตัวแปรตาม การแจกแจงของข้อมูล ลักษณะความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม และระดับนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกแต่ละวิธีแตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบแต่ละวิธีสามารถพิจารณาได้จากอำนาจในการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ซึ่งมีผลต่อการทดสอบสมมติฐานและการออกแบบการศึกษาอันนำไปสู่ความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา ในประเทศไทยเองนักวิจัยให้ความสำคัญเกี่ยวกับอำนาจในการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่มากเท่าที่ควร และไม่เป็นที่แพร่หลาย ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพของสถิติทดสอบแต่ละวิธี เพื่อเป็นการขยายขอบเขตความรู้ของอำนาจการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น และชี้ให้ผู้ที่ทำการวิจัยเชิงทดลองด้านการศึกษาพฤติกรรมศาสตร์ และสังคมศาสตร์ ตระหนักถึงความสำคัญของอำนาจในการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยอาศัยการจำลอง

ข้อมูลเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพารา-เมตริกโดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของสถิดิพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ สารสนเทศที่ได้จะใช้เป็นแนวทางสำหรับการเลือกใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกต่อไป

ขอบเขตของการศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ได้แก่

1.1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.1.1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25

1.1.2 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40

1.1.3 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50

1.1.4 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100

1.1.5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200

1.1.6 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300

1.2 จำนวนกลุ่มของประชากร

1.2.1 2 กลุ่ม

1.2.2 3 กลุ่ม

1.2.3 4 กลุ่ม

1.2.4 5 กลุ่ม

1.3 จำนวนตัวแปรตาม

1.3.1 ตัวแปรตาม 2 ตัว

1.3.2 ตัวแปรตาม 3 ตัว

1.3.3 ตัวแปรตาม 4 ตัว

1.3.4 ดัวแปรตาม 5 ตัว

1.4 ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

1.4.1 การแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

1.4.2 การแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน

1.4.3 การแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

1.5 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

1.5.1 นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.5.2 นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ซึ่งประกอบด้วย

2.1 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของสถิติพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

2.2 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของสถิติพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

ข้อจำกัดของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ซึ่งประสิทธิภาพของสถิติทดสอบพิจารณาได้จากอำนาจการทดสอบ และอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบแต่ละวิธี โดยอาศัยการจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โล ให้มีคุณลักษณะของประชากรเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ดำเนินการสุ่มตัวอย่างมาทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ 4 วิธี เงื่อนไขละ 1,000 ครั้ง ทั้งนี้เงื่อนไขของข้อมูลที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นต้องมีการแจกแจงข้อมูล และลักษณะของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่ละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีพาราเมตริก

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ประสิทธิภาพของการทดสอบ หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติของสถิติทดสอบ 4 วิธี โดยพิจารณาจากความสามารถของสถิติทดสอบ 2 กรณี คือ อำนาจการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดังนี้

1.1 อำนาจการทดสอบ (Power of the test) หมายถึง ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานกลางเมื่อสมมติฐานกลางเป็นเท็จ ส่วนความหมายทางการวิจัย หมายถึง การวิจัยที่สามารถตรวจพบอิทธิพลจริง ๆ ของการจัดกระทำทางการทดลองโดยอำนาจการทดสอบในการทดลองครั้งนี้วัดจากจำนวนครั้งในการปฏิเสธสมมติฐานกลาง เมื่อสมมติฐานกลางเป็นเท็จ หารด้วยจำนวนรอบ คือ 1,000 รอบ โอกาสที่จะทำให้เกิดอำนาจการทดสอบ แทนด้วยสัญลักษณ์ 1-β โดยที่ β คือ โอกาสที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ซึ่งเกิดจากการยอมรับสมมติฐานกลาง เมื่อสมมติฐานกลางเป็นเท็จ ในการวิจัยนี้กำหนดค่าอำนาจการทดสอบที่ยอมรับได้ มีค่าตั้งแต่ .80 เป็นต้นไป

1.2 ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานกลางเมื่อสมมติฐานกลางเป็นจริง โอกาสที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ α ซึ่งอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error rate) จากผลการทดลอง หมายถึง สัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริงในการทดสอบสมมติฐานของการทดลอง กับจำนวนครั้งในการทดลองที่ควบคุมด้วยระดับนัยสำคัญทางสถิติ ในการวิจัยนี้กำหนดช่วงที่ยอมรับอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้วิธีนอนพาราเมตริก (Nonparametric multivariate analysis of variance) หมายถึง การทดสอบนัยสำคัญของค่ากลางประชากรระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามมากกว่าหนึ่งตัว โดยตัวแปรตามเป็นตัวแปรต่อเนื่องหรืออยู่ในมาตราเรียงอันดับขึ้นไป ส่วนตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรแบ่งกลุ่มตั้งแต่ 2 กลุ่ม ขึ้นไป โดยที่ข้อมูลมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ในเรื่องของการแจกแจงข้อมูล และลักษณะของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรแปรวนร่วม ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก 4 วิธี คือ

2.1 สถิติทดสอบมัธยฐาน (The median test) หมายถึง การทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของประชากรที่มีกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม โดยนำข้อมูลมาจัดเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก จากนั้นก็คำนวณหาค่ามัธยฐานของข้อมูล แล้วนำค่ามัธยฐานที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลในแต่ละกลุ่มเพื่อหาความแตกต่างระหว่างข้อมูลกับค่ามัธยฐาน จากนั้นทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้สถิติไคกำลังสองที่มีค่าองศาความเป็นอิสระ (Degree of freedom: df) เท่ากับ p(k-1)

2.2 สถิติทดสอบคะแนนปกติ (The normal scores test) หมายถึง การทดสอบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม โดยนำข้อมูลมาจัดแปลงเป็นคะแนนมาตรฐาน แล้วนำคะแนนมาตรฐานที่ได้ไปคำนวณหาความแตกต่างระหว่างกลุ่ม จากนั้นทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้สถิติไคกำลังสอง ที่มีค่าองศาความเป็น (Degree of freedom: df) เท่ากับ p(k-1)

2.3 สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ (The rank sum test) หมายถึง การทดสอบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม โดยนำข้อมูลมาจัดเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก แล้วนำลำดับที่ที่จัดเรียงแล้วมาคำนวณหาความแตกต่างระหว่างกลุ่ม จากนั้นทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้สถิติไคกำลังสอง ที่มีค่าองศาความเป็นอิสระ (Degree of freedom: df) เท่ากับ p(k-1)

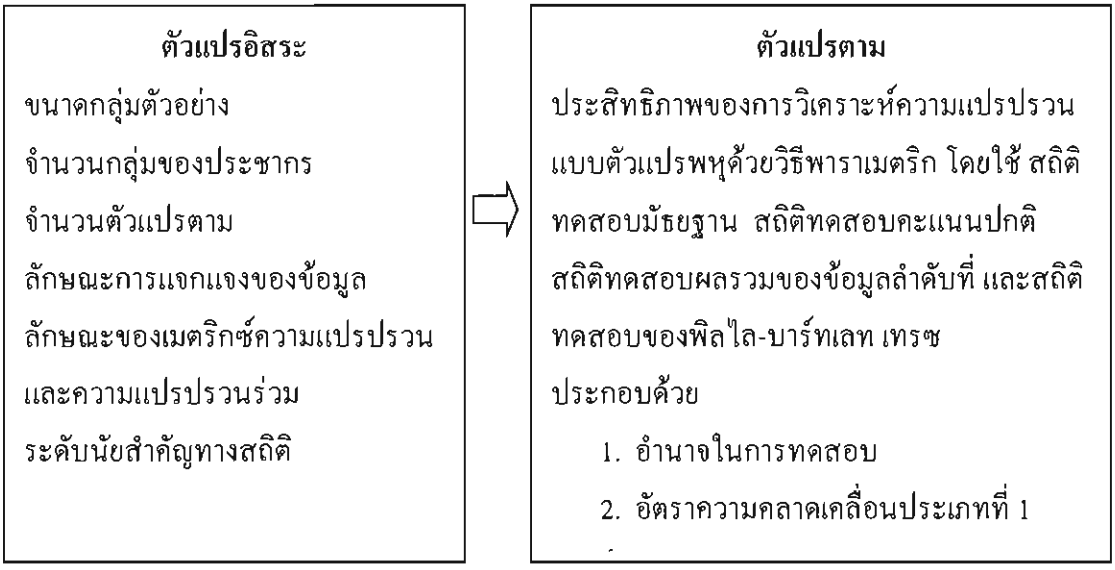
2.4 สถิติทดสอบของพิลไล-บาเลท เทรซ (The pillai-bartlett trace test) หมายถึง การทดสอบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่มที่นำข้อมูลเรียงอันดับมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยนำข้อมูลมาจัดเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก แล้วนำลำดับที่ที่จัดเรียงแล้วมาคำนวณหาความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ (MANOVA) จากนั้นทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้สถิติไคกำลังสอง ที่มีค่าองศาความเป็น (Degree of freedom: df) เท่ากับ p(k-1)

3. เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte-carlo simulation technique) หมายถึง เทคนิคที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการประมาณค่าอำนาจในการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยอาศัยการกระทำซ้ำ ๆ บนรากฐานแนวคิดและทฤษฎีการสุ่มและความน่าจะเป็น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดให้มีการจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โล เงื่อนไขละ 1,000 รอบ

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยสถิติพาราเมตริก ผู้วิจัยจำเป็นต้องตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบก่อน หากพบว่าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ผู้วิจัยสามารถเลือกใช้สถิตินอนพาราเมตริกในการทดสอบได้ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการวิจัย แต่สถิตินอนพาราเมตริกมีกระบวนการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างยุ่งยากและมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่อำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลไม่มากนัก โดยเฉพาะการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุนั้นไม่มีโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และมีวิธีการคำนวณที่ซับซ้อนและแตกต่างกันในแต่ละวิธี ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวและนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยสถิตินอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ พร้อมทั้ง

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบแต่ละวิธี โดยพิจารณาจากค่าอำนาจการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนในการวัด ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลเรียงอันดับ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยสถิตินอนพาราเมตริก
   1.1 ความหมายของสถิตินอนพาราเมตริก
   1.2 ความเป็นมาของสถิตินอนพาราเมตริก
   1.3 ประเภทของการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยสถิตินอนพาราเมตริก
      1.3.1 สถิติทดสอบค่ามัธยฐาน
      1.3.2 สถิติทดสอบด้วยคะแนนปกติ
      1.3.3 สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลเรียงอันดับ
      1.3.4 สถิติของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ
      1.3.5 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก 4 วิธี
2. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing)
3. ความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจ (Decision error)
4. อำนาจการทดสอบ (Power of the test)
5. การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล (Monte carlo method)
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   6.1 งานวิจัยภายในประเทศ
   6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยสถิตินอนพาราเมตริก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ (Multivariate analysis of variance: MANOVA) เป็นวิธีการทางสถิติที่นักวิจัยนิยมใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามตั้งแต่สองตัวขึ้นไปพร้อม ๆ กัน (Hair, 1995, p. 257) ซึ่งสถิติทดสอบนี้มีข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุมีหลายประการ

คือ ค่าสังเกตได้ต้องมีความเป็นอิสระจากกัน (The observations are independent) เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของประชากรไม่แตกต่างกัน (Homogeneity of population covariance matrices) ข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ (Multivariate normal distribution) นอกจากนั้นแล้วสถิติทดสอบนี้ยังอนุญาตให้ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรได้ ผลการทดสอบจึงสอดคล้องและใกล้เคียงกับความจริง ถ้าข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบต้องเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของสถิตินั้น แต่ถ้าหากพบว่า ลักษณะของข้อมูลที่นำมาทดสอบไม่เป็นไปตามข้อดกลงเบื้องด้น เช่น ดัวแปรตามไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นการละเมิดข้อตกลงที่รุนแรงหรือหากพบว่าข้อมูลที่จะนำมาทดสอบมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ จะมีผลต่อความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) และอำนาจในการทดสอบ (Power of the test) ของสถิติ (Stevens, 1992, p. 247) หรือหากพบว่าตัวแปรดามมีระดับความสัมพันธ์สูงมาก ซึ่งส่งผลทำให้เกิดภาวะร่วมเส้นตรงหลายตัวแปร (Multicollinearity) (Meyers, Glenn, & Guarino, 2006, p. 367-368) จะเห็นได้ว่าการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ ทำให้ผลการทดสอบเกิดความผิดพลาดที่รุนแรงได้ (Stevens, 2002, p. 258)

เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดปัญหาดังกล่าว นักวิจัยจำเป็นด้องหันมาใช้สถิติอีกกลุ่มหนึ่ง คือ สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric statistics) ซึ่งสถิติในกลุ่มนี้ไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากร (Distribution-free statistics) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543, หน้า 213) และไม่จำเป็นต้องมีข้อกำหนดเบื้องต้นที่เข้มงวด (Stringent assumption) สามารถนำข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative data) มาวิเคราะห์ได้ และใช้ได้ดีกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (อุมาพร จันทรศร, 2542, หน้า 1, 23) ซึ่งมีนักสถิติหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของวิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริกไว้ ดังนี้

ความหมายของการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก (Definition of nonparametric method)

อำนวย เลิศชยันดี (2539, หน้า 9) กล่าวว่า วิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก คือ วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัยโดยที่มีข้อตกลงเบื้องต้นแตกต่างไปจากสถิติพาราเมตริก คือ ข้อมูลอยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal scale) หรือนามบัญญัติ (Nominal scale) การกระจายของข้อมูลไม่จำเป็นต้องเป็นการแจกแจงแบบปกติและค่าความแปรปรวนของกลุ่มประชากรไม่จำเป็นต้องเท่ากัน

วิสาข์ เกษประทุม (2545, หน้า 2) กล่าวว่า วิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก คือ ระเบียบวิธีการสถิติที่มีข้อตกลงเบื้องต้นน้อยกว่าสถิติแบบพาราเมตริกและใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย

อำนาจ วังจีน และพรรณี บุญสุยา (2548, หน้า 311) กล่าวว่า วิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก คือ วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพหรือข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สุวิมล ติรกานันท์ (2553, หน้า 12) กล่าวว่า วิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบที่ใช้ในการสรุปอ้างอิงที่เกิดในกลุ่มตัวอย่างกลับไปยังประชากร นิยมใช้เมื่อข้อมูลที่ได้มาจากการสุ่มแต่มีขนาดเล็กและไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรในสถิติพาราเมตริก นอกจากนี้ข้อมูลที่ใช้จะอยู่ในมาตรานามบัญญัติและมาตราเรียงอันดับ

พูริ และเซ็น (Puri & Sen, 1972, p. 49) กล่าวว่า วิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก คือ วิธีคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยการทฤษฎีประมาณค่า ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติสำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กได้ และให้ผลใกล้เคียงกับวิธีการทดสอบสมมติฐานสำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

โคโนเวอร์ (Conover, 1980, p. 92) กล่าวว่า วิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก คือ วิธีการทางสถิติที่เหมาะกับข้อมูลที่อยู่ในมาตรานามบัญญัติและมาตราเรียงอันดับ หรือสำหรับข้อมูลที่อยู่ในมาตราอันตรภาคและอัตราส่วนที่ไม่เป็นไปตามฟังก์ชันการแจกแจงของตัวแปรสุ่ม และ/ หรือไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของประชากร

กิบบอนส์ และชาคราบอร์ติ (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 3) กล่าวว่า วิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก คือ วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทดสอบและประมาณค่าประชากรที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

สเปร้นท์ และสมีตัน (Sprent & Smeeton, 2007, p. 2-4) กล่าวว่า วิธีการวิเคราะห์ แบบนอนพาราเมตริก คือ วิธีการทางสถิติที่ไม่มีข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องการแจกแจงของข้อมูล เหมาะกับข้อมูลที่อยู่ในมาตราเรียงอันดับหรือนามบัญญัติ

สรุปได้ว่า วิธีการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก คือ วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานและแปลผลข้อมูลเชิงคุณภาพหรือข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากร ซึ่งมีการพัฒนาควบคู่มาพร้อมกับสถิติพาราเมตริก

ความเป็นมาของสถิตินอนพาราเมตริก (History of nonparametric statistics)

สถิตินอนพาราเมตริกเริ่มนำมาใช้ในการศึกษาเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1710 โดย จอห์น อาร์บูธนอท (John Arbuthnot) ที่ทำการศึกษาอัตราการเพิ่มของประชากรชายต่อประชากรหญิง ระหว่างปี ค.ศ. 1629-1710 พบว่า อัตราการเพิ่มของประชากรชายต่อประชากรหญิง มีสัดส่วนเท่ากับ 1:2 ต่อมาในปี ค.ศ. 1892 ฟรานซิส เกลตัน (Francis Galton) ได้พัฒนามาตรวัดสำหรับการประเมินความคิดเห็นที่ออกแบบให้มีจุดเริ่มต้นตรงกลาง แล้วแยกออกไปด้านซ้ายขวาโดยให้มีช่วงห่างของ

ความคิดเห็นช่วงละ 1 เซนติเมตร ครั้นปี ค.ศ. 1900 คาร์ล เพียร์สัน (Karl Pearson) ได้พัฒนาสถิติทดสอบไคกำลังสอง (Chi-square test) ที่สามารถใช้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงทุกรูปแบบ และในปี ค.ศ. 1904 สเปียร์แมน (Spearman) ได้พัฒนาสถิติทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ลำดับที่ขึ้น (A rank correlation coefficient) ส่งผลให้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสถิตินอนพาราเมตริกอย่างกว้างขวางและเป็นระบบ เพื่อใช้เป็นสถิติอ้างอิง ดังเห็นได้จากช่วงปี ค.ศ. 1931-1939 มีนักสถิติหลายคน เช่น อาร์. เอ. ฟิชเชอร์ (R. A. Fisher) อี. เจ. จี. พิทแมน (E. J. G. Pitman) บี.แอล เวลช์ (B. L. Welch) เฟรดแมน (Friedman) สมินอฟ (Smirnov) และคนอื่น ๆ หันมาศึกษาสถิตินอน-พาราเมตริกโดยใช้วิธีการจำลองข้อมูลให้ข้อมูลมีลักษณะของการแจกแจงแบบไม่ปกติ และใช้สถิติสำหรับทดสอบลำดับที่ (Permutation tests) แต่การศึกษาในช่วงนี้ประสบปัญหาเรื่องความไม่ทันสมัยของโปรแกรมทางสถิติ หลายปีต่อมา เอฟ. วิลคอกซัน และคนอื่น ๆ (F. Wilcoxon and Other) นำเสนอผลการศึกษาว่าเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติแล้ว การทดสอบลำดับที่หรือการแปลงข้อมูลให้อยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal scale) ทำให้การทดสอบมีประสิทธิภาพที่ดี ในช่วงปี ค.ศ. 1940-1949 การทดสอบด้วยวิธีนอนพาราเมตริก ได้กลายมาเป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบข้อมูลที่อยู่ในมาตราเรียงอันดับ หรือข้อมูลที่ถูกแทนที่ด้วยลำดับที่ ทั้งการคำนวณเพื่อทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) ก็ทำได้ง่าย จึงได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยนำวิธีการของ แจ็คไนฟ์ (Jack-Knifing) และบูตสแตรพ (Bootstrap) ที่ใช้การสุ่มตัวอย่างซ้ำจากข้อมูลตัวอย่างเพียงชุดเดียวในการสร้างข้อมูลมาใช้ในการศึกษา ส่งผลให้การทดสอบด้วยสถิตินอนพาราเมตริกเป็นที่แพร่หลายและได้รับความสนใจมากขึ้นมาจนถึงปัจจุบัน (Sprent & Smeeton, 2007, p. 6-8)

ระหว่างนั้นเซอร์ โรนัลด์ ฟิชเชอร์ (Sir Ronald Fisher) นักสถิติพาราเมตริกได้พัฒนาการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ขึ้นในปี ค.ศ. 1920 ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่มากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป ที่มีตัวแปรตามเพียงตัวเดียว (Sprinthall, 2003, p. 313) โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น คือ ค่าสังเกตได้ต้องมีความเป็นอิสระจากกัน ตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มเท่ากัน (Stevens, 2002, p. 257) หากผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis or H_A) ผู้วิจัยต้องทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรรายคู่ (Post hoc test) ทำให้สถิติทดสอบเอฟได้รับความนิยมและยกย่องให้เป็นหัวใจสำคัญของการวิจัยด้วย (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543, หน้า 246) ในขณะเดียวกันนักสถิตินอนพาราเมตริกก็ได้มีการพัฒนาสถิติทางเลือกขึ้นมาใช้แทนสถิติทดสอบเอฟ เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ที่รู้จักกันในชื่อของกลุ่มสถิติสำหรับทดสอบความเท่ากันของข้อมูล k กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Tests of the equality of k independent samples) ซึ่งในสถิติกลุ่มนี้ประกอบด้วยการทดสอบมัธยฐาน (Median test) วิธีการทดสอบความแปรปรวน

แบบทางเดียวของครัสคอล-วอลลิส และการเปรียบเทียบหลายกลุ่ม (The kruskal-wallis one-way ANOVA test and multiple comparisons) (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 355-372) และการทดสอบคะแนนปกติของแวน เดอร์ แวร์เดน สำหรับข้อมูลหลายกลุ่ม (The van der waerden normal scores test for k independent Samples) (Sheskin, 2004, p. 683)

ต่อมาในปี ค.ศ. 1932 ซามูเอล เอส วิลคส์ (Samuel S. Wilks) ได้ปรับขยายวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรเดียว เพื่อให้ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามตั้งแต่สองตัวขึ้นไป โดยสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวแปรตามทั้งหมดพร้อม ๆ กันได้ (Hair, 1995, p. 257) และเรียกชื่อสถิติทดสอบนี้ว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ (Multivariate analysis of variance or MANOVA) มีข้อตกลงเบื้องต้นที่คล้ายคลึงกับวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรเดียว คือ ความเป็นอิสระจากกันของค่าสังเกตได้ (The observations are independent) ตัวแปรตามแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ (Multivariate normal distribution) และเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของประชากรแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน (Homogeneity of population variance-covariance matrix) (Stevens, 2002, p. 257) หากผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานทางเลือก ผู้วิจัยต้องทดสอบความแตกต่างรายคู่ โดยใช้สถิติโฮเทลลิ่ง ทีสแควร์ (Hetelling's T^2) (Stevens, 2002, p. 217)

นักสถิตินอนพาราเมตริกก็ได้พัฒนาสถิติทางเลือกขึ้นโดยปรับขยายสถิติสำหรับทดสอบความเท่ากันของข้อมูล k กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน ให้สามารถทดสอบข้อมูลที่เป็นตัวแปรพหุได้ โดยอาศัยทฤษฎีการจัดลำดับ (Theory of rank test) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทฤษฎีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (Hájek & Šidák, 1967, p. 1) ทฤษฎีนี้ใช้ในการแปลงข้อมูลที่อยู่ในมาตรา อันตรภาคขึ้นไปให้อยู่ในมาตราเรียงอันดับ โดยมีหลักการสำคัญ คือ เมื่อมีข้อมูลชุด X มีสมาชิก คือ $X_1, \ldots, X_N$ สามารถนำมาจัดเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก โดย ตำแหน่งที่ $o_1(X)$ แทนข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุดในข้อมูลชุด X และ ตำแหน่งที่ $o_N(X)$ แทนข้อมูลที่มีค่ามากที่สุดในข้อมูลชุด X ดังนั้น $X^{(i)} = o_i(X)$ เวคเตอร์ของข้อมูลลำดับที่ คือ $X^{(*)}$ สถิติ $X^{(i)} = o_i(X)$ นี้เรียกว่า สถิติลำดับ (Order statistic) ดังสมการ (Hájek & Šidák, 1967, p. 36)

$$X = \{X_1, X_2, \ldots, X_N\} \quad \ldots\ldots(1)$$

$$X^{(1)} \le X^{(2)} \le \ldots \le X^{(N)} = o_1(X), o_2(X), \ldots, o_N(X) \quad \ldots\ldots(2)$$

$$\text{ให้ } X^{(*)} = \{X^{(1)} \le X^{(2)} \le \ldots \le X^{(N)}\} \quad \ldots\ldots(3)$$

จากนั้น เมื่อได้เวคเตอร์ของข้อมูลลำดับที่ $X^{(\cdot)} = \left\{ X^{(1)} \le X^{(2)} \le \ldots \le X^{(N)} \right\}$ แล้วให้กำหนดลำดับให้ข้อมูลนั้น ($r_i(X)$) ตามลำดับจากน้อยไปหามาก ตัวเลขที่มีค่าน้อยที่สุดกำหนดให้เป็นตำแหน่งที่ 1 ไปเรื่อย ๆ ตามลำดับ หากมีข้อมูลที่มีค่าซ้ำกัน (Tied rank) ให้นำตำแหน่งของข้อมูลที่ซ้ำกันนั้นมาหาค่าเฉลี่ย โดยที่สมาชิกของเวคเตอร์ $R_i = r_i(X)$ จะได้เวคเตอร์ตำแหน่งข้อมูล R สถิติ $R_i = r_i(X)$ นี้เรียกว่า สถิติเรียงอันดับของข้อมูลชุด X ตัวที่ i (Rank of X_i) ดังสมการ

$$R = \left\{ R_1, R_2, \ldots, R_N \right\} \qquad \ldots\ldots(4)$$

เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเมตริกซ์ข้อมูลตัวแปรพหุที่ประกอบด้วยตัวแปร i ตัว และมี k กลุ่ม เมื่อ $X_{i\alpha}^{(k)}$, $\alpha = 1, \ldots, n_k$, $k = 1, \ldots, c$ โดยที่ $X_{\alpha}^{(k)} = (X_{1\alpha}^{(k)}, \ldots, X_{p\alpha}^{(k)})'$ สามารถเขียนเป็นเมตริกซ์ของข้อมูลตัวแปรพหุได้ ดังสมการ

$$X_N^{pxN} = \begin{pmatrix} X_{11}^{(1)} & \cdots & X_{1n_1}^{(1)} & \cdots & X_{1n_c}^{(1)} \\ & \vdots & \vdots & \vdots & \\ X_{p1}^{(1)} & \cdots & X_{pn_1}^{(1)} & \cdots & X_{pn_c}^{(1)} \end{pmatrix} \qquad \ldots\ldots(5)$$

เมื่อแปลงข้อมูลตามทฤษฎีการจัดลำดับ จะได้ เมตริกซ์ของข้อมูลลำดับที่ ดังสมการ

$$R_N^{pxN} = \begin{pmatrix} R_{11}^{(1)} & \cdots & R_{1n_1}^{(1)} & \cdots & R_{1n_c}^{(1)} \\ & \vdots & \vdots & \vdots & \\ R_{p1}^{(1)} & \cdots & R_{pn_1}^{(1)} & \cdots & R_{pn_c}^{(c)} \end{pmatrix} \qquad \ldots\ldots(6)$$

สร้างเมตริกซ์ E_N ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเมตริกซ์ R_N^{pxN} โดยที่ $E_{N,\alpha}^{(i)} = J_{N(i)}\left(\frac{\alpha}{N+1}\right)$ เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, p$, $\alpha = 1, \ldots, n_k$, $k = 1, \ldots, c$ ซึ่งจะได้เมตริกซ์ E_N ขนาด p x N ดังสมการ (Puri & Sen, 1972, p. 184)

$$E_N = \begin{pmatrix} E_{N,R_{11}^{(1)}}^{(1)} & \cdots & E_{N,R_{1n_1}^{(1)}}^{(1)} & \cdots & E_{N,R_{1n_c}^{(c)}}^{(1)} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ E_{N,R_{p1}^{(1)}}^{(p)} & \cdots & E_{N,R_{pn_1}^{(1)}}^{(p)} & \cdots & E_{N,R_{pn_c}^{(c)}}^{(p)} \end{pmatrix} \qquad \ldots\ldots(7)$$

ในปี ค.ศ. 1972 พูริ และเซ็น (Puri & Sen, 1972)ได้นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้กับสถิติทีกำลังสองของลอร์ลี่-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's generalized T^2) มาใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก ดังสมการ (Puri & Sen, 1972, p. 186)

$$L_N = \sum_{k=1}^{c} n_k \left[(T_N^{(k)} - \overline{E}_N)\, V^{-1}(R_N^*)\, (T_N^{(k)} - \overline{E}_N)' \right] \sim \chi^2;\ df = p(k-1) \quad \text{.....(8)}$$

เมื่อ L_N แทน สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง

$\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยลำดับที่รวม

$T_N^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยลำดับที่ของกลุ่มที่ k

$V^{-1}(R_N^*)$ แทน เมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

n แทน ขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

p แทน จำนวนตัวแปรตามโดยที่ p = 1, ..., i

k แทน จำนวนกลุ่ม โดยที่ k = 1, ..., c

ซึ่งสถิติทีกำลังสองของลอร์ลี่-โฮเทลลิ่งนี้ พูริและเซ็น (Puri & Sen, 1972) นำมาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก 3 วิธี คือ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลเรียงอันดับต่อมาในปี ค.ศ. 1985 สวิคส์ (Zwick) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยสถิติพาราเมตริกเพื่อให้ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามตั้งแต่สองตัวขึ้นไปที่ข้อมูลอยู่ในมาตราเรียงอันดับ และเรียกชื่อสถิติทดสอบนี้ว่า สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ (Zwick, 1985, p. 148) ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี ตามลำดับ

สถิติทดสอบมัธยฐาน (The median test)

พัฒนาการของสถิติทดสอบมัธยฐาน

สถิติทดสอบมัธยฐาน (Median test) พัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย อเล็กซานเดอร์ แม็คฟาร์เลน มูด (Alexander McFarlane Mood) ถูกนำมาใช้ทดสอบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ต่อมามีการปรับขยายสูตรให้สามารถทดสอบความเท่ากันของกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม ($k \geq 2$) โดยมีหลักการสำคัญ คือ ใช้ทดสอบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษานั้น มัธยฐาน (Median) มีค่าแตกต่างกันหรือไม่ (อำนวย เลิศชยันตี, 2539, หน้า 75)

สมมติฐานของการวิจัย คือ

H_0: กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปนั้น ต่างก็มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่ามัธยฐานเท่ากัน

H_1: กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปนั้น ต่างก็มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่ามัธยฐานไม่เท่ากัน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ในการใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน หลังจากผู้วิจัยจัดเรียงข้อมูลตามลำดับแล้ว ผู้วิจัยต้องคำนวณหาค่ามัธยฐานกลาง (X_a) ซึ่งเป็นค่าของข้อมูลที่เรียงลำดับแล้ว และอยู่ตำแหน่งตรงกลาง สามารถคำนวณหาค่าตำแหน่งของ a ได้ดังสมการ (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 355)

$$a = \left[\frac{N+1}{2} \right] \quad \text{.....(9)}$$

เมื่อ a แทน ตำแหน่งมัธยฐานกลางของตัวแปรตัวที่ p ตำแหน่งมัธยฐานที่ได้จากการคำนวณจะต้องเป็นจำนวนเต็มที่มีค่ามากที่สุด

X_a แทน ข้อมูล ณ ตำแหน่งมัธยฐานกลางของตัวแปรตัวที่ p

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

เมื่อได้ค่ามัธยฐานกลาง (X_a) มาแล้ว ให้ใช้ค่านี้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งจำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้คะแนนสูงกว่าค่ามัธยฐานกลาง ($X \geq X_a$) และกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำกว่าค่ามัธยฐานกลาง ($X < X_a$) ปรากฏดังตารางที่ 1 (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 355)

ตารางที่ 1 การใช้ค่ามัธยฐานกลางแบ่งกลุ่มข้อมูล

	กลุ่มที่ 1	**กลุ่มที่ 2**	**.....**	**กลุ่มที่ k**	**รวม**
$< a$	μ_1	μ_2	.....	μ_k	t
$\geq a$	$n_1 - \mu_1$	$n_2 - \mu_2$	.....	$n_k - \mu_k$	N - t
รวม	n_1	n_2	.....	n_k	N

เมื่อ μ_i แทน จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มที่มีค่าน้อยกว่าค่ามัธยฐานกลาง

n_i แทน จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

t แทน ผลรวมจำนวนตัวอย่างที่มีค่าน้อยกว่าค่ามัธยฐานกลางทุกกลุ่ม

N แทน จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

นำข้อมูลที่คำนวณได้แทนค่าลงในสถิติทดสอบมัธยฐาน ดังสมการ (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 357)

$$Q = \frac{N^2}{t(N-1)} \sum_{i=1}^{k} \frac{(\mu_i - n_i t/N)^2}{n_i} \quad \text{.....(10)}$$

เมื่อ Q แทน สถิติทดสอบมัธยฐาน ซึ่งจะปฏิเสธ H_0 ก็ต่อเมื่อ

$$\frac{(N-1)\ Q}{N} \geq \chi^2_{(k-1,\alpha)} \quad \text{.....(11)}$$

เมื่อ k แทน จำนวนกลุ่ม

N แทน จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

α แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ต่อมาในปี ค.ศ. 1971 พูริ และเซ็น (Puri & Sen, 1972, p. 186) ได้ประยุกต์ใช้สถิติทีกำลังสองของลอร์ลี่-โฮเทลลิ่ง ในการทดสอบมัธยฐานสำหรับข้อมูลตัวแปรพหุที่มีหลายกลุ่ม (The multivariate multisample median test) โดยหลังจากที่แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของคะแนนลำดับที่แล้ว ให้คำนวณหาตำแหน่งมัธยฐานกลาง (X_3) ของแต่ละตัวแปร หากพบว่าลำดับที่ของข้อมูลตัวใด มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานแล้ว ให้มีค่าเท่ากับ 1 ที่เหลือ ให้มีค่าเท่ากับ 0 (Puri & Sen, 1972, p. 186) นำข้อมูลที่เปรียบเทียบกับค่ามัธยฐานแล้ว มาแทนที่ในสมการ 7 หน้า 17 จะได้เมดริกซ์คะแนนปกติ E_N (Puri & Sen, 1972, p. 186) ที่สามารถใช้ในการทดสอบสมมติฐานได้ต่อไป

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

สมมติฐานทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนี้ คือ

H_0: เมดริกซ์ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างนั้น มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่ามัธยฐานเท่ากัน

H_1: เมตริกซ์ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างนั้น มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่ามัธยฐานไม่เท่ากัน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T^2 generalized statistics: L_N) (Puri & Sen, 1972, p. 186)

$$L_N = \sum_{k=1}^{c} n_k \left[(T_N^{(k)} - \overline{E}_N)\ V^{-1} (R_N^{*})(T_N^{(k)} - \overline{E}_N)' \right] \sim \chi^2;\ df = p(k-1) \quad \text{.....(12)}$$

เมื่อ L_N แทน สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง

$\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนมัธยฐานของตัวแปรแต่ละตัวมีขนาดเท่ากับ p x 1 โดยที่เมดริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวม

ของคะแนนมัธยฐานของตัวแปรแต่ละตัว ($\overline{E}_N^{(i)}$) สามารถคำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$\overline{E}_N = \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,\alpha}^{(i)} /N \quad ; \quad i = 1, \ldots, p \qquad (13)$$

เมื่อ $\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของข้อมูลที่เปรียบเทียบกับคะแนน ณ ตำแหน่งมัธยฐานของตัวแปรแต่ละตัว ดังนั้น เมตริกซ์ $\overline{E}_N = (\overline{E}_N^{(1)}, \ldots, \overline{E}_N^{(p)})'$

$E_{N,\alpha}^{(i)}$ แทน ข้อมูลตัวที่ α ตัวแปรตัวที่ i

N แทน จำนวนตัวอย่างในแต่ละตัวแปร

p แทน จำนวนตัวแปร

$T_N^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของคะแนนมัธยฐานของตัวแปรกลุ่มที่ k มีขนาดเท่ากับ p x 1 สามารถคำนวณ ได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 184)

$$T_{N_i}^{(k)} = (1/n_k) \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,R_\alpha^{(k)}}^{(i)} \; ; \; i = 1, \ldots, p \qquad (14)$$

เมื่อ $T_N^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของคะแนนมัธยฐานของตัวแปรกลุ่มที่ k เมื่อข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับข้อมูล ณ ตำแหน่งมัธยฐาน $T_N^{(k)}$ จะมีค่าเท่ากับ $(T_{N_i}^{(1)}, \ldots, T_N^{(p)})'$

$\sum_{\alpha=1}^{n} E_{N,R_\alpha^{(k)}}^{(i)}$ แทน ผลรวมของข้อมูลตัวแปรที่ i กลุ่มที่ k ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับข้อมูล ณ ตำแหน่งมัธยฐาน

n_k แทน จำนวนคนในแต่ละกลุ่ม

p แทน จำนวนตัวแปร

$V(R_N^*)$ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Variance-covariance matrix) ของคะแนนมัธยฐานมีขนาดเท่ากับ p x p คำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$V(R_N^*) = ((V_{ij}(R_N^*))) \; ; \; i, j = 1, \ldots, p' \qquad (15)$$

เมื่อ $V_{ij}(R_N^{\cdot})$ แทน ค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร สามารถคำนวณได้จาก (Puri & Sen, 1972, p. 185) กรณีที่ตำแหน่ง i = j

$$V_{ij}(R_N^{\cdot}) = \frac{a(N-a)}{N^2} \quad \text{.....(16)}$$

เมื่อ a แทน คะแนนมัธยฐานกลางของแต่ละตัวแปรตัวที่ i คำนวณได้ในสมการ 9 หน้า 19

N แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดกรณีที่ ตำแหน่ง $i \neq j$

$$V_{ij}(R_N^{\cdot}) = a_{N,ij} - \left(\frac{a}{N}\right)^2 \quad \text{.....(17)}$$

เมื่อ a แทน คะแนนมัธยฐานกลางของแต่ละตัวแปรตัวที่ i คำนวณได้ในสมการ 9 หน้า 19

$a_{N,ij}$ แทน สัดส่วนของตัวแปรที่ i และ j ที่มีคะแนนน้อยกว่าหรือเท่ากับคะแนน ณ ตำแหน่งมัธยฐาน

N แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

$V^{-1}(R_N^{\cdot})$ แทน เมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Inverse variance-covariance matrix) ของคะแนนมัธยฐาน

สถิติทดสอบคะแนนปกติ (The normal scores test)

พัฒนาการของสถิติทดสอบคะแนนปกติ (Normal scores test)

สถิติทดสอบคะแนนปกติ เป็นเทคนิควิธีทางสถิตินอนพาราเมตริก วิธีหนึ่งที่ใช้ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรระหว่างกลุ่ม โดยอาศัยหลักการของการทดสอบข้อมูลลำดับที่ของวิลคอกซัน (The wilcoxon rank-sum test) (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 304) ต่อมาในปี ค.ศ. 1951 โฮฟเฟดดิ่ง (Hoeffding) ได้ทำการศึกษาสถิติสำหรับทดสอบข้อมูลลำดับที่ บางตัวของสถิตินอนพาราเมตริกที่ให้อำนาจในการทดสอบสูงสุด และในปี ค.ศ. 1952 เทอร์รี่ (Terry) ได้พัฒนาการทดสอบนี้ ซึ่งได้พิสูจน์ว่าเป็นสถิติทดสอบนอนพาราเมตริกที่ให้อำนาจในการทดสอบสูงสุด เขาเรียกชื่อสถิตินี้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนปกติ (Expected normal scores) ในปัจจุบันการทดสอบนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อของ "การทดสอบคะแนนปกติของพิชเชอร์และเยเตส" (Fisher-yates normal scores test) (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 307) หรือ การทดสอบของเทอร์รี่และโฮฟเฟดดิ่ง

(Terry-Hoeffdin test) ต่อมาแวน เดอร์ แวร์เดน (Van der Waerden) ได้ประมาณสถิติทดสอบคะแนนปกตินี้ ซึ่งมีวิธีการคำนวณได้ง่ายกว่า เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ทั้งผลการทดสอบของแวร์เดน ยังมีขนาดใกล้เคียงกับผลการการทดสอบของเทอร์รี่ และโฮฟเฟดดิ่งด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการทดสอบของแวร์เดน เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษามีขนาดใหญ่ (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 310)

สมมติฐานของการวิจัย คือ

ในการใช้สถิติทดสอบคะแนนปกติ มีสมมติฐานในการวิจัย ดังนี้

H_0 : กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปนั้น ต่างก็มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน

H_1 : กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปนั้น ต่างก็มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ในการใช้สถิติทดสอบคะแนนปกติ หลังจากที่ผู้วิจัยแปลงข้อมูล (Transform data) ให้อยู่ในรูปของข้อมูลลำดับที่ (Ith-order statistics) แล้วผู้วิจัยต้องคำนวณหาตำแหน่งควอนไทล์ของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Quantile of a standard normal distribution) เพื่อนำไปสู่การหาพื้นที่ใต้โค้งปกติ ดังสมการ

$$Q_i = \left(\frac{i}{N+1}\right) \quad \text{.....(18)}$$

เมื่อ Q_i แทน ตำแหน่งควอนไทล์ของตัวแปรตัวที่ i

i แทน คะแนนลำดับที่ของคะแนนตัวแปรตัวที่ i

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

โดยที่แวน เดอร์ แวร์เดน (Van Der Waerden) คำนวณหาคะแนนปกติโดยใช้ค่าผกผันของฟังก์ชันสะสมของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Inverse cumulative standard normal distribution) ณ ตำแหน่งควอนไทล์ที่ i ดังสมการ (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 309)

$$Z_i = \Phi^{-1}\left(\frac{i}{N+1}\right) \quad \text{.....(19)}$$

เมื่อ Z_i แทน คะแนนปกติตัวที่ i

$\Phi(X)$ แทน ฟังก์ชันสะสมของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Cumulative standard normal distribution)

$\Phi^{-1}(X)$ แทน ค่าผกผันของฟังก์ชันสะสมของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Inverse cumulative standard normal distribution)

$\Phi^{-1}\left(\frac{i}{N+1}\right)$ แทน ค่าผกผันของฟังก์ชันสะสมของการแจกแจงปกติมาตรฐาน ณ ตำแหน่งควอนไทล์นั้น ๆ

N แทน จำนวนข้อมูล

i แทน ตำแหน่งควอนไทล์ของตัวแปรตัวที่ i แถวที่ j (a_{ij})

สามารถคำนวณสถิติทดสอบคะแนนปกติสำหรับกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่มได้ดังสมการ (Conover, 1980, p. 320)

$$T_1 = \frac{1}{S^2}\sum_{i=1}^{k} n_i(\overline{Z}_i)^2 \quad df = k-1 \qquad (20)$$

เมื่อ Z_i แทน คะแนนปกติ

$\overline{Z}_i$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนปกติกลุ่มที่ i คำนวณได้จากสมการ

$$\overline{Z}_i = \frac{1}{n_i}\sum_{j=1}^{n_i}\Phi^{-1}\left(\frac{i}{N+1}\right)Z^* \qquad (21)$$

เมื่อ n_i แทน กลุ่มที่ i โดยที่ i = 1, 2, ..., k

Z^* แทน ค่าคงที่ (Indicator) ที่สร้างขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ตามเงื่อนไขต่อไปนี้

$Z^* = 1$ เมื่อคะแนนปกตินั้นเป็นสมาชิกในกลุ่มที่ i

$Z^* = 0$ เมื่อคะแนนปกตินั้นไม่เป็นสมาชิกในกลุ่มที่ i

S^2 แทน ความแปรปรวนรวมของคะแนนปกติ คำนวณได้จากสมการ

$$S^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{\text{all scorcs}}^{n} Z_{ij}^2 \qquad (22)$$

เมื่อ Z_{ij} แทน คะแนนปกติตัวที่ i ตัวแปรที่ j

N แทน จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

ต่อมาในปี ค.ศ. 1971 พูริ และเซ็น (Puri & Sen, 1972, p. 186) ได้ประยุกต์ใช้สถิติทีกำลังสองของลอร์ลี่-โฮเทลลิ่ง ในการทดสอบคะแนนปกติสำหรับข้อมูลตัวแปรพหุที่มีหลายกลุ่ม

โดยหลังจากที่แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของคะแนนลำดับที่แล้ว ให้คำนวณหาคะแนนปกติของข้อมูลในแต่ละตัวแปร นำมาแทนที่ในสมการ 7 หน้า 17 จะได้เมตริกซ์คะแนนปกติ E_N (Puri & Sen, 1972, p.186) ที่สามารถใช้ในการคำนวณได้ต่อไป

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T^2 generalized statistics: L_N) (Puri & Sen, 1972, p. 186) ดังสมการ

$$L_N = \sum_{k=1}^{c} n_k \left[(T_N^{(k)} - \overline{E}_N) V^{-1} (R_N^{*}) (T_N^{(k)} - \overline{E}_N)' \right] \sim \chi^2; \; df = p(k-1) \quad \text{.....(23)}$$

เมื่อ L_N แทน สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T^2 generalized statistics)

$\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนปกติของตัวแปรแต่ละตัวแปรมีขนาดเท่ากับ 1 x p โดยที่เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนปกติของตัวแปรแต่ละตัว ($\overline{E}_N$) สามารถคำนวณได้จากสมการ (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$\overline{E}_N^{(i)} = \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N.\alpha}^{(i)} / N \; ; \quad i = 1, \ldots, p \quad \text{.....(24)}$$

เมื่อ $\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนปกติของตัวแปรแต่ละตัว จะได้เมตริกซ์ $\overline{E}_N = (\overline{E}_N^{(1)}, \ldots, \overline{E}_N^{(p)})'$

$E_{N.\alpha}^{(i)}$ แทน คะแนนปกติตัวที่ i ที่มีค่าน้อยที่สุด

N แทน จำนวนตัวอย่างในแต่ละตัวแปร

p แทน จำนวนตัวแปร

$T_{N_i}^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของคะแนนปกติของตัวแปรกลุ่มที่ k มีขนาดเท่ากับ 1 x p โดยที่เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของคะแนนปกติของตัวแปรกลุ่มที่ k ($T_{N_i}^{(k)}$) สามารถ คำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 184)

$$T_N^{(k)} = (1/n_k) \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N.\alpha}^{(i)} Z_{Ni,\alpha}^{(k)} \; ; \; i = 1, \ldots, p \quad \text{.....(25)}$$

เมื่อ $T_{N_i}^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนปกติที่แปลงค่าแล้วของตัวแปรกลุ่มที่ k จะได้เมตริกซ์ $T_N^{(k)} = (T_{N_1}^{(1)}, ..., T_N^{(p)})'$

$E_{N,\alpha}^{(i)}$ แทน คะแนนปกติตัวที่ i กลุ่มที่ k

$Z_{N_i,\alpha}^{(k)}$ แทน ค่าคงที่ (Indicator) ที่สร้างขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ตามเงื่อนไขนี้

$Z_{N_i,\alpha}^{(k)} = 1$ เมื่อคะแนนปกตินั้นเป็นสมาชิกในกลุ่มที่ i

$Z_{N_i,\alpha}^{(k)} = 0$ เมื่อคะแนนปกตินั้นไม่เป็นสมาชิกในกลุ่มที่ i

$V(R_N^{\cdot})$ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Variance-covariance matrix) ของคะแนนปกติ (Normal Scores) มีขนาดเท่ากับ p x p คำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$V(R_N^{\cdot}) = ((V_{ij}(R_N^{\cdot}))) \; ; \; i, j = 1, ..., p' \qquad \text{.....(26)}$$

เมื่อ $V_{ij}(R_N^{\cdot})$ แทน ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรตัวที่ i และ ตัวแปรตัวที่ j สามารถคำนวณได้จาก (Puri & Sen, 1972, p.185)

$$V_{ij}(R_N^{\cdot}) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{c}\sum_{\alpha=1}^{nk} E_{N_{\alpha,i}}^{(k)} E_{N,\alpha j}^{(q)} - \overline{E}_N^{(i)}\overline{E}_N^{(j)} \qquad \text{.....(27)}$$

เมื่อ $E_{N_{\alpha,i}}^{(k)}$ แทน คะแนนปกติของตัวแปรตัวที่ i กลุ่มที่ k

$E_{N_{\alpha,j}}^{(q)}$ แทน คะแนนปกติของ ตัวแปรตัวที่ j กลุ่มที่ q

$\sum_{\alpha=1}^{nk} E_{N_{\alpha,i}}^{(k)} E_{N,\alpha j}^{(q)}$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนปกติของตัวแปรตัวที่ i กลุ่มที่ k คะแนนปกติของตัวแปรตัวที่ j กลุ่มที่ q

$\sum_{k=1}^{c}\sum_{\alpha=1}^{nk} E_{N_{\alpha,i}}^{(k)} E_{N,\alpha j}^{(q)}$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนปกติของตัวแปรตัวที่ I และตัวแปรตัวที่ j ทุกกลุ่ม

$\overline{E}_N^{(i)}$ แทน คะแนนเฉลี่ยคะแนนปกติตัวแปรที่ i

$\overline{E}_N^{(j)}$ แทน คะแนนเฉลี่ยคะแนนปกติ ตัวแปรที่ j

N แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

$V^{-1}(R_N^*)$ แทน เมตริกซ์ผกผันของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Inverse variance-covariance matrix) ของคะแนนปกติ (Normal scores)

สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลเรียงอันดับ (The rank sum test)

พัฒนาการของสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลเรียงอันดับ

ในปี ค.ศ. 1952 ครัสคอล และวอลลิส (Kruslal and Wallis) ได้พัฒนาสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบตัวแปรตามตัวเดียว ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริก สำหรับทดสอบข้อมูลที่อยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal scale) โดยพัฒนาจากสถิติทดสอบของแมนน์-วิตนีย์ยู (Mann-Whitney U test) ที่ใช้ในการทดสอบว่ากลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ว่ามาจากประชากรที่มีการแจกแจงที่เหมือนกันหรือไม่ ซึ่งในการทดสอบของครัสคอลและวอลลิส (Lehmann, 2006, p. 206) สามารถใช้ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า กลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป มีการแจกแจงเหมือนกันหรือไม่ หรือกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มถูกสุ่มมาจากประชากรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ โดยนำลำดับที่ของค่าสังเกตได้แต่ละค่ามาเปรียบเทียบกัน (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 364) มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า กลุ่มตัวอย่างต้องเป็นอิสระจากกัน ข้อมูลอยู่ในมาตราเรียงอันดับขึ้นไป และมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่องซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการสุ่มแบบสมบูรณ์ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance: ANOVA) สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดสอบนี้ คือ H จึงนิยมเรียกสถิติทดสอบนี้ว่าการทดสอบเอชของครัสคอล และวอลลิส (Kruskal-Wallis H test) หรือ การทดสอบเอช (H test) (นิภา ศรีไพโรจน์, 2533, หน้า 178) การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะมีอำนาจในการทดสอบมาก เมื่อข้อมูลมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ทั้งยังเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อน (Thomas, Nelson, & Thomas, 1999) สถิติทดสอบของครัสคอลและวอลลิสนี้ เป็นสถิติที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม k กลุ่ม ที่ข้อมูลอยู่ในมาตราเรียงอันดับ ซึ่งในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ N สามารถทำการทดสอบสมมติฐานได้ โดยนำค่าสังเกตได้มาเรียงอันดับจากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด ให้ลำดับเป็น 1, 2, ..., N ตามลำดับแล้วคำนวณหาผลรวมของลำดับที่ (Total sum of ranks) ผู้วิจัยสามารถตั้งสมมติฐานได้ ดังนี้

สมมติฐานของการวิจัย คือ

ในการใช้สถิติทดสอบของครัสคอลและวอลลิส มีสมมติฐานในการวิจัย ดังนี้

H_0 : กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปนั้น ต่างก็มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน

H_1 : กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปนั้น ต่างก็มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

หลังจากผู้วิจัยแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของข้อมูลลำดับที่แล้ว สามารถใช้สถิติทดสอบของครัสคอลและวอลลิส ในการคำนวณได้ ดังสมการ (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 363)

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^{k} \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1);\ df = k-1 \quad \text{.....(28)}$$

เมื่อ H แทน สถิติการทดสอบเอช (H test)

R_i แทน ผลรวมลำดับที่ของค่าที่สังเกตได้ในกลุ่มที่ i

N แทน จำนวนประชากร

n_i แทน จำนวนประชากรในกลุ่มที่ i

ค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของค่าสังเกตได้ คำนวณได้จาก

$$\begin{aligned}\mu &= \sum_{i=1}^{N} \frac{i}{N} \\ &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} i \\ &= \frac{1}{N}\left(\frac{N(N+1)}{2}\right) \\ &= \frac{N+1}{2}\end{aligned} \quad \text{.....(29)}$$

เมื่อ μ แทน ค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของค่าสังเกตได้

N แทน จำนวนลำดับที่

i แทน ลำดับที่ของกลุ่มตัวอย่าง เริ่มจากลำดับที่ 1 ถึง N

ความแปรปรวนของลำดับที่ของค่าสังเกตได้ คำนวณได้จาก

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{N} \frac{[i-(N+1)/2]^2}{N} = \frac{N^2-1}{12} \quad \text{.....(30)}$$

เมื่อ σ^2 แทน ความแปรปรวนของลำดับที่ของค่าสังเกตได้

N แทน จำนวนประชากร

i แทน กลุ่มที่ตัวอย่าง i

หากผลการทดสอบมีนัยสำคัญทางสถิติ ต้องทำการเปรียบเทียบรายคู่ (Multiple comparisons) สามารถคำนวณได้ ดังสมการ (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 368)

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีขนาดแตกต่างกัน

$$\left|\overline{R}_i - \overline{R}_j\right| > Z^* \sqrt{\frac{N(N+1)}{12}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)} \quad \text{.....(31)}$$

เมื่อ $\overline{R}_i$ แทน ค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของค่าที่สังเกตได้ในกลุ่มที่ i

$\overline{R}_j$ แทน ค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของค่าที่สังเกตได้ในกลุ่มที่ j

N แทน จำนวนประชากร

n_i แทน จำนวนประชากรในกลุ่มที่ i

n_j แทน จำนวนประชากรในกลุ่มที่ j

Z^* แทน พื้นที่ปลายหางด้านขวาของคะแนนมาตรฐาน

$$Z^* = \frac{\alpha}{k(k-1)} \quad \text{.....(32)}$$

เมื่อ Z^* แทน พื้นที่ปลายหางด้านขวาของคะแนนมาตรฐาน

α แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

k แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีขนาดเท่ากัน

$$\left|\overline{R}_i - \overline{R}_j\right| > Z^* \sqrt{\frac{k(N+1)}{6}} \quad \text{.....(33)}$$

เมื่อ Z^* แทน พื้นที่ปลายหางด้านขวาของคะแนนมาตรฐาน

k แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

N แทน จำนวนประชากร

ถ้าค่า $\left|\overline{R}_i - \overline{R}_j\right| \leq Z^*$ แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของค่าที่สังเกตได้ในกลุ่มที่ i และ j มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หาก ถ้าค่า $\left|\overline{R}_i - \overline{R}_j\right| > Z^*$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของค่าที่สังเกตได้ในกลุ่มที่ i และ j แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α

ต่อมาในปี ค.ศ. 1971 พูริ และเซ็น (Puri & Sen, 1972, p. 186) ได้ประยุกต์ใช้สถิติทีกำลังสองของลอร์ลี่-โฮเทลลิ่ง ในการทดสอบผลรวมของลำดับที่สำหรับข้อมูลตัวแปรพหุที่มีหลายกลุ่ม (The multivariate multisample rank sum test) โดยหลังจากที่แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของคะแนนลำดับที่แล้ว นำคะแนนลำดับที่ในแต่ละตัวแปร นำมาแทนที่ใน สมการ 7 หน้า 17 จะได้

เมตริกซ์คะแนนลำดับที่ E_N (Puri & Sen, 1972, p. 186) ที่สามารถใช้ในการคำนวณได้ต่อไป

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T^2 generalized statistics: L_N) (Puri & Sen, 1972, p. 186) ดังสมการ

$$L_N = \sum_{k=1}^{c} n_k \left[(T_N^{(k)} - \bar{E}_N) V^{-1} (R_N^{*}) (T_N^{(k)} - \bar{E}_N)' \right] \sim \chi^2; \; df = p(k-1) \quad \text{.....(34)}$$

เมื่อ L_N แทน สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T^2 generalized statistics)

$\bar{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัว มีขนาดเท่ากับ p x 1 โดยที่เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัว ($\bar{E}_N^{(i)}$) สามารถคำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$\bar{E}_N = \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,\alpha}^{(i)} / N; \quad i = 1, \ldots, p \quad \text{.....(35)}$$

เมื่อ $\bar{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัว

$\sum_{\alpha=1}^{n} E_{N,R_\alpha^{(k)}}^{(i)}$ แทน ผลรวมของคะแนนลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัว

N แทน จำนวนตัวอย่างในแต่ละตัวแปร

p แทน จำนวนตัวแปรเมตริกซ์ $\bar{E}_N$ จะมีค่าเท่ากับ $\bar{E}_N^{(i)} = (\bar{E}_N^{(1)}, \ldots, \bar{E}_N^{(p)})'$

$T_{N_i}^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของลำดับที่ของตัวแปรกลุ่มที่ k มีขนาดเท่ากับ p x 1 โดยที่เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของลำดับที่ของตัวแปร กลุ่มที่ k ($T_N^{(k)}$) สามารถคำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 184)

$$T_{N_i}^{(k)} = (1/n_k) \sum_{\alpha=1}^{n} E_{N,R_\alpha^{(k)}}^{(i)}; \; i = 1, \ldots, p \quad \text{.....(36)}$$

เมื่อ $T_{N_i}^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของลำดับที่ของตัวแปรกลุ่มที่ k

$\sum_{\alpha=1}^{n} E_{N.R_\alpha^{(k)}}^{(i)}$ แทน ผลรวมของคะแนนลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัว

n_k แทน ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ k

p แทน จำนวนตัวแปรกลุ่มที่ k เมตริกซ์ $T_{N_i}^{(k)}$ จะมีค่าเท่ากับ $T_{N_i}^{(k)} = (T_{N_i}^{(1)}, ..., T_N^{(p)})'$

$V(R_N^{\cdot})$ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Variancc-covariance matrix) ของข้อมูลลำดับที่ (Rank data) มีขนาดเท่ากับ p x p คำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$V(R_N^{\cdot}) = ((V_{ij}(R_N^{\cdot}))) \text{ i, j, ..., p'} \quad \text{.....(37)}$$

เมื่อ $V_{ij}(R_N^{\cdot})$ แทน ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร สามารถคำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$V_{ij}(R_N^{\cdot}) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{c}\sum_{\alpha=1}^{nk} E_{N_{\alpha i}}^{(k)} E_{N_{\cdot \alpha j}}^{(q)} - \overline{E}_N^{(i)}\overline{E}_N^{(j)} \quad \text{.....(38)}$$

เมื่อ $E_{N_{\alpha i}}^{(k)}$ แทน คะแนนลำดับที่ตัวแปรตัวที่ i กลุ่มที่ k

$E_{N_{\alpha j}}^{(q)}$ แทน คะแนนลำดับที่ตัวแปรตัวที่ j กลุ่มที่ q

$\sum_{\alpha=1}^{n_k} E_{N_{\alpha i}}^{(k)} E_{N_{\cdot \alpha j}}^{(q)}$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนน ลำดับที่ตัวแปรตัวที่ i กลุ่มที่ k และ คะแนนลำดับที่ตัวแปรตัวที่ j กลุ่มที่ q

$\sum_{k=1}^{c}\sum_{\alpha=1}^{n_k} E_{N_{\alpha i}}^{(k)} E_{N_{\cdot \alpha j}}^{(q)}$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนน ลำดับที่ตัวแปรตัวที่ i และตัวแปรตัวที่ j ทุกกลุ่ม

$\overline{E}_{N_i}$ แทน คะแนนเฉลี่ยคะแนนลำดับที่ของตัวแปรตัวที่ i

$\overline{E}_{N_j}$ แทน คะแนนเฉลี่ยคะแนนลำดับที่ของตัวแปรตัวที่ j

N แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

$V^{-1}(R_N^{\cdot})$ แทน เมตริกซ์ผกผันของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Inverse variance-covariance matrix) ของข้อมูลลำดับที่ (Rank data)

สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ (The pillai-bartlett trace)

พัฒนาการของสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ เป็นการประยุกต์ใช้สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริก ในปี ค.ศ. 1981 Erdfelder ได้พัฒนาสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ (Pillai-bartlett trace) ด้วยสถิติไคกำลังสองตามแนวคิดของแคทส์และแมคสวีเนย์ (Katz & McSweeney, 1980) ซึ่งสามารถคำนวณได้ง่าย (Finch, 2005, p. 27) สอดคล้องกับผลการศึกษาของซวิคส์ (Zwick, 1985, Abstract) ที่ได้เสนอความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริกในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีพาราเมตริก (Multivariate analysis of variance: MANOVA) โดยทำการศึกษาการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริก: การคำนวณจากค่าพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ โดยวิธีการจำลองข้อมูล (Simulation) เพื่อใช้เป็นทางเลือกในวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุเมื่อมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น โดยผู้วิจัยต้องแปลงข้อมูลให้อยู่ในมาตราเรียงอันดับก่อน แล้วจึงนำมาทดสอบด้วยการวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริกในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีพาราเมตริก (Zwick, 1985, p. 148) แล้วนำค่าพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ มาคำนวณเพื่อทดสอบสมมติฐาน (Finch, 2005, p. 28)

สมมติฐานของการวิจัย คือ

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริก โดยสถิติทดสอบของพิลไล-บาเลท เทรซ มีสมมติฐานในการวิจัย ดังนี้

H_0 : กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปนั้น ต่างก็มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน

H_1 : กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปนั้น ต่างก็มาจากกลุ่มประชากรที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ประกอบด้วย การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีพาราเมตริก และค่าพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยพาราเมตริก ปรากฏดังสมการ (Meyers, Gamst, & Guarino, 2006, p. 406)

$$T = B + W \quad \text{.....(39)}$$

เมื่อ T แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมทั้งหมด (Total sum of square and cross-product matrix) ดังสมการ

$$T = \sum_{j=1}^{g} \sum_{k=1}^{n_j} (X_{jk} - \overline{X})(X_{jk} - \overline{X})' \quad \text{.....(40)}$$

B แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มตัวแปร (Between sum of square and cross-product matrix) ดังสมการ

$$B = \sum_{j=1}^{g} n_j (\overline{X}_j - \overline{X})(\overline{X}_j - \overline{X})' \quad \text{.....(41)}$$

W แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มตัวแปร (Within sum of square and cross-product matrix) ดังสมการ

$$W = \sum_{j=1}^{g} \sum_{k=1}^{n_j} (X_{jk} - \overline{X}_j)(X_{jk} - \overline{X}_j)' \quad \text{.....(42)}$$

2. สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ (Pillai-bartlett trace)

สถิติพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ (Pillai-bartlett trace: V) เป็นผลรวมของค่าไอเกน (Eigen value) ที่เป็นส่วนกลับของผลคูณระหว่างเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมทั้งหมด (Total SSCP matrix) กับ เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between SSCP matrix) (Stevens, 2002, p. 244) หรืออาจกล่าวได้ว่าสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ เป็นผลรวมที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรจำแนกกลุ่ม (Discriminant variates) ซึ่งคำนวณมาจากรากที่สองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาร์โนนิคอล (Canonical coefficients) ของตัวแปรแต่ละตัว

นอกจากนั้นแล้วในปี ค.ศ. 1970 ออลสัน (Olson) พบว่า สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ มีความแกร่งมากกว่า สถิติทดสอบของลอเลย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling), สถิติทดสอบของวิล์ค แลมดา (Wilk's Lambda) และสถิติทดสอบของรอย (Roy's largest root) ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้

ในการทดสอบนัยสำคัญของสมการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ

สมการพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของสมการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ คือ (Raykov & Marcoulides, 2008, p. 134; ไพรัตน์ วงษ์นาม, 2542, หน้า 194)

$$V = \sum_{i=1}^{s} \frac{\lambda_i}{1+\lambda_i} \quad \text{.....(43)}$$

เมื่อ V แทน สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

λ_i แทน ค่าสูงสุดของค่าไอเกน (Eigen value) ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม

$\sum_{i=1}^{s}$ แทน ผลรวมตั้งแต่ตัวแปรที่ i ถึงตัวแปรที่ s

เมื่อได้สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ แล้ว สามารถนำมาใช้ทดสอบสมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยอาศัยค่าของสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ โดยนำมาแทนค่าในสมการ (Finch, 2005, p. 28)

$$\chi^2 = (n-1)V \; ; \; df = p\,(k-1) \quad \text{.....(44)}$$

เมื่อ χ^2 แทน การทดสอบค่าพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ด้วยสถิติไคกำลังสอง

N แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

V แทน สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี

จากการศึกษาผลการทดลองใช้วิธีการของแพทย์ทางเลือกในการบำบัดความเครียด (Y_1) ภาวะซึมเศร้า (Y_2) และ ความโกรธ (Y_3) ของผู้ป่วย จำนวน 46 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง (E) จำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุม (C) จำนวน 26 คน (Zwick, 1985, p. 161) ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนดิบความเครียด ภาวะซึมเศร้า และความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม

กลุ่ม	Y_1	Y_2	Y_3	กลุ่ม	Y_1	Y_2	Y_3
E	285	325	165	C	168	190	160
E	23	45	15	C	277	230	63
E	40	85	18	C	153	80	29
E	215	307	60	C	306	440	105
E	110	110	50	C	252	350	175
E	65	105	24	C	143	205	42
E	43	160	44	C	69	55	10
E	120	180	80	C	177	195	75
E	250	335	185	C	73	57	32
E	14	20	3	C	81	120	7
E	0	15	5	C	63	63	0
E	5	23	12	C	64	53	35
E	75	303	95	C	88	125	21
E	27	113	40	C	132	225	9
E	30	25	28	C	122	60	38
E	183	175	100	C	309	355	135
E	47	117	46	C	147	135	83
E	385	520	23	C	223	300	30
E	83	95	26	C	217	235	130
E	87	27	2	C	74	67	20
				C	258	185	115
				C	239	445	145
				C	78	40	48
				C	70	50	55
				C	188	165	87
				C	157	330	67

สมมติฐานของการวิจัย

H_0: ผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดต่างกัน มีความเครียด (Y_1) ภาวะซึมเศร้า (Y_2) และความโกรธ (Y_3) ไม่แตกต่างกัน

H_1: ผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดต่างกัน มีความเครียด (Y_1) ภาวะซึมเศร้า (Y_2) และความโกรธ (Y_3) แตกต่างกัน

สมมติฐานทางสถิติ

$H_0: \mu_{ij} = 0$

$H_1: \mu_{ij} \neq 0$

วิธีการทดสอบผลรวมของที่สำหรับข้อมูลตัวแปรพหุที่มีหลายกลุ่ม

1. จัดอันดับข้อมูลของสมาชิกทุกกลุ่ม ในแต่ละตัวแปรจากน้อยไปหามาก โดยให้อันดับที่ 1 สำหรับค่าที่น้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3

2. คำนวณเมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยลำดับที่รวม ($\bar{E}_N$)

$\bar{E}_N = [23.50 \quad 23.50 \quad 23.50]'$

3. คำนวณเมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยลำดับที่ของแต่ละกลุ่ม ($T_N^{(k)}$)

$T_N^{(1)} = [17.90 \quad 20.70 \quad 20.85]'$

$T_N^{(2)} = [27.81 \quad 25.65 \quad 25.54]'$

ตารางที่ 3 คะแนนเรียงอันดับความเครียด ภาวะซึมเศร้า และ ความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	RY_1	RY_2	RY_3	กลุ่ม	RY_1	RY_2	RY_3
E	43	39	44	C	31	30	43
E	4	7	9	C	42	34	30
E	7	16	10	C	29	15	17
E	35	38	29	C	44	44	38
E	23	19	27	C	40	42	45
E	12	18	14	C	27	32	23
E	8	25	24	C	13	10	7
E	24	28	33	C	32	31	32
E	39	41	46	C	15	11	19
E	3	2	3	C	19	22	5
E	1	1	4	C	10	13	1
E	2	3	8	C	11	9	20
E	17	37	36	C	22	23	12
E	5	20	22	C	26	33	6

ตารางที่ 3 (ต่อ)

กลุ่ม	RY_1	RY_2	RY_3	กลุ่ม	RY_1	RY_2	RY_3
E	6	4	16	C	25	12	21
E	33	27	37	C	45	43	41
E	9	21	25	C	28	24	34
E	46	46	13	C	37	36	18
E	20	17	15	C	36	35	40
E	21	5	2	C	16	14	11
				C	41	29	39
				C	38	45	42
				C	18	6	26
				C	14	8	28
				C	34	26	35
				C	30	40	31
$\sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,\alpha}^{(1)}$	358	414	417	$\sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,\alpha}^{(2)}$	723	667	664
n_1	20	20	20	n_2	26	26	26
$T_N^{(1)}$	17.90		20.85	$T_N^{(2)}$	27.81	25.65	25.54

4. คำนวณหาเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ($V(R_N^{\cdot})$) โดยใช้สมการ 15-17 หน้า 21-22

$$V_{ij}(R_N^{\cdot}) = \frac{1}{46}\begin{bmatrix} 33511.00 & 32175.00 & 30916.00 \\ 32175.00 & 33511.00 & 30968.00 \\ 30916.00 & 30968.00 & 33511.00 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 552.25 & 552.25 & 552.25 \\ 552.25 & 552.25 & 552.25 \\ 552.25 & 552.25 & 552.25 \end{bmatrix}$$

$$V_{ij}(R_N^{\cdot}) = \begin{bmatrix} 728.50 & 699.46 & 672.09 \\ 699.46 & 728.50 & 673.22 \\ 672.09 & 673.22 & 728.50 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 552.25 & 552.25 & 552.25 \\ 552.25 & 552.25 & 552.25 \\ 552.25 & 552.25 & 552.25 \end{bmatrix}$$

$$V_{ij}(R_N^{\bullet}) = \begin{bmatrix} 176.25 & 147.21 & 119.84 \\ 147.21 & 176.25 & 120.97 \\ 119.84 & 120.97 & 176.25 \end{bmatrix}$$

5. คำนวณหาเมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

$$V^{-1}(R_N^{\bullet}) = \begin{bmatrix} 0.02 & -0.01 & 0.00 \\ -0.01 & 0.02 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.01 \end{bmatrix}$$

6. คำนวณสถิติทดสอบทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (L_N) โดยใช้สมการ 12 หน้า 20

$$L_N = \sum_{k=1}^{c} n_k \left[(T_N^{(k)} - \bar{E}_N) V^{-1}(R_N^{\bullet}) (T_N^{(k)} - \bar{E}_N)' \right]$$

$$L_N = 20 \left[\begin{pmatrix} 17.90 \\ 20.70 \\ 20.85 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 23.50 \\ 23.50 \\ 23.50 \end{pmatrix} \right] \begin{bmatrix} 0.02 & -0.01 & 0.00 \\ -0.01 & 0.02 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.01 \end{bmatrix} \left[\begin{pmatrix} 17.90 \\ 20.70 \\ 20.85 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 23.50 \\ 23.50 \\ 23.50 \end{pmatrix} \right] +$$

$$26 \left[\begin{pmatrix} 27.81 \\ 25.65 \\ 25.52 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 23.50 \\ 23.50 \\ 23.50 \end{pmatrix} \right] \begin{bmatrix} 0.02 & -0.01 & 0.00 \\ -0.01 & 0.02 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.01 \end{bmatrix} \left[\begin{pmatrix} 27.81 \\ 25.65 \\ 25.52 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 23.50 \\ 23.50 \\ 23.50 \end{pmatrix} \right]$$

$$L_N = 8.72$$

7. หาค่าวิกฤตโดยใช้การแจกแจงไคกำลังสองที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ 3 ระดับนัยสำคัญ .05 จะได้ $\chi^2_{3,.05}$ เท่ากับ 7.81 ซึ่งพบว่า ค่าสถิติทดสอบที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าที่ได้จากค่าวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดต่างกัน มีความเครียด (Y_1) ภาวะซึมเศร้า (Y_2) และความโกรธ (Y_3) แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สถิติทดสอบของพิลไล-บาเลท เทรซ

หลังจากจัดอันดับข้อมูลของสมาชิกทุกกลุ่มในแต่ละตัวแปร จากน้อยไปหามาก นำข้อมูลเรียงอันดับไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยสถิติพาราเมตริก

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีพาราเมตริก

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's trace	.797	54.910[b]	3.000	42.000	.000
	Wilks' lambda	.203	54.910[b]	3.000	42.000	.000
	Hotelling's trace	3.922	54.910[b]	3.000	42.000	.000
	Roy's largest root	3.922	54.910[b]	3.000	42.000	.000
Variable	Pillai's trace	.189	3.269[b]	3.000	42.000	.030
	Wilks' lambda	.811	3.269[b]	3.000	42.000	.030
	Hotelling's trace	.234	3.269[b]	3.000	42.000	.030
	Roy's largest root	.234	3.269[b]	3.000	42.000	.030

1. นำค่าพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ (Pillai's trace) ที่ได้จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มมาคำนวณสถิติทดสอบ ดังสมการ 43 หน้า 34

$$\chi^2 = (n-1)V$$
$$\chi^2 = (46-1)(.189)$$
$$\chi^2 = 8.505$$

2. หาค่าวิกฤตโดยใช้การแจกแจงไคกำลังสองที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ 3 ระดับนัยสำคัญ .05 จะได้ $\chi^2_{3,.05}$ เท่ากับ 7.81 ซึ่งพบว่า ค่าสถิติทดสอบที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าที่ได้จากค่าวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดต่างกัน มีความเครียด (Y_1) ภาวะซึมเศร้า (Y_2) และความโกรธ (Y_3) แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สถิติทดสอบมัธยฐาน

1. หลังจากจัดอันดับข้อมูลของสมาชิกทุกกลุ่ม ในแต่ละตัวแปร จากน้อยไปหามาก ให้คำนวณหาตำแหน่งมัธยฐานกลาง (X_3) ของแต่ละตัวแปร โดยใช้สมการ 9 หน้า 19 เพื่อนำค่ามัธยฐานกลางนี้มาเป็นเกณฑ์ในการแบ่งจำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้สูงกว่าค่ามัธยฐานกลาง และกลุ่มที่ได้คะแนนน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานกลาง ซึ่งได้ค่ามัธยฐานกลางเท่ากับ 23.50

2. สร้างเมตริกซ์ E_N โดยกำหนดให้ข้อมูลเรียงอันดับทุกตัวที่มีค่าสูงกว่าค่ามัธยฐานกลางมีค่าเป็น 0 ส่วนข้อมูลเรียงอันดับที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานกลาง มีค่าเป็น 1 ดังแสดงในตารางที่ 4

3. คำนวณเมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยลำดับที่รวม ($\overline{E}_N$) โดยใช้สมการ 13 หน้า 21

$$\overline{E}_N = [0.50 \quad 0.50 \quad 0.50]'$$

4. คำนวณเมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยลำดับที่ของแต่ละกลุ่ม ($T_N^{(k)}$) โดยใช้สมการ 14 หน้า 21

$$T_N^{(1)} = [0.60 \quad 0.50 \quad 0.50]'$$
$$T_N^{(2)} = [0.35 \quad 0.23 \quad 0.31]'$$

5. คำนวณหาเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ($V(R_N^*)$) โดยใช้สมการ 15 หน้า 21 กรณีที่ ตำแหน่ง i = j และโดยใช้สมการ 16 หน้า 22 กรณีที่ ตำแหน่ง i ≠ j

ดังนั้น เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ($(V(R_N^*))$) จึงมีค่าเท่ากับ

$$V(R_N^*) = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.20 & 0.09 \\ 0.20 & 0.25 & 0.13 \\ 0.09 & 0.13 & 0.25 \end{bmatrix}$$

ตารางที่ 5 ค่า E_N ของความเครียด ภาวะซึมเศร้า และความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	E_{N1}	E_{N2}	E_{N3}	กลุ่ม	E_{N1}	E_{N2}	E_{N3}
E	0	0	0	C	0	0	0
E	1	1	1	C	0	0	0
E	1	1	1	C	0	1	1
E	0	0	0	C	0	0	0
E	1	1	0	C	0	0	0
E	1	1	1	C	0	0	1
E	1	0	0	C	1	1	1
E	0	0	0	C	0	0	0
E	0	0	0	C	1	1	1
E	1	1	1	C	1	1	0
E	1	1	1	C	1	1	1
E	1	1	1	C	1	1	1
E	1	0	0	C	1	1	1

ตารางที่ 5 (ต่อ)

กลุ่ม	E_{N1}	E_{N2}	E_{N3}	กลุ่ม	E_{N1}	E_{N2}	E_{N3}
E	1	1	1	C	0	0	1
E	1	1	1	C	0	1	1
E	0	0	0	C	0	0	0
E	1	1	0	C	0	0	0
E	0	0	1	C	0	0	1
E	1	1	1	C	0	0	0
E	1	1	1	C	1	1	1
				C	0	0	0
				C	0	0	0
				C	1	1	0
				C	1	1	0
				C	0	0	0
				C	0	0	0
$T_N^{(1)}$	0.70	0.60	0.55	$T_N^{(2)}$	0.35	0.42	0.42

6. คำนวณหาเมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

$$V^{-1}(R_N^*) = \begin{bmatrix} 11.25 & -9.45 & 0.86 \\ -9.45 & 13.42 & -3.58 \\ 0.86 & -3.58 & 5.55 \end{bmatrix}$$

7. คำนวณสถิติทดสอบทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (L_N) โดยใช้สมการ 12 หน้า 20

$$L_N = \sum_{k=1}^{c} n_k \left[(T_N^{(k)} - \overline{E}_N) V^{-1}(R_N^*) (T_N^{(k)} - \overline{E}_N)' \right]$$

$$L_N = 20 \left[\begin{pmatrix} 0.60 \\ 0.50 \\ 0.50 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.50 \\ 0.50 \\ 0.50 \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} 11.25 & -9.45 & 0.86 \\ -9.45 & 13.42 & -3.58 \\ 0.86 & -3.58 & 5.55 \end{pmatrix} \left[\begin{pmatrix} 0.60 \\ 0.50 \\ 0.50 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.50 \\ 0.50 \\ 0.50 \end{pmatrix} \right]' +$$

$$26\left[\begin{pmatrix}0.35\\0.23\\0.31\end{pmatrix}-\begin{pmatrix}0.50\\0.50\\0.50\end{pmatrix}\right]\begin{pmatrix}11.25 & -9.45 & 0.86\\-9.45 & 13.42 & -3.58\\0.86 & -3.58 & 5.55\end{pmatrix}\left[\begin{pmatrix}0.35\\0.23\\0.31\end{pmatrix}-\begin{pmatrix}0.50\\0.50\\0.50\end{pmatrix}\right]'$$

$L_N = 11.31$

8. หาค่าวิกฤตโดยใช้การแจกแจงไคกำลังสองที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ 3 ระดับนัยสำคัญ .05 จะได้ $\chi^2_{3,.05}$ เท่ากับ 7.81 ซึ่งพบว่า ค่าสถิติทดสอบที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าที่ได้จากค่าวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดต่างกัน มีความเครียด (Y_1) ภาวะซึมเศร้า (Y_2) และความโกรธ (Y_3) แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สถิติทดสอบคะแนนปกติ

1. หลังจากจัดอันดับข้อมูลของสมาชิกทุกกลุ่ม ในแต่ละตัวแปร จากน้อยไปหามาก ดังแสดงในตารางที่ 3 แล้ว ให้คำนวณหาตำแหน่งควอนไทล์ของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Quantile of a standard normal distribution) เพื่อนำไปสู่การหาพื้นที่ใต้โค้งปกติ ณ ตำแหน่งที่ค่าควอนไทล์นี้ตกอยู่ ดังสมการ 18 หน้า 23 (Conover, 1980, p. 318) ผลการคำนวณปรากฏดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าความน่าจะเป็น (ควอนไทล์) คะแนนความเครียด ภาวะซึมเศร้า และความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	QN_1	QN_2	QN_3	กลุ่ม	QN_1	QN_2	QN_3
E	0.91	0.83	0.94	C	0.66	0.64	0.91
E	0.09	0.15	0.19	C	0.89	0.72	0.64
E	0.15	0.34	0.21	C	0.62	0.32	0.36
E	0.74	0.81	0.62	C	0.94	0.94	0.81
E	0.49	0.40	0.57	C	0.85	0.89	0.96
E	0.26	0.38	0.30	C	0.57	0.68	0.49
E	0.17	0.53	0.51	C	0.28	0.21	0.15
E	0.51	0.60	0.70	C	0.68	0.66	0.68
E	0.83	0.87	0.98	C	0.32	0.23	0.40
E	0.06	0.04	0.06	C	0.40	0.47	0.11
E	0.02	0.02	0.09	C	0.21	0.28	0.02
E	0.04	0.06	0.17	C	0.23	0.19	0.43

ตารางที่ 6 (ต่อ)

กลุ่ม	QN_1	QN_2	QN_3	กลุ่ม	QN_1	QN_2	QN_3
E	0.36	0.79	0.77	C	0.47	0.49	0.26
E	0.11	0.43	0.47	C	0.55	0.70	0.13
E	0.13	0.09	0.34	C	0.53	0.26	0.45
E	0.70	0.57	0.79	C	0.96	0.91	0.87
E	0.19	0.45	0.53	C	0.60	0.51	0.72
E	0.98	0.98	0.28	C	0.79	0.77	0.38
E	0.43	0.36	0.32	C	0.77	0.74	0.85
E	0.45	0.11	0.04	C	0.34	0.30	0.23
				C	0.87	0.62	0.83
				C	0.81	0.96	0.89
				C	0.38	0.13	0.55
				C	0.30	0.17	0.60
				C	0.72	0.55	0.74
				C	0.64	0.85	0.66

2. คำนวณหาคะแนนปกติ ณ ตำแหน่งควอนไทล์นั้น โดยใช้ ค่าผกผันของฟังก์ชันสะสมของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Inverse cumulative standard normal distribution) ณ ตำแหน่งควอนไทล์ที่ i ดังสมการ 19 หน้า 23 (Gibbons & Chakraborti, 2003, p. 309) ผลการคำนวณปรากฏดังตารางที่ 6

3. คำนวณเมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยคะแนนปกติรวม ($\overline{E}_N$) โดยใช้สมการ 24 หน้า 25

$$\overline{E}_N = [0.00 \quad 0.00 \quad 0.00]'$$

4. คำนวณเมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยคะแนนปกติของแต่ละกลุ่ม ($T_N^{(k)}$) โดยใช้สมการ 24 หน้า 25

$$T_N^{(1)} = [-0.38 \quad -0.21 \quad -0.16]'$$

$$T_N^{(2)} = [0.30 \quad 0.16 \quad 0.12]'$$

5. คำนวณหาเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ($V(R_N^*)$) โดยใช้สมการ 26 หน้า 26 และสมการ 27 หน้า 26

$$V_{ij}(R_N^*) = \frac{1}{46}\begin{bmatrix} 39.66 & 33.77 & 25.47 \\ 33.77 & 29.66 & 26.24 \\ 25.47 & 26.24 & 39.66 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.00 & .0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$V_{ij}(R_N^*) = \begin{bmatrix} 0.86 & 0.73 & 0.55 \\ 0.73 & 0.86 & 0.57 \\ 0.55 & 0.57 & 0.86 \end{bmatrix}$$

6. คำนวณหาเมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

$$V^{-1}(R_N^*) = \begin{bmatrix} 4.32 & -3.28 & -0.59 \\ -3.28 & 4.56 & -0.92 \\ -0.59 & -0.92 & 2.16 \end{bmatrix}$$

ตารางที่ 7 คะแนนปกติความเครียด ภาวะซึมเศร้า และความโกรธของผู้ป่วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	EN_1	EN_2	EN_3	กลุ่ม	EN_1	EN_2	EN_3
E	1.37	0.95	1.52	C	0.41	0.35	
E	-1.37	-1.04	-0.87	C	1.25	0.59	0.35
E	-1.04	-0.41	-0.80	C	0.30	-0.47	-0.35
E	0.66	0.87	0.30	C	1.52	1.52	0.87
E	-0.03	-0.24	0.19	C	1.04	1.25	1.72
E	-0.66	-0.30	-0.53	C	0.19	0.47	-0.03
E	-0.95	0.08	0.03	C	-0.59	-0.80	-1.04
E	0.03	0.24	0.53	C	0.47	0.41	0.47
E	0.95	1.14	2.03	C	-0.47	-0.73	-0.24
E	-1.52	-1.72	-1.52	C	-0.24	-0.08	-1.25
E	-2.03	-2.03	-1.37	C	-0.80	-0.59	-2.03
E	-1.72	-1.52	-0.95	C	-0.73	-0.87	-0.19
E	-0.35	0.80	0.73	C	-0.08	-0.03	-0.66
E	-1.25	-0.19	-0.08	C	0.13	0.53	-1.14
E	-1.14	-1.37	-0.41	C	0.08	-0.66	-0.13

ตารางที่ 7 (ต่อ)

กลุ่ม	EN_1	EN_2	EN_3	กลุ่ม	EN_1	EN_2	EN_3
E	0.53	0.19	0.80	C	1.72	1.37	1.14
E	-0.87	-0.13	0.08	C	0.24	0.03	0.59
E	2.03	2.03	-0.59	C	0.80	0.73	-0.30
E	-0.19	-0.35	-0.47	C	0.73	0.66	1.04
E	-0.13	-1.25	-1.72	C	-0.41	-0.53	-0.73
				C	1.14	0.30	0.95
				C	0.87	1.72	1.25
				C	-0.30	-1.14	0.13
				C	-0.53	-0.95	0.24
				C	0.59	0.13	0.66
				C	0.35	1.04	0.41

7. คำนวณสถิติทดสอบทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (L_N) โดยใช้สมการ 23 หน้า 25

$$L_N = 20\left[\begin{pmatrix}-0.38\\-0.21\\-0.16\end{pmatrix}-\begin{pmatrix}0.00\\0.00\\0.00\end{pmatrix}\right]\begin{bmatrix}4.32 & -3.28 & -0.59\\-3.28 & 4.56 & -0.92\\-0.59 & -0.92 & 2.16\end{bmatrix}\left[\begin{pmatrix}-0.38\\-0.21\\-0.16\end{pmatrix}-\begin{pmatrix}0.00\\0.00\\0.00\end{pmatrix}\right]'$$

$$+\ 26\left[\begin{pmatrix}0.30\\0.16\\0.12\end{pmatrix}-\begin{pmatrix}0.00\\0.00\\0.00\end{pmatrix}\right]\begin{bmatrix}4.32 & -3.28 & -0.59\\-3.28 & 4.56 & -0.92\\-0.59 & -0.92 & 2.16\end{bmatrix}\left[\begin{pmatrix}0.30\\0.16\\0.12\end{pmatrix}-\begin{pmatrix}0.00\\0.00\\0.00\end{pmatrix}\right]'$$

$L_N = 8.21$

8. หาค่าวิกฤตโดยใช้การแจกแจงไคกำลังสองที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ 3 ระดับนัยสำคัญ .05 จะได้ $\chi^2_{3,.05}$ เท่ากับ 7.81 ซึ่งพบว่า ค่าสถิติทดสอบที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าที่ได้จากค่าวิกฤต จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดต่างกัน มีความเครียด (Y_1) ภาวะซึมเศร้า (Y_2) และความโกรธ (Y_3) แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing)

สมมติฐานทางสถิติ (Hypothesis statistics) คือ ข้อความหรือข้อสมมติที่นักวิจัยกำหนดขึ้นเพื่อแสดงถึงลักษณะของกลุ่มประชากรที่นักวิจัยกำลังศึกษา สมมติฐานที่กำหนดขึ้นนี้อาจจะเป็นข้อความที่ถูกต้องเป็นความจริง หรือเป็นข้อความที่ผิดไม่ตรงตามความจริงก็ได้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543, หน้า 234) สามารถแบ่งสมมติฐานทางสถิติออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สมมติฐานกลาง (Null hypothesis) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ H_0 ซึ่งเป็นสมมติฐานทางสถิติที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยระบุว่าตัวแปร 2 ตัว ไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งของสองกลุ่มนั้นไม่แตกต่างกัน

2. สมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis) แทนด้วยสัญลักษณ์ H_A ซึ่งเป็นสมมติฐานทางสถิติที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยระบุถึงทิศทางของความสัมพันธ์ของ ตัวแปรว่าสัมพันธ์กันทางใด (บวกหรือลบ) หรืออธิบายถึงคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งของสองกลุ่ม โดยระบุว่ากลุ่มใดมีคุณลักษณะนั้นหรือสิ่งนั้น ดีกว่า-เลวกว่า, มากกว่า-น้อยกว่า, สูงกว่า-ต่ำกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 17)

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (Hypothesis testing) เป็นกระบวนการพิสูจน์ความถูกต้องของข้อมูลหลักฐานที่ได้มาจากกลุ่มตัวอย่างว่าเพียงพอที่จะสามารถปฏิเสธสมมติฐานได้หรือไม่ โดยเริ่มจากการทดสอบที่สมมติฐานกลางก่อนว่าจะยอมรับหรือจะปฏิเสธ ซึ่งในงานวิจัยเชิงปริมาณนั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อปฏิเสธสมมติฐานกลางและในขณะเดียวกันก็เพื่อยอมรับสมมติฐานทางเลือก (สำราญ กำจัดภัย, 2542, หน้า 69) ผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติจะเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ ยอมรับสมมติฐานกลางและปฏิเสธสมมติฐานกลาง (Creswell, 2005, p. 192) ซึ่งการปฏิเสธสมมติฐานใดนั้น จะเป็นการสรุปผลว่าสมมติฐานนั้นผิด ส่วนการไม่ปฏิเสธสมมติฐานเป็นการสรุปว่านักวิจัยไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานนั้นได้ แต่มิได้หมายความว่าสมมติฐานนั้นถูกต้องเป็นจริง หลักการที่สำคัญ คือ การกำหนดว่าสภาพการณ์ใดจะปฏิเสธหรือไม่ปฏิเสธสมมติฐานกลางในการทดสอบผู้ทดสอบจะต้องเลือกสถิติที่ใช้ในการทดสอบ (Test statistics) ที่เหมาะสม (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543, หน้า 235)

ในการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิตินั้น อาจมีความคลาดเคลื่อน (Error) เกิดขึ้นได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเป็นจริงของสมมติฐานกลาง กล่าวคือ ถ้าสมมติฐานกลางเป็นจริงและนักวิจัยไม่ปฏิเสธสมมติฐานกลาง หรือ ถ้าสมมติฐานกลางเป็นเท็จและนักวิจัยปฏิเสธสมมติฐานกลาง การสรุปผลการทดสอบถูกต้อง ไม่มีความคลาดเคลื่อน แต่ถ้าสมมติฐานกลางเป็นจริงและนักวิจัยปฏิเสธสมมติฐานกลางจะเป็นการสรุปผลการทดสอบที่ไม่ถูกต้อง หรือถ้าสมมติฐานกลางเป็นเท็จ นักวิจัยไม่ปฏิเสธสมมติฐานกลาง จะเป็นการสรุปผลการทดสอบที่ไม่ถูกต้อง เกิดความคลาดเคลื่อนได้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543, หน้า 235)

ความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจ (Decision errors)

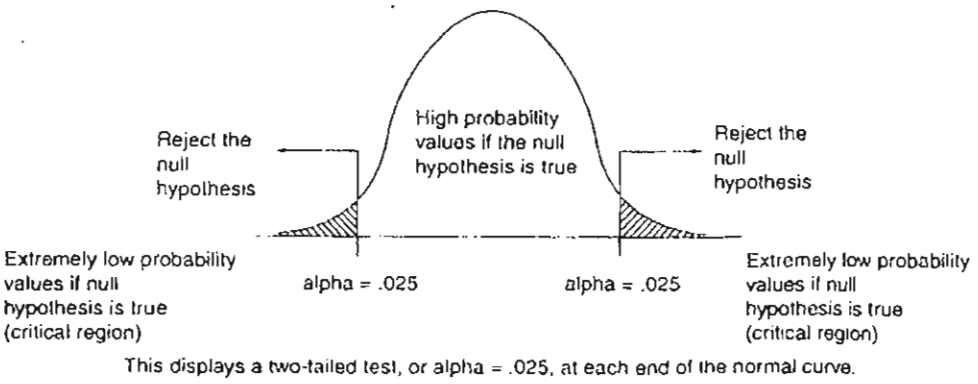
ในการทดสอบสมมติฐานของประชากรแม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าที่แท้จริงก็ตาม แต่ผลลัพธ์ที่ได้ก็ไม่ได้บ่งชี้ถึงขนาดความแตกต่างของประชากร (Creswell, 2005, p. 193) ในขณะเดียวกัน การทดสอบสมมติฐานทางสถิติของกลุ่มตัวอย่าง จำเป็นต้องอาศัยการประมาณค่าสถิติของกลุ่มตัวอย่างไปสู่ค่าพารามิเตอร์ของประชากร และใช้ผลลัพธ์ของกลุ่มตัวอย่างในการตัดสินเพื่อสรุปผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ซึ่งย่อมมีโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อน (Error) ไปจากค่าพารามิเตอร์ได้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นต้องเป็นความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Sampling error) เท่านั้น (Runyon, 1996, p. 384)

นอกจากนั้นแล้ว การตัดสินใจยอมรับสมมติฐานกลางหรือไม่นั้น นักสถิติพิจารณาจากระดับความน่าเป็นที่ใช้ในการปฏิเสธสมมติฐานกลางและยอมรับสมมติฐานทางเลือก 2 ประการ คือ ระดับความน่าจะเป็นของแอลฟา (Alpha level) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ α ซึ่งเป็นระดับนัยสำคัญที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นล่วงหน้าก่อนการทดสอบสมมติฐาน เพื่อปฏิเสธสมมติฐานกลาง หรือยอมรับความแตกต่างกันของประชากร (Creswell, 2005, p. 186) นิยมใช้ค่าแอลฟาเท่ากับ .05 หรือ .01 โดยพิจารณาตามความสอดคล้องของวัตถุประสงค์การวิจัย (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543, หน้า 236)

ประการต่อมา คือ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Significance level) หรือ ค่าพี (Critical p-value) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p ซึ่งเป็นระดับความน่าจะเป็นต่ำสุดที่ได้จากการทดสอบทางสถิติที่เชื่อว่าสมมติฐานกลางเป็นจริง ซึ่งมักกำหนดไว้ล่วงหน้า ในการทดสอบสมมติฐานจะใช้ในการกำหนดจุดตัดเพื่อแบ่งพื้นที่ที่ยอมรับสมมติฐานกลางและพื้นที่ที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากสมมติฐานกลาง หรือ ยอมรับสมมติฐานทางเลือก หรือที่เรียกว่าเขตวิกฤต (Critical region) (Runyon, 1996, p. 384)

ถ้าค่าพีมีค่าน้อยกว่า .05 หรือ .01 ผลการทดสอบจะสอดคล้องกัน คือ มีโอกาสในการเสี่ยงที่จะตัดสินใจผิดพลาดปฏิเสธสมมติฐานกลางที่เป็นจริง หรือ มีโอกาสในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ (Runyon, 1996, p. 384)

เมื่อพิจารณาจากโค้งปกติ (Normal distribution curve) พบว่า พื้นที่ที่เป็นเขตวิกฤตจะอยู่ส่วนปลายของโค้งปกติ และระดับนัยสำคัญที่เป็นที่นิยม คือ .05, .01 และ .001 (Runyon, 1996, p. 384) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การแจกแจงปกติของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เมื่อสมมติฐานกลาง เป็นจริง (Creswell, 2005, p.187)

ก่อนดำเนินการทดสอบสมมติฐาน ผู้วิจัยต้องกำหนดระดับแอลฟาที่จะใช้ในการปฏิเสธสมมติฐานกลางแล้วจึงดำเนินการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล หากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าพีมีค่าน้อยกว่าระดับแอลฟาที่กำหนด ($p \leq \alpha$) ผลการทดสอบจะปฏิเสธสมมติฐานกลาง หากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าพีมีค่ามากกว่าระดับแอลฟาที่กำหนด ($p \geq \alpha$) ผลการทดสอบจะยอมรับสมมติฐานกลาง (Runyon, 1996, p. 385)

ผลของการทดสอบสมมติฐานทางสถิตินั้น เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ 4 ลักษณะ ดังภาพที่ 2 (Creswell, 2005, p. 193)

ตารางที่ 8 ชนิดและความคลาดเคลื่อนของการตัดสินใจ (Creswell, 2005, p. 193)

การตัดสินใจของนักวิจัยโดยอาศัยค่าที่ได้จากการทดสอบสถิติ (Research decision)	**สถานการณ์**	
	เมื่อสมมติฐานกลาง (H_0) เป็นจริง	**เมื่อสมมติฐานกลาง (H_0) เป็นเท็จ**
ปฏิเสธสมมติฐานกลาง (H_0)	ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) มีความน่าจะเป็นเท่ากับ α	การตัดสินใจถูกต้อง มีความน่าจะเป็นเท่ากับ $1-\beta$ เรียกอีกอย่างว่า อำนาจการทดสอบ (Power)
ยอมรับสมมติฐานกลาง (H_0)	การตัดสินใจถูกต้อง มีความน่าจะเป็นเท่ากับ $1-\alpha$	ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II error) มีความน่าจะเป็นเท่ากับ β

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า มีเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้จากการทดสอบสมมติฐาน 4 ลักษณะ คือ

1. เมื่อนักวิจัยตัดสินใจยอมรับสมมติฐานกลางที่เป็นจริง ความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นนี้ไม่มีความคลาดเคลื่อน

2. เมื่อนักวิจัยตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐานกลางที่เป็นเท็จ ความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า อำนาจการทดสอบ (Power of the test)

3. เมื่อนักวิจัยตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐานกลางที่เป็นจริง ความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) เป็นความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานกลางที่เป็นจริง บางครั้งเรียกว่าระดับนัยสำคัญของการทดสอบสมมติฐาน

ความคลาดเคลื่อนประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อผู้วิจัยตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐานกลาง ในขณะที่สมมติฐานกลางนั้นเป็นจริง (Runyon, 1996, p. 387) นักวิจัยมักหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ เพราะเมื่อนำไปปฏิบัติจริงมักทำให้เสียเวลาและทรัพยากร (Murphy & Myors, 2004, p. 4) จึงกำหนดค่าแอลฟาไว้ต่ำ ผลคือ ทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 เพิ่มมากขึ้น (Runyon, 1996, p. 388)

4. เมื่อนักวิจัยตัดสินใจยอมรับสมมติฐานกลางที่เป็นเท็จ ความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II error) เป็นความน่าจะเป็นในการยอมรับสมมติฐานกลาง เมื่อสมมติฐานกลางเป็นเท็จ

ความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ เกิดขึ้นเมื่อผู้วิจัยสรุปเข้าข้างสมมติฐานกลาง เมื่อสมมติฐานทางเลือกเป็นจริง (Murphy & Myors, 2004, p. 5) นักวิจัยมักหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ โดยกำหนดค่าแอลฟาไว้สูง ผลคือ ทำให้มีความเสี่ยงในการเกิด ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เพิ่มมากขึ้น (Runyon, 1996, p. 388)

เห็นได้ว่า ความคลาดเคลื่อนทั้ง 2 ชนิดนี้มีลักษณะสวนทางกัน กล่าวคือ ถ้านักวิจัยพยายามหลีกเลี่ยงหรือลดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยกำหนดระดับแอลฟาไว้ต่ำ จะเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ในทางกลับกัน หากนักวิจัยพยายามที่หลีกเลี่ยงหรือลดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 โดยเพิ่มระดับแอลฟาจะเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Runyon, 1996, p. 388) ดังนั้น นักวิจัยจะต้องพยายามควบคุมความคลาดเคลื่อนทั้ง 2 ชนิด ให้สมดุลกัน (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2545) ซึ่งในการวิจัยนี้กำหนดช่วงที่ยอมรับอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และน้อยกว่าหรือเทากับ .013 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

อำนาจการทดสอบ (Power of the test)

การวิเคราะห์อำนาจการทดสอบทางสถิตินั้นมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 เนื่องจากอำนาจการทดสอบถูกกำหนดให้เป็นหนึ่งลบด้วยความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (β) คือ (Murphy & Mayors, 2004, หน้า 4-5)

$$\text{Power} = 1-\beta \quad \text{.....(46)}$$

เมื่อ Power แทน อำนาจของการทดสอบ

β แทน ความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2

ความหมายของอำนาจในการทดสอบ

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของอำนาจในการทดสอบไว้ ดังนี้

Cohen (1988, p. 1) กล่าวถึง อำนาจการทดสอบว่า เป็นความน่าจะเป็นหรือโอกาสในการเกิดนัยสำคัญทางสถิติ (Statistically Significant)

Stevens (2002, p. 5) กล่าวถึง อำนาจการทดสอบว่า เป็นความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานกลางที่เป็นเท็จ

Murphy and Myors (2004, p. 7) กล่าวถึง อำนาจการทดสอบว่า เป็นความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานกลางที่เป็นเท็จ

Greene (2000) กล่าวถึง อำนาจการทดสอบว่า เป็นความน่าจะเป็นที่ถูกต้องในการปฏิเสธสมมติฐานกลางที่เป็นเท็จ

Runyon (1996, p. 452) กล่าวถึง อำนาจการทดสอบว่า เป็นความน่าจะเป็นที่ถูกต้องในการปฏิเสธสมมติฐานกลางที่เป็นเท็จ

สรุปได้ว่า อำนาจการทดสอบ (Power of the test) คือ ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานกลาง (H_A) เมื่อสมมติฐานกลางนั้นเป็นเท็จ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (1-β) (Stevens, 2002, p. 5) มักมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 ค่าปกติของอำนาจการทดสอบอยู่ในช่วง 0.40-0.60 ส่วนค่าสูงสุดของอำนาจการทดสอบ คือ 0.80 (Pagano, 2004, p. 244) ซึ่งในการคำนวณค่าอำนาจการทดสอบนั้น จะคำนวณเมื่อสมมติฐานกลางเป็นเท็จเท่านั้น หรืออาจกล่าวได้ว่าเมื่อสมมติฐานกลางเป็นจริงเราไม่สามารถจะสร้างความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ได้ (Runyon & Haber, 1991, p.452) ซึ่งในการวิจัยนี้กำหนดค่าอำนาจการทดสอบที่ยอมรับได้ มีค่าตั้งแต่ .80 เป็นต้นไป

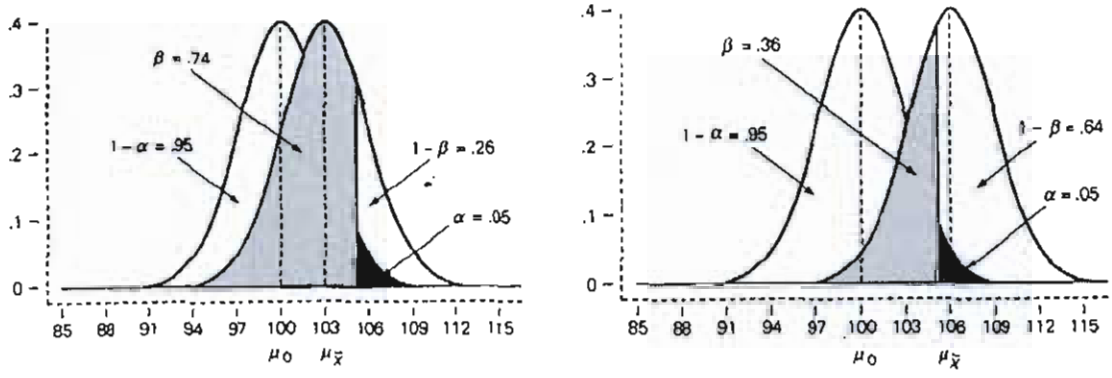
อิทธิพลที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ

ปัจจัยที่มีผลต่ออำนาจการทดสอบ คือ ขนาดของความแตกต่างระหว่างการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร (μ_0) และค่าเฉลี่ยจริง ($\mu_{\bar{X}}$) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) ความแปรปรวน

ของประชากร (Variability in the population) และ ระดับนัยสำคัญและการทดสอบแบบมีทิศทาง และไม่มีทิศทาง (Alpha level and using a direction and non-direction test) (Runyon, 1996, p. 417) และขนาดอิทธิพล (Effect Size) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้ (Meyers, Gamst, & Guarino, 2006, p. 39)

ขนาดความแตกต่างของการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร (μ_0) และค่าเฉลี่ยจริง ($\mu_{\bar{X}}$)

รันยอน (Runyon, 1996, p. 417-419) ได้อธิบายอิทธิพลของขนาดความแตกต่างของการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร (μ_0) และค่าเฉลี่ยจริง ($\mu_{\bar{X}}$) ที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบไว้ว่า ถ้าสมมติฐานกลางเป็นเท็จ และค่าเฉลี่ยจริงของประชากรแตกต่างจากค่าเฉลี่ยที่กำหนดเป็นสมมติฐาน จะได้ลักษณะการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่าง 2 ลักษณะดังภาพที่ 3



3 (ก) 3 (ข)

ภาพที่ 3 อิทธิพลของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร (μ_0) และค่าเฉลี่ยจริง ($\mu_{\bar{X}}$) ที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ (Runyon, 1996, p. 418).

จากภาพที่ 3 แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร (μ_0) และค่าเฉลี่ยจริง ($\mu_{\bar{X}}$) ซึ่งนักสถิติสามารถใช้ทฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลาง (Central limit theorem) ในการอธิบายการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่มีความหลากหลายได้ โดยการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างสำหรับสมมติฐานกลางมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 100 ($\mu_0 = 100$)) และการแจกแจงต่อมาเป็นการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งจากภาพ พบว่า การแจกแจงประชากรจริงมีค่าเฉลี่ย (μ_0) เท่ากับ 100 และการแจกแจงค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างคาดว่าจะเกิดขึ้น ($\mu_{\bar{X}}$) มีค่าเท่ากับ 103

จากภาพจะเห็นได้ว่า การแจกแจงทั้งสองลักษณะมีส่วนที่ทับซ้อนกันอยู่ คือ บริเวณที่เป็นสีเทาซึ่งมีความเข้มของสี 2 ระดับ ในพื้นที่ที่เป็นสีเทาเข้มจะแสดงถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α)

หรือความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ส่วนที่เป็นสีเทาอ่อนจะแสดงถึงความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (β) ส่วนที่ไม่ได้แรเงาจะปรากฏอยู่ด้านข้างของกราฟทั้งสองด้าน

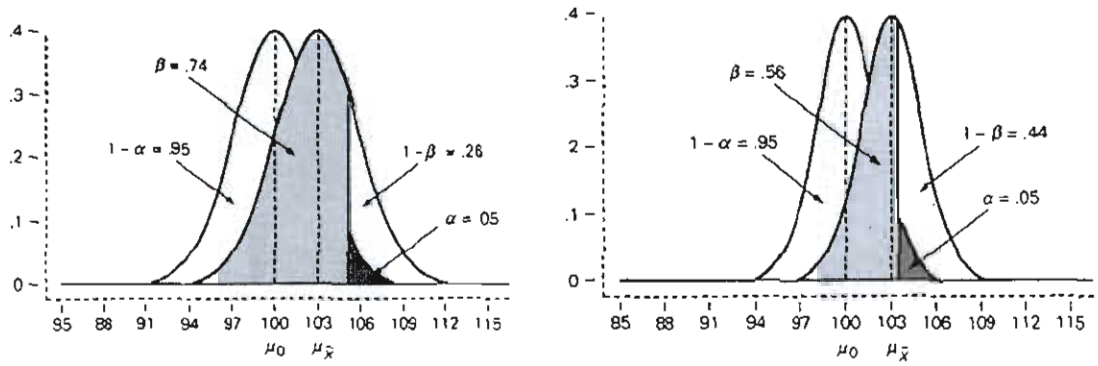
สำหรับภาพที่ 3 (ก) การแจกแจงทางด้านซ้ายส่วนที่เป็นสีเทาอ่อนนั้นเป็นการแจกแจงค่าเฉลี่ยของประชากร (μ_0) ส่วนที่ไม่ได้แรเงานั้นเป็นการยอมรับสมมติฐานกลาง เมื่อสมมติฐานกลางเป็นจริง (1-α) ส่วนการแจกแจงทางด้านขวานั้นเป็นการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่าง ($\mu_{\bar{X}}$) ส่วนที่ไม่ได้แรเงานั้นเป็นความน่าจะเป็นที่ถูกต้องในการปฏิเสธสมมติฐานกลาง เมื่อสมมติฐานกลางนั้นเป็นเท็จ (1-β) หรือ อำนาจการทดสอบ

ในการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างในภาพประกอบ 3 (ก) แสดงถึงความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กันมีขนาดเล็ก ($\mu_{\bar{X}} - \mu_0 = 103-100 = 3$) ส่วนในภาพที่ 3 (ข) ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน มีขนาดใหญ่ ($\mu_{\bar{X}} - \mu_0 = 106-100 = 6$) ซึ่งสิ่งที่นักวิจัยให้ความสนใจ คือ ความสัมพันธ์ของขนาดพื้นที่ของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (β) และอำนาจในการทดสอบ (1-β) ส่วนในภาพประกอบ 3 (ก) เมื่อความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 มีขนาดใหญ่ อำนาจในการทดสอบจะมีขนาดเล็ก ซึ่งจะแตกต่างจากภาพประกอบ 3 (ข) ที่ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 มีขนาดเล็ก ในทางตรงกันข้าม ภายใต้เงื่อนไขของการวิจัยเรื่องขนาดกลุ่มตัวอย่าง ความแปรปรวนของประชากร ระดับนัยสำคัญ โอกาสในการปฏิเสธสมมติฐานกลางที่มีขนาดเล็ก เมื่อความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรจริงและค่าเฉลี่ยของประชากร ($\mu_{\bar{X}} - \mu_0$) มีขนาดใหญ่

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขของการวิจัย เมื่อกำหนดให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างความแปรปรวนของประชากร และระดับนัยสำคัญมีค่าคงที่ ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานกลางจะมีค่าน้อยเมื่อ ($\mu_{\bar{X}} - \mu_0$) มีค่าน้อย และจะเพิ่มขึ้นเมื่อ ($\mu_{\bar{X}} - \mu_0$) มีค่ามาก ดังนั้น ขนาดความแตกต่างระหว่าง μ_0 และ $\mu_{\bar{X}}$ ที่มากขึ้นจึงส่งผลต่อการเพิ่มอำนาจการทดสอบ

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size)

รันยอน (Runyon, 1996, p. 419-420) ได้อธิบายอิทธิพลของขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบไว้ว่า ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีความสำคัญต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากร กล่าวคือ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น การประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรก็จะมีความแม่นยำมากขึ้น ดังปรากฏในภาพที่ 4



4 (ก) 4 (ข)

ภาพที่ 4 อิทธิพลของขนาดและความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ (Runyon, 1996, p. 420.)

ภาพที่ 4 (ก) แสดงการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เมื่อกลุ่มตัวอย่างกลุ่มหนึ่งถูกเลือกมาจากประชากรขนาดเล็ก 2 กลุ่ม ส่วนภาพประกอบ 4 (ข) แสดงการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่าง 2 ลักษณะ เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายโดยทฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลาง (Central limit theorem) ในกรณีที่ความแปรปรวนของการแจกแจงกลุ่มตัวอย่าง คือ $\sigma_{\bar{X}} = \sigma / \sqrt{N}$ เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น ระดับของการซ้อนทับของการกระจายของกลุ่มตัวอย่างจะลดลง และส่งผลให้อำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น

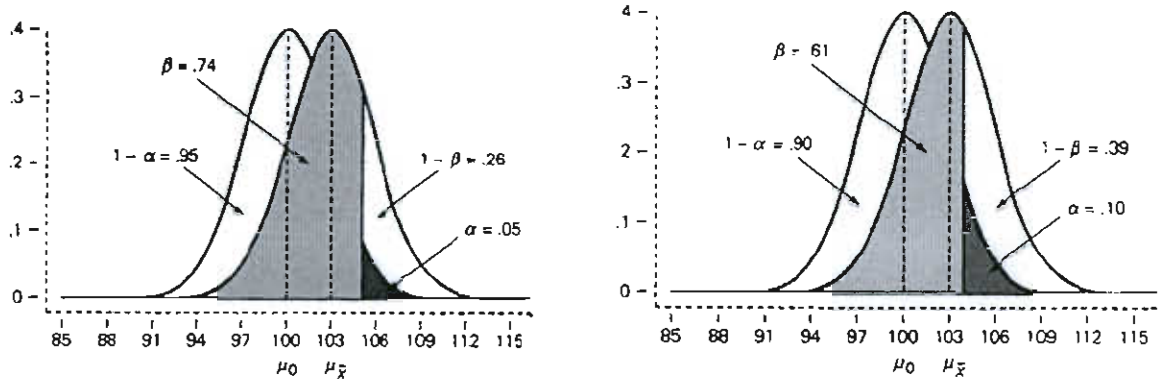
ความแปรปรวนของประชากร (Variability in the population)

รันยอน (Runyon, 1996, p. 419-420) ได้อธิบายอิทธิพลของความแปรปรวนของประชากรที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบไว้ว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มมาจากการประชากร นักสถิติสามารถใช้การแจกแจงปกติของกลุ่มตัวอย่างอธิบายความแปรปรวนได้ และบ่งชี้ถึงอิทธิพลของประชากรที่มีต่ออำนาจการทดสอบได้ ดังภาพที่ 4

จากภาพที่ 4 (ก) แสดงให้เห็นว่าเมื่อความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ พื้นที่ทับซ้อนกันของการแจกแจงทั้งสองลักษณะจะมีขนาดใหญ่ และส่งผลให้มีอำนาจในการทดสอบลดลง ในขณะที่ภาพที่ 4 (ข) ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก จะส่งผลให้อำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น

ระดับนัยสำคัญและการทดสอบแบบมีทิศทางและไม่มีทิศทาง (Alpha level and using a direction and non-direction test)

รันยอน (Runyon, 1996, p. 420-421) ได้อธิบายอิทธิพลของระดับนัยสำคัญที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบไว้ว่า ระดับแอลฟา คือ ระดับความน่าจะเป็นที่กำหนดขึ้นเพื่อปฏิเสธสมมติฐานกลางที่เป็นเท็จ ดังภาพที่ 5



5 (ก) 5 (ข)

ภาพที่ 5 อิทธิพลของระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ (Runyon, 1996, p. 421)

ภาพที่ 5 แสดงอิทธิพลของระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ พบว่า ถ้าระดับแอลฟามีระดับต่ำ จะทำให้ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (β) มีค่าสูงขึ้น และจะทำให้อำนาจการทดสอบลดลง แต่ถ้าเพิ่มระดับแอลฟา จะส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 (β) มีค่าน้อยลง และอำนาจการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากระดับนัยสำคัญทางสถิติและอำนาจในการทดสอบมีความสัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจทางสถิติ (Meyers, Glenn, & Guarino, 2006, p. 39)

นอกจากนั้นแล้ว รันยอน (Runyon, 1996, p. 421) ได้อธิบายอิทธิพลของการทดสอบแบบมีทิศทางและไม่มีทิศทางที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบไว้ว่าการทดสอบแบบมีทิศทางจะให้อำนาจการทดสอบมากกว่าการทดสอบแบบไม่มีทิศทาง เนื่องจากการทดสอบแบบไม่มีทิศทางเขตวิกฤตจะถูกแบ่งครึ่ง แต่ละเขตจะอยู่ที่ปลายสุดของการแจกแจง ผลที่ตามมา คือ เมื่อใช้การทดสอบแบบไม่มีทิศทาง จึงมีความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานกลางมากกว่าการใช้การทดสอบแบบมีทิศทางซึ่งจะเพิ่มความสามารถในการปฏิเสธสมมติฐานกลาง

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล (Monte carlo method)

ในการพิจารณาความเหมาะสมของสถิติทดสอบ สิ่งที่ควรจะพิจารณา คือ อำนาจการทดสอบ (Power of the test) และความแกร่ง (Robustness) ของสถิติทดสอบที่ทนต่อการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น โดยจะพิจารณาในลักษณะสถิติทดสอบนั้นจะต้องมีความไว (Sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งอื่นที่มิใช่ปัจจัยที่ต้องการทดสอบ ในการศึกษาอำนาจการทดสอบโดยการทดลองสามารถคำนวณได้โดยการใช้เทคนิคการจำลองแบบที่เรียกว่า เทคนิคการจำลอง

แบบมอนติคาร์โลซึ่งเป็นเทคนิคที่จะทำให้ได้ผลสรุปจากสภาพการณ์ที่สร้างขึ้นในการทดลอง สามารถกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อน ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนได้ตามความต้องการ (สุพรรณี อึ้งปัญสัตวงศ์, 2541, หน้า 7)

การจำลอง (Simulation) นำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ใช้เป็นวิธีวิทยาการวิจัย เป็นเทคนิคในการสร้างสรรค์และการเปรียบเทียบทฤษฎี เป็นการสอนและการฝึกปฏิบัติ การออกแบบ และเป็นตัวช่วยในการฝึกการตัดสินใจในองค์กร วัตถุประสงค์ที่ใช้การจำลองส่วนมากมุ่งไปสู่การจำลองที่เป็นการจัดการ โดยใช้กระบวนการที่ซับซ้อนในสถานการณ์การทดลองหนึ่ง ๆ หรือเทคนิคการวิเคราะห์ที่ไม่สามารถดำเนินการได้ คำว่า "การจำลอง" คือ การสร้างตัวแบบ (Model) เพื่อใช้ในการทดลองและสามารถกระทำซ้ำกันได้หลายครั้ง นอกจากความหมายที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังรวมความหมายของการจำลองที่เรียกกันว่า การจำลองแบบมอนติคาร์โล ตัวแบบคอมพิวเตอร์ หรือโปรแกรมการทดลองไว้ด้วย ซึ่งการจำลองนั้นจะมีนิยามแตกต่างกันออกไปตามผู้ที่นำไปใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น นักสังคมศาสตร์นิยามการจำลองว่า เป็นตัวแบบของกระบวนการทางสังคม ตลอดจนการแสดงออกเกี่ยวกับกฎของการปฏิบัติและจุดมุ่งหมายของโครงสร้างสำหรับผู้ถือปฏิบัติที่จะสะท้อนความจริงที่พบได้ในสังคมนั้น นักภูมิศาสตร์อธิบายเกี่ยวกับการจำลองว่า เป็นเทคนิคที่เรียกว่ามอนติคาร์โลใช้สำหรับแก้ปัญหาทางด้านภูมิศาสตร์เป็นต้น (Schultz & Sullivan, 1972, p. 3-5)

ความเป็นมาของวิธีมอนติ คาร์โล (Monte carlo method)

เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล (Monte carlo method) เป็นสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยอาศัยตัวเลขสุ่ม (Random number) มาสร้างตัวแปรให้เหมือนกับสถานการณ์จริงและมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนพอที่จะใช้เป็นข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสถานการณ์จริง หรือช่วยหาคำตอบในเรื่องราวต่าง ๆ ที่ยังไม่แน่ใจในผลที่จะเกิดขึ้น (ต่าย เซี่ยงฉี, 2534, หน้า 62-68)

เทคนิควิธีมอนติคาร์โลนั้น ได้มีการใช้กันมานานแล้ว แต่สมัยก่อน ๆ ไม่ได้เรียกว่า "มอนติคาร์โล" เทคนิควิธีนี้ได้นำมาใช้ในการพัฒนาทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability theory) โดยในปี ค.ศ. 1733 เลคเลอร์ และบุฟฟอง (Leclere & Buffon) ทดลองหาค่า π โดยการโยนเข็มที่มีความยาว L หน่วย อย่างสุ่มลงมาบนพื้นราบที่มีเส้นขนานอยู่ โดยให้ระยะห่างระหว่างเส้นขนานเท่ากับ d หน่วย โดย $d > L$ จะได้ความน่าจะเป็นของเข็มที่จะตัดกับเส้นขนานเท่ากับ P โดยที่ $P = 2L/\pi d$ เมื่อนับจำนวนครั้งที่เข็มตัดกับเส้นขนานหารด้วยจำนวนครั้งที่โยนก็จะได้ความน่าจะเป็น (P) เขาทำการทดลองหลายครั้งทำให้คำนวณหาค่า π ได้ ประมาณปี ค.ศ. 1908 กอสเซท (Gosset) ได้ศึกษาการแจกแจงความถี่ความสูงของนักโทษอาชญากรรมจำนวน 3,000 คน โดยเทียบกับ

การแจกแจงความถี่ของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาครั้งละ 4 คน จำนวน 750 กลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า การแจกแจงความถี่ทั้งสองแบบมีลักษณะที่เหมือนกัน กอสเซท ได้ตั้งชื่อการแจกแจงนี้ว่า "การแจกแจงค่าที" (t-distribution) ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิควิธีมอนติคาร์โล (ไพศาล วรคำ, 2550, หน้า 72-73)

เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล ได้รับการพัฒนาอย่างจริงจังในปี ค.ศ. 1944 ช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 อูลาม และวอน นิวแมนน์ (Ulam & Von Neumann) เป็นผู้ตั้งชื่อ "มอนติคาร์โล" ซึ่งเป็นรหัสลับของงานที่ทำในลอส อาลามอส (Los Almos) โดยได้นำเทคนิคนี้มาคำนวณหาผลของการแพร่อย่างสุ่มของนิวตรอน (Neutron Diffusion) ในวัสดุของเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นการทดลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลของคำตอบก่อนที่จะทำการทดลองจริง เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายก่อนการทดลอง ประกอบกับเริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ซึ่งเป็นแรงกระตุ้นพัฒนาการของเทคนิควิธีมอนติคาร์โล มีการเพิ่มความสนใจในมอนติคาร์โลเป็นจำนวนมาก มีการตีพิมพ์เพื่ออธิบายวิธีการใหม่และวิธีการใช้เพื่อทำการแก้ปัญหา หลังจากนั้นเทคนิควิธีมอนติคาร์โล ได้มีการนำใช้อย่างกว้างขวางทั้งทางด้านฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ สถิติและการวิจัย นับได้ว่าเทคนิควิธีมอนติคาร์โล มีประโยชน์อย่างมากในการขยายความรู้เชิงทฤษฎี เช่น การนำมาศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทดสอบชนิดต่าง ๆ เป็นต้น (Kalos & Whitlock, 1986, p. 1-5)

ขั้นตอนของเทคนิควิธีมอนติ คาร์โล

หลักการที่สำคัญของเทคนิควิธีมอนติ คาร์โล คือ การนำตัวเลขสุ่มมาประยุกต์แก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่ง ศิริรัตน์ วงศ์ประกรณ์กุล (2539, หน้า 240-241) และไพศาล วรคำ (2550, หน้า 73) ได้นำเสนอขั้นตอนของเทคนิควิธีมอนติคาร์โลที่ใช้ในปัจจุบันไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

การสร้างตัวเลขสุ่ม (Generate random number)

หลักการของเทคนิควิธีมอนติ คาร์โลนั้น จะใช้ตัวเลขสุ่มมาช่วยในการหาคำตอบของปัญหา โดยลักษณะของตัวเลขสุ่มที่นำมาใช้ จะมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในช่วง (0,1) สำหรับวิธีการสร้างตัวเลขแบบสุ่ม ตัวเลขสุ่มแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกันและมีช่วงยาวก่อนจะเกิดเลขสุ่มซ้ำ ซึ่งในระยะแรกทำได้โดยอาศัยเครื่องมือทางกายภาพ เช่น ล้อรูเล็ต ลูกเต๋า ไพ่ กระดาษเขียนเบอร์ เป็นต้น แต่จะได้ตัวเลขสุ่มไม่มาก ต่อมาจึงหันมาใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องสร้างตัวเลขสุ่มที่ผลิตโดยบริษัทแรนด์ (Rand) โดยสร้างตัวเลขสุ่มจากเครื่องกำเนิดพลัส (Pulse) ซึ่งสามารถสร้างตัวเลขสุ่มได้เป็นล้านตัว

การสร้างหรือเลือกใช้ตัวเลขสุ่มดังกล่าวกับเครื่องคอมพิวเตอร์ยังมีปัญหา ประการ คือ ประการแรกเป็นการยากที่จะทำให้คอมพิวเตอร์เรียกใช้ตัวเลขสุ่มเหล่านั้นเมื่อต้องการ หากเก็บ

ตัวเลขสุ่มเหล่านั้นไว้ในหน่วยความจำหรือจานแม่เหล็กก็จะทำให้สูญเสียหน่วยความจำหรือเสียเวลาในการค้นหา หากไม่เก็บตัวเลขสุ่มเหล่านั้นไว้ก็จะต้องทำการสุ่มใหม่ทุกครั้งที่ต้องการใช้ ประการต่อมา คือ เป็นการยากที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สร้างตัวเลขสุ่มชุดเดิม เมื่อต้องการใช้เปรียบเทียบวิธีการต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขของระบบตัวเลขสุ่มชุดเดียวกัน ฉะนั้น การสร้างตัวเลขสุ่มในคอมพิวเตอร์จึงนิยมสร้างตัวเลขสุ่มเทียม (Pseudo random number) โดยการอาศัยสูตรทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่ได้ตัวเลขสุ่มชุดเดิม แต่ตัวเลขสุ่มเทียมก็อยู่ภายใต้เงื่อนไขระบบตัวเลขสุ่มแบบเดียวกัน

ปัจจุบันมีโปรแกรมสำหรับสร้างตัวเลขสุ่มในเครื่องคอมพิวเตอร์อย่างเช่น ในภาษเบสิค (BASIC) มีคำสั่งเรียกใช้ตัวเลขสุ่มได้ คือ RND ภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN) ภาษาฟอกซ์โปร (FOXPRO) มีคำสั่งเรียกตัวเลขสุ่มได้ คือ RAND ( ) และในภาษา R มีคำสั่งเรียกตัวเลขสุ่มได้ คือ RANDOM ( ) หรือในโปรแกรมทางสถิติ เช่น SAS, SPSS, MINITAB ฯลฯ ต่างก็มีคำสั่งให้เลือกใช้เงื่อนไขของเลขสุ่มได้ ซึ่งนับว่าง่ายและสะดวกขึ้นมาก

ขั้นตอนของเทคนิควิธีมอนติ คาร์โล

1. ตัวเลขสุ่มที่ได้ต้องมีลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ (Uniform distribution)
2. ตัวเลขสุ่มที่ได้ต้องเป็นอิสระจากกัน
3. อนุกรมของตัวเลขสุ่มที่ได้ต้องสามารถสร้างซ้ำเดิมได้
4. อนุกรมของตัวเลขสุ่มต้องไม่ซ้ำเดิมในช่วงที่ต้องการใช้ตัวเลขสุ่ม
5. ต้องใช้เวลาน้อยในการสร้างตัวเลขสุ่ม
6. ต้องใช้หน่วยความจำในคอมพิวเตอร์น้อย

การนำตัวเลขสุ่มมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่ต้องการศึกษา

เป็นการนำตัวเลขสุ่มไปสร้างตัวแปรตามลักษณะการแจกแจงของปัญหาที่ศึกษา ซึ่งขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับปัญหาที่ต้องการศึกษา บางปัญหาอาจจะไม่ได้สร้างจากตัวเลขสุ่มโดยตรง แต่ใช้ตัวเลขสุ่มเป็นพื้นฐานก็ได้ หรือนำไปผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบอื่นต่อไป

การทดลองกระทำ

เมื่อนำตัวเลขสุ่มมาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหาที่ต้องการศึกษาได้แล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การทดลองโดยใช้กระบวนการของการสุ่ม มากระทำในลักษณะซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของคำตอบที่ได้ และสามรถสรุปเป็นความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ในปัญหานั้น

ข้อดีและข้อจำกัดของเทคนิควิธีมอนติ คาร์โล

เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล ใช้ตัวเลขสุ่มเป็นพื้นฐานในการสร้างตัวแปรของปัญหา โดยอาศัยทฤษฎี สูตร หรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ และมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ซึ่งนับว่ามีประโยชน์ที่สำคัญ คือ (ไพศาล วรคำ, 2550, หน้า 74)

1. สามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนและสามารถสังเกตได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้สามารถทำการทดลองซ้ำภายใต้สภาพแวดล้อมเดิมหลาย ๆ ครั้งได้ ในขณะที่การทดลองจริงจะทำไม่ได้ เพราะไม่สามารถรักษาสภาพแวดล้อมให้เหมือนเดิมทุกอย่างได้เมื่อเวลาเปลี่ยนไป

2. ถ้ามีสูตรหรือกฎเกณฑ์ที่ถูกต้องรองรับในการสร้างตัวแปรของปัญหาในการทดลองแล้ว จะให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำกว่าเมื่อใช้การทดลองในสถานการณ์จริง เพราะสามารถลดตัวแปรแทรกซ้อนทางจิตวิทยาได้

3. สิ้นเปลืองเวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายน้อยกว่า เมื่อเทียบกับการทดลองในสถานการณ์จริง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

เลวีน และดันแลพ (Levine & Dunlap, 1982, p. 272-280) ศึกษาอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟด้วยข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ : ควรเลือกใช้การแปลงข้อมูลหรือไม่ โดยทำการสังเคราะห์งานวิจัย พบว่า สถิติทดสอบเอฟค่อนข้างแกร่งต่อการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรด้องเป็นแบบปกติ จึงไม่มีความจำเป็นที่จะแปลงข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมีการแจกแจงเข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติ อำนาจการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้เมื่อเทียบกับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อนำมาทดลองกลับพบว่า ถ้าทำการแปลงข้อมูลส่งผลให้ข้อมูลเข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติ และมีความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน อำนาจการทดสอบจะมีค่าสูงขึ้น สรุปได้ว่าการใช้ประโยชน์จากการแปลงข้อมูล มีแนวโน้มให้การใช้สถิติทดสอบเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจะมีค่าอำนาจการทดสอบสูง

ซวิคค์ (Zwick, 1985) ศึกษาการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบตัวแปรพหุเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 2 กลุ่ม โดยใช้เทคนิคการจำลองข้อมูลแบบเทคนิคมอนติคาร์โล ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ นำวิธีการจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โลมาใช้เปรียบเทียบคุณสมบัติของการวิเคราะห์โดยแปลงคะแนนให้เป็นคะแนนเรียงอันดับและคะแนนปกติ จำนวน 20 เงื่อนไข การแปลงคะแนนให้เป็นคะแนนเรียงอันดับทำได้โดยใช้วิธีการของครัสคอล-วอลลิส ส่วนวิธีคะแนนปกตินั้นใช้คะแนนชุดเดียวกันกับการแปลงคะแนนให้เป็นคะแนนเรียงอันดับ โดยมีเงื่อนไข คือ เงื่อนไข

ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ คือ เมื่อสมมติฐานกลางเป็นจริง หรือ สมมติฐานกลางเป็นเท็จ เงื่อนไขการกระจายของประชากร (การกระจายเป็นโค้งปกติแบบตัวแปรพหุ) โดยที่โค้งมีความโด่งเพียงเล็กน้อยและมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ซึ่งทุกเงื่อนไขนี้กำหนดให้ตัวแปรอิสระมี 2 กลุ่ม และตัวแปรตามมี 5 ตัว และให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มรวมกันได้ 42 คน เงื่อนไขที่ 3 คือ เงื่อนไขของความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม เมื่อความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของทั้งสองกลุ่มกัน หรือความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของทั้งสองกลุ่มไม่เท่ากัน และเงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อทั้งสองกลุ่มมีขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน, ทั้งสองกลุ่มมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน อาจให้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มีขนาดมากกว่ากลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 หรือกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 มีขนาดมากกว่ากลุ่มดัวอย่างกลุ่มที่ 1 นอกจากนั้นแล้ว วิธีการวิเคราะห์ 3 วิธี ต้องมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผลของการประเมินเป็นดังนี้ ภายใต้เงื่อนไขของความเป็นโค้งปกติที่เหมือนกัน วิธีการวิเคราะห์แบบพาราเมตริกเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด วิธีการวิเคราะห์โดยแปลงคะแนนให้เป็นคะแนนเรียงอันดับจะให้ผลที่ดีกว่าเมื่อข้อมูลมีความแตกต่างกันมาก สำหรับเงื่อนไขการแจกแจงแบบเบ้ขวา วิธีการวิเคราะห์แบบคะแนนปกติปรากฏว่าดีกว่าวิธีอื่น ๆ วิธีวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริกยังคงมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในข้อมูลที่มีการกระจายทั้งสองแบบ อย่างไรก็ตามในกรณีที่เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มที่ 1 มีขนาดเป็น 3 เท่าของกลุ่มที่ 2 และกลุ่มตัวอย่างที่ 1 มีขนาดเท่ากับ 14 คนในขณะที่กลุ่มดัวอย่างที่ 2 มีขนาดเท่ากับ 28 การทดสอบทั้งสามวิธีมีอัตราความคลาดเคลื่อนสูงมาก ส่วนวิธีที่เป็นทางเลือกใหม่ก็ให้ผลสอดคล้องกัน

ซวิคค์ (Zwick, 1985) ทำการศึกษาการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุโดยใช้วิธีนอนพาราเมตริก : การคำนวณโดยใช้สถิติของพิลไล-บาร์ทเลท ผู้วิจัยสาธิตวิธีการคำนวณสถิติทดสอบทั้งหมด โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการคำนวณแบบพาราเมตริกของสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ (MANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบของพิลไล (Pillai, 1955) และบาร์ทเลท (Bartlett, 1939) โดยกำหนดให้ค่าพิลไลเทรซ (Pillai's trace) มีค่าเท่ากับ (N-1)V เมื่อ V คือ ค่าสถิติที่คำนวณได้จากข้อมูลที่แปลงแล้วในรูปของข้อมูลอันดับที่หรือคะแนนปกติ ผลการทดสอบทางสถิติสามารถนำมาใช้กับข้อมูลในกับโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุได้ โดยทำการแปลงคะแนนให้เป็นลำดับที่หรือเป็นคะแนนมาตรฐาน

เจิน (Geon, 1986) ทำการศึกษาผลการจำลองข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริก 2 วิธี คือ วิธีจัดเรียงข้อมูลและวิธีแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการจัดเรียงข้อมูลและแปลงคะแนนให้อยู่ในรูป

คะแนนมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีพาราเมตริก โดยทำการเปรียบเทียบสถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุทั้ง 4 ตัว คือ การทดสอบของรอยส์ (Roy's largest root: R) การทดสอบของลอว์เลย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling trace: T) การทดสอบของวิลค์ส (Wilks's likelihood ratio: W) และการทดสอบของบาร์ทเลท-แนนดา-พิลล์ไล (Bartlett-Nanda-Pillai trace: V) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีพาราเมตริก, เมื่อข้อมูลถูกแปลงโดยใช้วิธีการจัดเรียงข้อมูลและข้อมูลถูกแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานเพื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจของการทดสอบ มีจำนวนตัวแปรที่นำมาทดสอบ คือ 2, 3, 4 และ 5 ตัวแปร จำนวนกลุ่มที่นำมาทดสอบ คือ 3, 4, 5 กลุ่มขนาดของกลุ่มที่นำมาทดสอบมีขนาดเท่ากัน คือ 5, 10, 20, 40 และมีลักษณะของการแจกแจง 5 ลักษณะ คือ มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ, การแจกแจงแบบลอกนอร์มอล, มีการแจกแจงปกติแบบยูนิฟอร์ม, การแจกแจงแบบคอชชี่ และการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปแนนเชียล ซึ่งข้อมูลถูกเลือกมาจากการแจกแจงของประชากรที่มีแต่ละกลุ่มถูกสุ่มให้มีค่าการกระจายแตกต่างกัน ในการศึกษาอำนาจของการทดสอบกำหนดให้มีตัวแปร 3 ตัว มีจำนวน 3 กลุ่ม และมีขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 ผลการศึกษา พบว่า วิธีการจัดเรียงข้อมูลและแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานให้ผลการศึกษาที่ดีกว่าการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีพาราเมตริก เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติและมีการแจกแจงแบบอื่น ผลการศึกษาโดยรวมบ่งชี้ได้ว่าวิธีการแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีอื่นรองลงมา คือ วิธีการจัดเรียงข้อมูลอย่างไรก็ตาม ในการประเมินอำนาจการทดสอบมักนิยมใช้วิธีการจัดเรียงข้อมูล รองลงมา คือ วิธีการแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน การวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริกมีความแกร่งทั้งยังและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการกระจายแบบต่าง ๆ ทั้งยังสามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยสถิติทดสอบทั้ง 4 ตัว ได้ นอกจากนั้นแล้ววิธีการแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานยังสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีการจัดเรียงข้อมูลเพียงเล็กน้อย วิธีการแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานมีจุดเด่นที่เหนือว่าวิธีการจัดเรียงข้อมูลอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความยุ่งยากของการแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน เพราะฉะนั้นวิธีการจัดเรียงข้อมูลจึงถูกแนะนำให้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุเมื่อพบว่าข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ

ราสมัสเสน และดันแลพ (Rasmussen & Dunlap, 1991, p. 809-820) ศึกษาการจัดการข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ: สถิติอิงพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ด้วยข้อมูลที่ได้รับการแปลงข้อมูลและสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง สถิติอิงพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ด้วยข้อมูลดิบ สถิติอิงพารามิเดอร์ที่วิเคราะห์ด้วยข้อมูลที่ได้รับการแปลงข้อมูล และสถิติไม่อิงพารามิเตอร์

ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ดำเนินการภายใต้ประชากรที่มีการแจกแจงไม่ปกติ ผลการทดลองโดยใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โลชี้ให้เห็นว่า เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ และสถิติอิงพามิเตอร์ที่วิเคราะห์ด้วยข้อมูลที่ได้รับการแปลงข้อมูล มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติอิงพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ด้วยข้อมูลดิบ นอกจากนี้ภายใต้เงื่อนไขอื่น ๆ ที่ทำการศึกษาพบ การวิเคราะห์สถิติอิงพารามิเตอร์ด้วยข้อมูลที่ได้รับการแปลงข้อมูลปรากฏว่าบางกรณีมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติไม่อิงพารามิเตอร์

ดันแลพ, เบิร์ก และเกียร์ (Dunlap, Burke, & Greer, 1995) ศึกษาอิทธิพลของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย โดยทำการตรวจสอบอิทธิพลของการแปลงข้อมูลด้วยข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้ ไปถึงข้อมูลที่มีการแจกแจงสมมาตร โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ BMDP ข้อมูลที่นำมาตรวจสอบเป็นข้อมูลที่เกี่ยวกับลักษณะทางการเงิน ประกอบด้วย เงินเดือน ค่าตอบแทน หุ้น และอื่น ๆ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีจำนวน 580 โดยที่พื้นฐานการแจกแจงของข้อมูลทางด้านการเงินเป็นการแจกแจงแบบเบ้บวก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอำนาจจากการแปลงข้อมูลลดค่าความเบ้ของข้อมูลเดิมให้เป็น 0 หรือเข้าใกล้ศูนย์ และ ผลจากการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบลอกการิทึมได้ผลดีในการลดความเบ้

แมคโดนัลด์ (MacDonald, 1999) ศึกษาอำนาจการทดสอบระดับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ของสถิติทดสอบอิงพารามิเตอร์และ ไม่อิงพารามิเตอร์ โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โลเพื่อประเมินคุณค่าความสัมพันธ์ของการใช้สถิติทดสอบทีและวิลคอกซัน แรงค์ ซัม เทสต์ (Wilcoxon rank sum test) ภายใต้การแจกแจงของประชากร 4 แบบ คือ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบปกติผสม (Mixed-normal distribution) 2 ระดับ และการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล และขนาดกลุ่มตัวอย่าง 6 คู่ คือ (5, 5), (5, 15), (10, 10), (10, 30), (20, 20) และ (20, 40) แมคโดนัลด์ทำการสร้างการแจกแจงแบบผสมในการวิจัยครั้งนี้ โดยการรวมการแจกแจงแบบปกติ 2 แบบที่มีความแปรปรวนต่างกันเข้าด้วยกัน สำหรับแต่ละการแจกแจงโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะได้รับขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มจากประชากรที่มีรูปทรงเดียวกันและกระทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที ค่าของสถิติทดสอบที่จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต และทำการตัดสินใจเพื่อปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานกลางจากนั้นจะทำการบันทึกไว้ (เช่น 1 หรือ 0) ต่อไปคะแนนในแต่ละกลุ่มตัวอย่างจะถูกแปลงเป็นลำดับและทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ คือ สถิติทดสอบวิลคอกซัน แรงค์ ซัม เทสต์ (Wilcoxon rank sum test) หลังจากนั้นจึงนำไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตและทำการตัดสินใจเพื่อปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานกลางทำการบันทึกไว้ ในแต่ละขั้นตอนกระทำซ้ำ 10,000 ครั้ง ผลจากการจำลองชี้ให้เห็นว่าเมื่อสมมติฐานกลางเป็นจริงสถิติทั้งสองจะมีความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

แต่สถิติทดสอบวิลคอกซัน แรงค์ ซัม เทสต์ จะมีความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ เมื่อประชากรมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติและสมมติฐานกลางเป็นเท็จสถิติทดสอบวิลคอกซัน แรงค์ ซัม เทสต์ จะแสดงให้เห็นว่ามีอำนาจการทดสอบดี มีความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 3 น้อย และมีสัดส่วนของการปฏิเสธน้อย

ฟรีแมน และโมดาร์เรส (Freeman & Modarres, 2004) ศึกษาอำนาจการทดสอบทฤษฎีการแจกแจงแบบปกติของตัวแปรตาม หลังจากได้รับการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการของบอกซ์-คอกซ์ (Box-cox) ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์กับคะแนนที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยศึกษากับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดแน่นอนและใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล ผลการศึกษา พบว่า การแจกแจงแบบปกติส่งผลให้อำนาจการทดสอบของตัวแปรตามหลังจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแปลงข้อมูลมีค่าสูงขึ้น

ฟินน์ (Finch, 2005) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีนอนพาราเมตริกและพาราเมตริกในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุเมื่อมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน วิธีนอนพาราเมตริกจะมีอัตราความผิดพลาดประเภทที่ 1 ต่ำกว่าและมีอำนาจในการทดสอบสูงกว่าวิธีพาราเมตริก เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ วิธีพาราเมตริกมีความแกร่งมากกว่าวิธีนอนพาราเมตริกในเรื่องของความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจในการทดสอบ

ฟินน์ และ ดาเวนพอร์ท (Finch & Davenport, 2009) ศึกษาผลการจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โลในการจัดเรียงข้อมูลและการประมาณค่าสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเมื่อมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งการทดสอบโดยการเปลี่ยนลำดับเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุได้เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุหรือเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน ผลการทดสอบด้วยวิธีนี้มีค่าใกล้เคียงกับการทดสอบด้วยสถิติวิลค์ แลมดา (Wilks' Lambda) และ การทดสอบของพิลไล (Pillai's trace) เนื่องจากการทดสอบด้วยการจัดเรียนข้อมูลโดยใช้วิธีจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โลนั้น ข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งในการศึกษานี้จะทำการเปรียบเทียบสถิติทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุทั้ง 4 ตัวภายใต้เงื่อนไขกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและเมื่อลักษณะข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงและละเมิดข้อตกลง ผลการศึกษาพบว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 50 คน สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบต่ำ นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าเมื่อมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น สถิติทดสอบทั้งหมดจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยปกติแล้วการจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โลจะเกิดอัตราความผิดพลาดประเภทที่ 1 และมีอำนาจในการทดสอบต่ำเมื่อมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นทั้งสองข้อ

งานวิจัยภายในประเทศ

พิมเพ็ญ กลับอุดม (2534, บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจของการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบเอชของครัสคอล-วอลลิสกับสถิติทดสอบไคสแควร์ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ผลการศึกษาพบว่า สถิติทดสอบเอชของครัสคอล-วอลลิสกับสถิติทดสอบไคสแควร์มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่แตกต่างกัน และสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามที่ระบุทั้ง $\alpha = .05$ และ $\alpha = .01$ ยกเว้นในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาด (50, 50) สถิติทดสอบเอชของครัสคอล-วอลลิสไม่สามารถควบคุมอัตรา ความคลาดเคลื่อนตามที่ระบุได้ และสถิติทดสอบเอชของครัสคอล-วอลลิสมีอำนาจของการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบไคสแควร์

กมลทิพย์ ปรัชญชรินกร (2541, บทคัดย่อ). ทำการศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรหลายกลุ่ม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 3 และ 5 กลุ่ม ได้แก่ตัวสถิติทดสอบเอฟ (F) ตัวสถิติทดสอบครัสคอล-วอลลิส ตัวสถิติทดสอบ นอร์มอลสกอร์ และตัวสถิติทดสอบแบบดัดแปลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อสุ่มตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกัน ได้แก่ การแจกแจงแลมดาของตูกีร์การแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงลอกนอร์มอล ขนาดของตัวอย่างที่กำหนดเท่ากัน เท่ากับ 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 1,000 ครั้ง ในแต่ละกรณี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ อำนาจการทดสอบพิจารณา 2 กรณี คือ กรณีแรกประชากรมีการแจกแจงปกติ พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด และที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ตัวสถิติทดสอบนอร์มอลสกอร์มีอำนาจการทดสอบสูงสุด กรณีที่สองการแจกแจงของประชากรไม่ใช่แบบปกติโดยทั่วไป ตัวสถิติทดสอบครัสคอล-วอลลิสมีอำนาจการทดสอบสูงสุด ยกเว้น กรณีความเบ้อยู่ระหว่าง 0.0-0.5 และความโด่งอยู่ในระดับต่ำและปานกลาง พบว่า ตัวสถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงกว่า เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ค่าอำนาจการทดสอบจะแปรผันตามความเบ้ ความโด่ง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง ขนาดตัวอย่าง และระดับนัยสำคัญ โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย

สุพัตรา ชะมะบูรณ์ (2546, บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ผลการศึกษาพบว่า สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ แต่เมื่อจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น

สถิติทดสอบนอนพาราเมตริกทั้ง 2 วิธี สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ ทั้งในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและแบบโลจิสติก และอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์มีค่ามากกว่าอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ ส่วนสถิติทดสอบฟรีดแมนไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จึงไม่ได้นำมาทำการเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบ เมื่อขนาดของการทดลองมีขนาดเล็ก แต่เมื่อจำนวน ทรีทเมนต์และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบนอนพาราเมตริกทั้ง 2 วิธี เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มาก และความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติและแบบโลจิสติก

มนตรี สังข์ทอง (2557) ศึกษาความแกร่งและอำนาจการทดสอบของสถิติอิงพารามิเตอร์และสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากรสองกลุ่มสำหรับข้อมูลแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแกร่งและอำนาจการทดสอบของสถิติอิงพารามิเตอร์และสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากรสองกลุ่ม สำหรับข้อมูลแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ ซึ่งตัวสถิติทดสอบที่นำมาศึกษาประกอบด้วยสถิติทดสอบซี (*Z test*) สถิติทดสอบที (*t test*) สถิติทดสอบแมนวิทนีย์ยู (Mann Whitney U test) สถิติทดสอบแวนเดอร์แวร์เดน (Van Der Waerden test) สถิติทดสอบโคลโมโกนอฟ-สมีนอฟ (Kolmogonov-Smirnov test) และสถิติทดสอบโมดิไฟด์ ยู (Modified U test) โดยจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรม R เวอร์ชั่น 2.9.2 มีเงื่อนไข คือ ประชากรมีการแจกแจงปกติ การแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ และการแจกแจงเบ้ขวาและความโด่งสูงกว่าปกติ กำหนดขนาดตัวอย่าง ได้แก่ (10, 10), (15, 25) เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (30, 30) เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และ (100, 50), (100, 100) เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ กำหนดอัตราส่วนของความแปรปรวน เท่ากับ 1:1 และ 1:2 ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 เกณฑ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพ คือ ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ผลการวิจัยพบว่าเมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม คือ สถิติทดสอบที กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ สถิติทดสอบโมดิไฟด์ ยู และ กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ สถิติทดสอบแมนน์ วิทนีย์ ยู เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ซ้ายและความโด่งต่ำกว่าปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม คือ สถิติทดสอบที และสถิติทดสอบแมนน์ วิทนีย์ ยู กลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ คือ สถิติทดสอบแวน เดอร์ แวร์เดน และเมื่อประชากรมีการแจกแจงเบ้ขวา และความโด่งสูงกว่าปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม คือ สถิติทดสอบที กลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง คือ

สถิติทดสอบซี และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ สถิติทดสอบแวน เดอร์ แวร์เดน สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ และความแปรปรวนไม่เท่ากัน ตัวสถิติทดสอบดังกล่าวไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ซึ่งแบ่งขั้นตอนของการดำเนินการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

2. การศึกษาอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

3. การศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล- บาร์ทเลท เทรซ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา ดังนี้

เงื่อนไข 1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

1. การสร้างประชากร

ผู้วิจัยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation technique) ในการจำลองสถานการณ์ สถานการณ์ละ 1,000 ครั้ง โดยแต่ละสถานการณ์ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขไว้ ดังนี้

ลักษณะการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตาม

การแจกแจงของข้อมูลของตัวแปรตามมีหลายลักษณะ เช่น การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution), การแจกแจงแบบแกมมา (Gamma distribution), การแจกแจงแบบเบต้า (Beta distribution) การแจกแจงแบบที (t-distribution) เป็นต้น (Ruannakarn, 2003) ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตามให้มีความเหมาะสมกับการทดสอบด้วยสถิตินอนพาราเมตริกซ์ โดยเงื่อนไขแรก คือ การแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ ซึ่ง ผู้วิจัยนำค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary national educational test: O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 5 รายวิชา คือ ภาษาไทย, สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม, ภาษาอังกฤษ, คณิตศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ มากำหนดเป็นเมตริกซ์ค่าเฉลี่ยของประชากร ดังนี้

$$\mu = \begin{bmatrix} 41.88 & 33.39 & 21.80 & 22.73 & 27.90 \\ 41.88 & 33.39 & 21.80 & 22.73 & 27.90 \\ 41.88 & 33.39 & 21.80 & 22.73 & 27.90 \\ 41.88 & 33.39 & 21.80 & 22.73 & 27.90 \\ 41.88 & 33.39 & 21.80 & 22.73 & 27.90 \end{bmatrix}$$

ลักษณะของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการสร้างประชากร โดยสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างจากข้อมูล 2 ส่วน คือ กำหนดให้มีค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละตัวแปร เท่ากับ 80.01, 54.01, 76.69, 95.63, 59.40 และให้โปรแกรมสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม จากค่าสหสัมพันธ์ซึ่งกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง .4-.7 จะได้เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ดังนี้

$$COV = \begin{bmatrix} 80.01 & 28.03 & 46.47 & 40.31 & 33.15 \\ 28.03 & 54.01 & 35.62 & 31.70 & 30.44 \\ 46.47 & 35.62 & 76.69 & 35.30 & 39.14 \\ 40.31 & 31.70 & 35.30 & 95.63 & 38.25 \\ 33.15 & 30.44 & 39.14 & 38.25 & 59.40 \end{bmatrix}$$

จำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ 2-5 ตัวแปร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ตัวแปร

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติที่ใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) คือ 5 ถึง 50 ตัวอย่าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 25, 40, 50 และเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสถิตินอนพาราเมตริกซ์กับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มอีก 3 ขนาด คือ 100, 200 และ 300 ตัวอย่าง

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาข้อมูลที่มีจำนวนกลุ่ม (N of group) อยู่ระหว่าง 3-5 กลุ่ม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนกลุ่มที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 กลุ่ม

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่นิยมใช้งานวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ คือ .05 และ .01

2. การสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มตัวอย่างจากประชากรตามเงื่อนไขที่กำหนด แล้วนำมาทดสอบด้วยสถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี คือ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ทำซ้ำจำนวน 1,000 รอบ และนับจำนวนการครั้งของการปฏิเสธ H_0 ของสถิติทดสอบแต่ละตัว

เงื่อนไข 2 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน

1. การสร้างประชากร

ผู้วิจัยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation technique) ในการจำลองสถานการณ์ สถานการณ์ละ 1,000 ครั้ง โดยแต่ละสถานการณ์ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขไว้ ดังนี้

ลักษณะการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตาม

การแจกแจงของข้อมูลของตัวแปรตามมีหลายลักษณะ เช่น การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution), การแจกแจงแบบแกมมา (Gamma distribution), การแจกแจงแบบเบต้า (Beta distribution) การแจกแจงแบบที (t-distribution) เป็นต้น (Ruannakarn, 2003) ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตามให้มีความเหมาะสมกับการทดสอบด้วยสถิตินอนพาราเมตริกซ์ โดยผู้วิจัยกำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ (เบ้ขวา) โดยนำค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary national educational test: O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 5 รายวิชา คือ ภาษาไทย, สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม, ภาษาอังกฤษ, คณิตศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ มาคำนวณหาเมตริกซ์มัธยฐานของข้อมูล โดยใช้สมการหาค่าความเบ้ของเพียร์สัน ดังสมการ (ไพรัตน์ วงษ์นาม, 2542, หน้า 55)

$$SK = \frac{\mu - Mo}{\sigma}$$

เมื่อ SK แทน สมการหาค่าความเบ้ของเพียร์สันกำหนดให้มีค่าเท่ากับ .3

μ แทน ค่าเฉลี่ย

Mo แทน ค่ามัธยฐาน

σ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ดังนี้ เมตริกซ์ค่ามัธยฐานที่ใช้เป็นค่าพารามิเตอร์ของประชากร คือ

$$Mo = \begin{bmatrix} 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \end{bmatrix}$$

ลักษณะของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการสร้างประชากร โดยสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน จากข้อมูล 2 ส่วน คือ กำหนดให้มีค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละตัวแปร เท่ากับ 66.93, 26.49, 44.93, 34.21, 28.28 และให้โปรแกรมสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม จากค่าสหสัมพันธ์ซึ่งกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง .4-.7 จะได้เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ดังนี้

$$COV = \begin{bmatrix} 66.98 & 26.49 & 44.93 & 34.21 & 28.28 \\ 26.49 & 45.19 & 32.23 & 38.30 & 23.97 \\ 44.93 & 32.23 & 64.16 & 44.82 & 37.43 \\ 34.21 & 38.30 & 44.82 & 80.01 & 37.60 \\ 28.28 & 23.97 & 37.43 & 37.60 & 49.69 \end{bmatrix}$$

จำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ 2-5 ตัวแปร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ตัวแปร

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติที่ใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) คือ 5 ถึง 50 ตัวอย่าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 25, 40, 50 และเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสถิตินอนพาราเมตริกซ์กับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มอีก 3 ขนาด คือ 100, 200 และ 300 ตัวอย่าง

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาข้อมูลที่มีจำนวนกลุ่ม (N of group) อยู่ระหว่าง 3-5 กลุ่ม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนกลุ่มที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 กลุ่ม

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่นิยมใช้งานวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ คือ .05 และ .01

2. การสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มตัวอย่างจากประชากรตามเงื่อนไขที่กำหนด แล้วนำมาทดสอบด้วยสถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี คือ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ทำซ้ำจำนวน 1,000 รอบ และนับจำนวนการครั้งของการปฏิเสธ H_0 ของสถิติทดสอบแต่ละตัว

เงื่อนไข 3 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

1. การสร้างประชากร

ผู้วิจัยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation technique) ในการจำลองสถานการณ์ สถานการณ์ละ 1,000 ครั้ง โดยแต่ละสถานการณ์ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขไว้ ดังนี้

ลักษณะการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตาม

การแจกแจงของข้อมูลของตัวแปรตามมีหลายลักษณะ เช่น การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution), การแจกแจงแบบแกมมา (Gamma distribution), การแจกแจงแบบเบต้า (Beta distribution) การแจกแจงแบบที (t-distribution) เป็นต้น (Ruannakarn, 2003) ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตามให้มีความเหมาะสมกับการทดสอบด้วยสถิตินอนพาราเมตริกซ์ โดยผู้วิจัยกำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ (เบ้ขวา) โดยนำค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary national educational test: O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 5 รายวิชา คือ ภาษาไทย, สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม, ภาษาอังกฤษ, คณิตศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ มาคำนวณหาเมตริกซ์มัธยฐานของข้อมูล โดยใช้สมการหาค่าความเบ้ของเพียร์สัน ดังสมการ (ไพรัตน์ วงษ์นาม, 2542, หน้า 55)

$$SK = \frac{\mu - Mo}{\sigma}$$

เมื่อ SK แทน สมการหาค่าความเบ้ของเพียร์สัน กำหนดให้มีค่าเท่ากับ .3
μ แทน ค่าเฉลี่ย
Mo แทน ค่ามัธยฐาน
σ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ดังนี้ เมตริกซ์ค่ามัธยฐานที่ใช้เป็นค่าพารามิเตอร์ของประชากร คือ

$$Mo = \begin{bmatrix} 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \end{bmatrix}$$

ลักษณะของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการสร้างประชากร โดยสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างจากข้อมูล 2 ส่วน คือ กำหนดให้มีค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละตัวแปร เท่ากับ 80.01, 54.01, 76.69, 95.63, 59.40 และให้โปรแกรมสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม จากค่าสหสัมพันธ์ซึ่งกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง .4-.7 จะได้เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ดังนี้

$$COV = \begin{bmatrix} 80.01 & 28.03 & 46.47 & 40.31 & 33.15 \\ 28.03 & 54.01 & 35.62 & 31.70 & 30.44 \\ 46.47 & 35.62 & 76.69 & 35.30 & 39.14 \\ 40.31 & 31.70 & 35.30 & 95.63 & 38.25 \\ 33.15 & 30.44 & 39.14 & 38.25 & 59.40 \end{bmatrix}$$

จำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ 2-5 ตัวแปร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ตัวแปร

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติที่ใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) คือ 5 ถึง 50 ตัวอย่าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 25, 40, 50 และเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสถิตินอนพาราเมตริกซ์กับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มอีก 3 ขนาด คือ 100, 200 และ 300 ตัวอย่าง

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาข้อมูลที่มีจำนวนกลุ่ม (N of group) อยู่ระหว่าง 3-5 กลุ่ม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนกลุ่มที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 กลุ่ม

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่นิยมใช้งานวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ คือ .05 และ .01

2. การสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มตัวอย่างจากประชากรตามเงื่อนไขที่กำหนด แล้วนำมาทดสอบด้วยสถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี คือ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ทำซ้ำจำนวน 1,000 รอบ และนับจำนวนการครั้งของการปฏิเสธ H_0 ของสถิติทดสอบแต่ละตัว

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา ดังนี้

เงื่อนไข 1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

1. การสร้างประชากร

ผู้วิจัยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation technique) ในการจำลองสถานการณ์ สถานการณ์ละ 1,000 ครั้ง โดยแต่ละสถานการณ์ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขไว้ ดังนี้

ลักษณะการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตาม

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตามให้มีความเหมาะสมกับการทดสอบด้วยสถิตินอนพาราเมตริกซ์ โดยผู้วิจัยนำค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary national educational test: O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 5 รายวิชา คือ ภาษาไทย, สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม, ภาษาอังกฤษ, คณิตศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดให้เมตริกซ์ค่าเฉลี่ยของประชากรมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน 1 กลุ่ม ซึ่งคำนวณหาเมตริกซ์ค่าเฉลี่ยได้จาก

$$\text{Effect size} = \frac{\left(\overline{X}_1 - \overline{X}_2\right)}{S^2}$$

เมื่อ Effect size แทน ขนาดอิทธิพล ผู้วิจัยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ .80

$\overline{X}_1$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1

$\overline{X}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2

S^2 แทน ความแปรปรวน

จะได้เมตริกซ์ค่าเฉลี่ยของประชากร ดังนี้

$$\mu = \begin{bmatrix} 41.88 & 33.39 & 21.80 & 22.73 & 27.90 \\ 41.88 & 33.39 & 21.80 & 22.73 & 27.90 \\ 41.88 & 33.39 & 21.80 & 22.73 & 27.90 \\ 41.88 & 33.39 & 21.80 & 22.73 & 27.90 \\ 32.62 & 27.14 & 12.93 & 11.67 & 21.03 \end{bmatrix}$$

ลักษณะของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการสร้างประชากร โดยสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน จากข้อมูล 2 ส่วน คือ กำหนดให้มีค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละตัวแปร เท่ากับ 66.93, 26.49, 44.93, 34.21, 28.28 และให้โปรแกรมสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม จากค่าสหสัมพันธ์ซึ่งกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง .4-.7 จะได้เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ดังนี้

$$COV = \begin{bmatrix} 66.98 & 26.49 & 44.93 & 34.21 & 28.28 \\ 26.49 & 45.19 & 32.23 & 38.30 & 23.97 \\ 44.93 & 32.23 & 64.16 & 44.82 & 37.43 \\ 34.21 & 38.30 & 44.82 & 80.01 & 37.60 \\ 28.28 & 23.97 & 37.43 & 37.60 & 49.69 \end{bmatrix}$$

จำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ 2-5 ตัวแปร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ตัวแปร

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติที่ใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) คือ

5 ถึง 50 ตัวอย่าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 25, 40, 50 และ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสถิตินอนพาราเมตริกซ์กับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มอีก 3 ขนาด คือ 100, 200 และ 300 ตัวอย่าง

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาข้อมูลที่มีจำนวนกลุ่ม (N of group) อยู่ระหว่าง 3-5 กลุ่ม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนกลุ่มที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 กลุ่ม

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่นิยมใช้งานวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ คือ .05 และ .01

2. การสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มตัวอย่างจากประชากรตามเงื่อนไขที่กำหนด แล้วนำมาทดสอบด้วยสถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี คือ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ทำซ้ำจำนวน 1,000 รอบ และนับจำนวนการครั้งของการปฏิเสธ H_0 ของสถิติทดสอบแต่ละตัว

เงื่อนไข 2 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน

1. การสร้างประชากร

ผู้วิจัยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation technique) ในการจำลองสถานการณ์ สถานการณ์ละ 1,000 ครั้ง โดยแต่ละสถานการณ์ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขไว้ ดังนี้

ลักษณะการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตาม

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตามให้มีความเหมาะสมกับการทดสอบด้วยสถิตินอนพาราเมตริกซ์ โดยผู้วิจัยกำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ (เบ้ขวา) โดยนำค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (ordinary national educational test: O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 5 รายวิชา คือ ภาษาไทย, สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม, ภาษาอังกฤษ, คณิตศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ มาคำนวณหาเมตริกซ์มัธยฐานของข้อมูล โดยใช้สมการหาค่าความเบ้ของเพียร์สัน ดังสมการ (ไพรัตน์ วงษ์นาม, 2542, หน้า 55)

$$SK = \frac{\mu - Mo}{\sigma}$$

เมื่อ SK แทน สมการหาค่าความเบ้ของเพียร์สัน กำหนดให้มีค่าเท่ากับ .3

μ แทน ค่าเฉลี่ย

Mo แทน ค่ามัธยฐาน

σ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ดังนี้ เมตริกซ์ค่ามัธยฐานที่ใช้เป็นค่าพารามิเตอร์ของประชากร คือ

$$Mo = \begin{bmatrix} 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 29.15 & 24.80 & 9.60 & 7.52 & 18.45 \end{bmatrix}$$

ลักษณะของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการสร้างประชากร โดยสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกันจากข้อมูล 2 ส่วน คือ กำหนดให้มีค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละตัวแปร เท่ากับ 66.93, 26.49, 44.93, 34.21, 28.28 และให้โปรแกรมสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม จากค่าสหสัมพันธ์ซึ่งกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง .4-.7 จะได้เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ดังนี้

$$COV = \begin{bmatrix} 66.98 & 26.49 & 44.93 & 34.21 & 28.28 \\ 26.49 & 45.19 & 32.23 & 38.30 & 23.97 \\ 44.93 & 32.23 & 64.16 & 44.82 & 37.43 \\ 34.21 & 38.30 & 44.82 & 80.01 & 37.60 \\ 28.28 & 23.97 & 37.43 & 37.60 & 49.69 \end{bmatrix}$$

จำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ 2-5 ตัวแปร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ตัวแปร

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติที่ใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) คือ 5 ถึง 50 ตัวอย่าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 25, 40, 50 และเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสถิตินอนพาราเมตริกซ์กับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มอีก 3 ขนาด คือ 100, 200 และ 300 ตัวอย่าง

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาข้อมูลที่มีจำนวนกลุ่ม (N of group) อยู่ระหว่าง 3-5 กลุ่ม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนกลุ่มที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 กลุ่ม

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่นิยมใช้งานวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ คือ .05 และ .01

2. การสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มตัวอย่างจากประชากรตามเงื่อนไขที่กำหนด แล้วนำมาทดสอบด้วยสถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี คือ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ทำซ้ำจำนวน 1,000 รอบ และนับจำนวนการครั้งของการปฏิเสธ H_0 ของสถิติทดสอบแต่ละตัว

เงื่อนไข 3 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

1. การสร้างประชากร

ผู้วิจัยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation technique) ในการจำลองสถานการณ์ สถานการณ์ละ 1,000 ครั้ง โดยแต่ละสถานการณ์ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขไว้ ดังนี้

ลักษณะการแจกแจงข้อมูลของตัวแปรตาม

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขการแจกแจงข้อมูลของดัวแปรตามให้มีความเหมาะสมกับการทดสอบด้วยสถิตินอนพาราเมตริกซ์ โดยผู้วิจัยกำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ (เบ้ขวา) โดยนำค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary national educational test: O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 5 รายวิชา คือ ภาษาไทย, สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม, ภาษาอังกฤษ, คณิตศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์

มาคำนวณหาเมตริกซ์มัธยฐานของข้อมูล โดยใช้สมการหาค่าความเบ้ของเพียร์สัน ดังสมการ (ไพรัตน์ วงษ์นาม, 2542, หน้า 55)

$$SK = \frac{\mu - Mo}{\sigma}$$

เมื่อ SK แทน สมการหาค่าความเบ้ของเพียร์สัน กำหนดให้มีค่าเท่ากับ .3

μ แทน ค่าเฉลี่ย

Mo แทน ค่ามัธยฐาน

σ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ดังนี้ เมตริกซ์ค่ามัธยฐานที่ใช้เป็นค่าพารามิเตอร์ของประชากร คือ

$$Mo = \begin{bmatrix} 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 38.41 & 31.05 & 18.47 & 18.58 & 25.32 \\ 29.15 & 24.80 & 9.60 & 7.52 & 18.45 \end{bmatrix}$$

ลักษณะของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการสร้างประชากร โดยสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างจากข้อมูล 2 ส่วน คือ กำหนดให้มีค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละตัวแปร เท่ากับ 80.01, 54.01, 76.69, 95.63, 59.40 และให้โปรแกรมสร้างเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม จากค่าสหสัมพันธ์ ซึ่งกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง .4-.7 จะได้เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม ดังนี้

$$COV = \begin{bmatrix} 80.01 & 28.03 & 46.47 & 40.31 & 33.15 \\ 28.03 & 54.01 & 35.62 & 31.70 & 30.44 \\ 46.47 & 35.62 & 76.69 & 35.30 & 39.14 \\ 40.31 & 31.70 & 35.30 & 95.63 & 38.25 \\ 33.15 & 30.44 & 39.14 & 38.25 & 59.40 \end{bmatrix}$$

จำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ 2-5 ตัวแปร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ตัวแปร

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจของการทดสอบของสถิติที่ใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) คือ 5 ถึง 50 ตัวอย่าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 25, 40, 50 และเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสถิตินอนพาราเมตริกซ์กับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มอีก 3 ขนาด คือ 100, 200 และ 300 ตัวอย่าง

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอำนาจการทดสอบของสถิติใช้ทดสอบตัวแปรพหุ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาข้อมูลที่มีจำนวนกลุ่ม (N of group) อยู่ระหว่าง 3-5 กลุ่ม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนกลุ่มที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 กลุ่ม

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่นิยมใช้งานวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ คือ .05 และ .01

2. การสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มตัวอย่างจากประชากรตามเงื่อนไขที่กำหนด แล้วนำมาทดสอบด้วยสถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี คือ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ทำซ้ำจำนวน 1,000 รอบ และนับจำนวนการครั้งของการปฏิเสธ H_0 ของสถิติทดสอบแต่ละตัว

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และ

สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ โดยมีนำอำนาจการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ได้มาเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพ ดังนี้

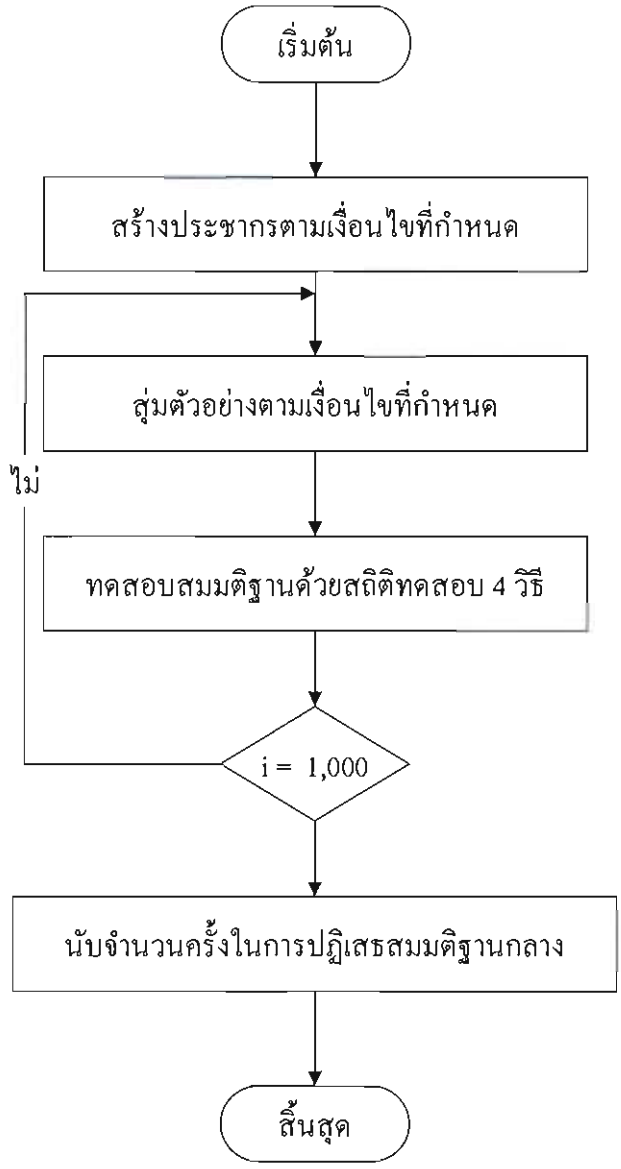
1. เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (The type I error rate) ดังสมการ (French & Maller, 2007 cited in Liu, 2011, p. 43)

$$.05\pm\sqrt{.05(.95)/n_{rep}} \quad \text{.....(45)}$$

1.1 ช่วงที่ยอมรับอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 มีค่าอยู่ระหว่าง .043-.057 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดช่วงของที่ยอมรับได้ คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057

1.2 ช่วงที่ยอมรับอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 มีค่าอยู่ระหว่าง .007-.013 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดช่วงของที่ยอมรับได้ คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013

2. เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ผู้วิจัยกำหนดให้มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าหรือเท่ากับ .80



ภาพที่ 6 ขั้นตอนของการดำเนินการศึกษา

สถิติที่ใช้ในการศึกษา

1. สถิติที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์

1.1 ฟังก์ชันที่ใช้ในการสร้างประชากรที่มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ (Raykov and Marcoulidersn, 2008, p. 101)

$$f(x) = (2\pi 2^{-p/2}|\Sigma|^{-1/2}\exp\left[-\frac{1}{2}(x-\mu)'\Sigma^{-1}(x-\mu)\right] \quad \text{.....(46)}$$

เมื่อ X แทน เวคเตอร์ของค่าสังเกต

μ แทน เวคเตอร์ของค่าเฉลี่ยตัวแปรตามจำนวน p ตัว

Σ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากร (Population covariance matrix)

Σ^{-1} แทน ส่วนกลับของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากร (Inverse population covariance matrix)

1.2 การวัดความเบ้และความโด่งในตัวแปรพหุ (Horswell & Looney, 1992 อ้างถึงใน ไพศาล วรคำ, 2550, หน้า 29-30)

สมการที่ใช้วัดความเบ้ของประชากร

$$\beta_{1,p} = E\left[(x-\mu)'\Sigma^{-1}(Y-\mu)\right]^3 \quad \text{.....(47)}$$

สมการที่ใช้วัดความเบ้ของกลุ่มตัวอย่าง

$$b_{1,p} = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left[(y_i-\bar{y})S^{-1}(y_i-\bar{y})\right]^3 \quad \text{.....(48)}$$

สมการที่ใช้วัดความโด่งของประชากร

$$\beta_{1,p} = E\left[(x-\mu)'\Sigma^{-1}(Y-\mu)\right]^3 \quad \text{.....(49)}$$

สมการที่ใช้วัดความโด่งของกลุ่มตัวอย่าง

$$b_{1,p} = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left[(y_i-\bar{y})S^{-1}(y_i-\bar{y})\right]^3 \quad \text{.....(50)}$$

เมื่อ μ แทน เวคเตอร์ของค่าสังเกต

Σ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากร (Population covariance matrix)

X, Y แทน เวคเตอร์ของค่าสังเกตที่มีการแจกแจงเฉพาะและเป็นอิสระต่อกัน

1.3 ฟังก์ชันที่ใช้ในการสร้างประชากรที่มีการแจกแจงแบบทีปกติแบบตัวแปรพหุ (Multivariate T distribution) (Oja, 2010, p. 10)

$$g(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu + p}{2}\right)}{(\Pi\nu)^{p2}\,\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)}|\Sigma|^{\frac{1}{2}}\left[1 + \frac{1}{\nu}(y-\mu)'\Sigma^{-1}(y-\mu)\right]^{\frac{\nu+p}{2}} \quad \text{.....(51)}$$

เมื่อ ν แทน องศาความเป็นอิสระ

การแจกแจงแบบทีปกติแบบตัวแปรพหุ สร้างได้โดยเริ่มจากการสร้างเมตริกซ์ Z ที่มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ S ที่มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ด้วยองศาความเป็นอิสระ ν จากนั้นแปลงรูปให้เป็น $Y = ((\sqrt{S/\nu})^{-1} Z + \mu$ จะได้ข้อมูลที่มีตัวแปรพหุที่มีการแจกแจงแบบทีปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีองศาองศาความเป็นอิสระ ν การแจกแจงแบบทีปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มี $\nu = 3$ จะมีความโด่งมากกว่าการแจกแจงแบบปกติแบบตัวแปรพหุเล็กน้อย

1.4 การทดสอบความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Stevens, 1992, p. 268)

$$M = (N-k)\log|S| - \sum_{i=1}^{k} \nu_i \log|S_i| \quad \text{.....(52)}$$

เมื่อ N แทน จำนวนคนทั้งหมด

k แทน จำนวนกลุ่ม

S แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง

S_i แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ i

ν_i แทน ค่าที่ได้จากการคำนวณ $\nu_i = (p\ q\ (p+1)g(g-1))g2$

สมมติฐานในการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม คือ (Rencher, 1998, p. 138)

H_0: $\Sigma_1 = \Sigma_2 = \ldots = \Sigma_3$

H_1: มี Σ_1 อย่างน้อย 2 ค่าที่ไม่เท่ากัน

หากผลการทดสอบ พบว่า ยอมรับสมมติฐานกลาง แสดงว่า เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่มมีความเป็นเอกพันธ์ หรือ อาจพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมในแต่ละกลุ่ม หากมีผลต่างมากกว่าหรือน้อยกว่าไม่เกิน 1.5 แสดงว่า เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของ

กลุ่มประชากรมีความเป็นเอกพันธ์ (Null hypothesis) (Stevens, 2002, p. 257)

1.5 การทดสอบระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2545, หน้า 119)

$$r_{XY} = \frac{N\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{\left[N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\right]\left[N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\right]}} \quad \text{.....(53)}$$

เมื่อ r_{XY} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

ΣX แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X

ΣY แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน Y

ΣX^2 แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X แต่ละตัวยกกำลังสอง

ΣY^2 แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน Y แต่ละตัวยกกำลังสอง

ΣXY แทน ผลรวมทั้งหมดของผลคูณระหว่างคะแนน X และ Y คูณกันแต่ละตัว

2. สถิติที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์

2.1 การวิเคราะห์ความแปลผลความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ

2.1.1 สถิติที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน ได้แก่ สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T^2 generalized statistics: L_N) (Puri & Sen, 1972, p. 186)

$$L_N = \sum_{k=1}^{c} n_k \left[(T_N^{(k)} - \overline{E}_N) V^{-1} (R_N^*) (T_N^{(k)} - \overline{E}_N)' \right] \sim \chi^2;\ df = p(k-1) \quad \text{.....(54)}$$

เมื่อ L_N แทน สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง

$\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนมัธยฐานของตัวแปรแต่ละตัวมีขนาดเท่ากับ p x 1 โดยที่เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนมัธยฐานของตัวแปรแต่ละตัว ($\overline{E}_N^{(i)}$) สามารถคำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$\overline{E}_N = \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,\alpha}^{(i)} / N \quad ; \quad i = 1, \ldots, p \qquad (55)$$

เมื่อ $\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของข้อมูลที่เปรียบเทียบกับคะแนน ณ ตำแหน่งมัธยฐานของตัวแปรแต่ละตัว ดังนั้น เมตริกซ์ $\overline{E}_N = (\overline{E}_N^{(1)}, \ldots, \overline{E}_N^{(p)})'$

$E_{N,\alpha}^{(i)}$ แทน ข้อมูลตัวที่ α ตัวแปรตัวที่ i

N แทน จำนวนตัวอย่างในแต่ละตัวแปร

p แทน จำนวนตัวแปร

$T_N^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของคะแนนมัธยฐานของตัวแปรกลุ่มที่ k มีขนาดเท่ากับ p x 1 สามารถคำนวณ ได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 184)

$$T_{N_i}^{(k)} = (1/n_k) \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,R_\alpha^{(k)}}^{(i)} \; ; i = 1, \ldots, p \qquad (56)$$

เมื่อ $T_N^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของคะแนนมัธยฐานของตัวแปรกลุ่มที่ k เมื่อข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับข้อมูล ณ ตำแหน่งมัธยฐาน $T_N^{(k)}$ จะมีค่าเท่ากับ $(T_{N_i}^{(1)}, \ldots, T_N^{(p)})'$

$\sum_{\alpha=1}^{n} E_{N,R_\alpha^{(k)}}^{(i)}$ แทน ผลรวมของข้อมูลตัวแปรที่ i กลุ่มที่ k ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับข้อมูล ณ ตำแหน่งมัธยฐาน

n_k แทน จำนวนคนในแต่ละกลุ่ม

p แทน แปรจำนวนตัว

$V(R_N^*)$ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Variance-covariance matrix) ของคะแนนมัธยฐาน มีขนาดเท่ากับ p x p คำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$V(R_N^*) = ((V_{ij}(R_N^*))) \; ; i, j = 1, \ldots, p' \qquad (57)$$

เมื่อ $V_{ij}(R_N^*)$ แทน ค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

ระหว่างตัวแปร สามารถคำนวณได้จาก (Puri & Sen, 1972, p. 185) กรณีที่ ตำแหน่ง i = j

$$V_{ij}(R_N^{\bullet}) = \frac{a(N-a)}{N^2} \quad \text{.....(58)}$$

เมื่อ a แทน มัธยฐานกลางของคะแนนแต่ละตัวแปรตัวที่ i คำนวณได้ในสมการ 9 หน้า 19

N แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดกรณีที่ ตำแหน่ง $i \neq j$

$$V_{ij}(R_N^{\bullet}) = a_{N,ij} - \left(\frac{a}{N}\right)^2 \quad \text{.....(59)}$$

เมื่อ a แทน มัธยฐานกลางของคะแนนแต่ละตัวแปรตัวที่ i คำนวณได้ในสมการ 9 หน้า 19

$a_{N,ij}$ แทน สัดส่วนของตัวแปรที่ i และ j ที่มีคะแนนน้อยกว่าหรือเท่ากับคะแนน ณ ตำแหน่งมัธยฐาน

N แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

$V^{-1}(R_N^{\bullet})$ แทน เมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Inverse variance-covariance matrix) ของคะแนนมัธยฐาน

2.1.2 สถิติที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยใช้สถิติทดสอบคะแนนปกติ ได้แก่ สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T^2 generalized statistics: L_N) (Puri & Sen, 1972, p. 186)

$$L_N = \sum_{k=1}^{c} n_k \left[(T_N^{(k)} - \overline{E}_N) V^{-1}(R_N^{\bullet}) (T_N^{(k)} - \overline{E}_N)' \right] \sim \chi^2;\ df = p(k-1) \quad \text{.....(60)}$$

เมื่อ L_N แทน สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T^2 generalized statistics)

$\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนปกติของตัวแปรแต่ละตัวแปรมีขนาดเท่ากับ 1 x p โดยที่เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนปกติของตัวแปรแต่ละตัว ($\overline{E}_N$)

สามารถคำนวณได้จากสมการ (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$\overline{E}_N^{(i)} = \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,\alpha}^{(i)} / N \; ; \quad i = 1, \ldots, p \qquad (61)$$

เมื่อ $\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนปกติของตัวแปรแต่ละตัวจะได้เมตริกซ์ $\overline{E}_N = (\overline{E}_N^{(1)}, \ldots, \overline{E}_N^{(p)})'$

$E_{N,\alpha}^{(i)}$ แทน คะแนนปกติตัวที่ i ที่มีค่าน้อยที่สุด

N แทน จำนวนตัวอย่างในแต่ละตัวแปร

p แทน จำนวนตัวแปร

$T_{N_i}^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของคะแนนปกติของตัวแปรกลุ่มที่ k มีขนาดเท่ากับ 1 x p โดยที่เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของคะแนน ปกติของตัวแปรกลุ่มที่ k ($T_{N_i}^{(k)}$) สามารถคำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 184)

$$T_N^{(k)} = (1/n_k) \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,\alpha}^{(i)} Z_{Ni,\alpha}^{(k)} \; ; \; i = 1, \ldots, p \qquad (62)$$

เมื่อ $T_{N_i}^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของคะแนนปกติที่แปลงค่าแล้วของตัวแปรกลุ่มที่ k จะได้เมตริกซ์ $T_N^{(k)} = (T_{N_i}^{(1)}, \ldots, T_N^{(p)})'$

$E_{N,\alpha}^{(i)}$ แทน คะแนนปกติตัวที่ i กลุ่มที่ k

$Z_{N_i,\alpha}^{(k)}$ แทน ค่าคงที่ (Indicator) ที่สร้างขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ตามเงื่อนไขนี้

$Z_{N_i,\alpha}^{(k)} = 1$ เมื่อคะแนนปกตินั้นเป็นสมาชิกในกลุ่มที่ i

$Z_{N_i,\alpha}^{(k)} = 0$ เมื่อคะแนนปกตินั้นไม่เป็นสมาชิกในกลุ่มที่ i

$V(R_N^*)$ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Variance-covariance matrix) ของคะแนนปกติ (Normal Scores) มีขนาดเท่ากับ p x p คำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$V(R_N^*) = ((V_{ij}(R_N^*))) \; ; \; i, j = 1, ..., p' \quad \text{.....(63)}$$

เมื่อ $V_{ij}(R_N^*)$ แทน ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรตัวที่ i และ ตัวแปรตัวที่ j สามารถคำนวณได้จาก (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$V_{ij}(R_N^*) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{c}\sum_{\alpha=1}^{nk} E_{N_{\alpha,i}}^{(k)} E_{N,\alpha j}^{(q)} - \overline{E}_N^{(i)}\overline{E}_N^{(j)} \quad \text{.....(64)}$$

เมื่อ

$E_{N_{\alpha,j}}^{(k)}$	แทน	คะแนนปกติของตัวแปรตัวที่ i กลุ่มที่ k
$E_{N_{\alpha,j}}^{(q)}$	แทน	คะแนนปกติของ ตัวแปรตัวที่ j กลุ่มที่ q
$\sum_{\alpha=1}^{nk} E_{N_{\alpha,j}}^{(k)} E_{N,\alpha j}^{(q)}$	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนปกติของตัวแปรตัวที่ i กลุ่มที่ k คะแนนปกติของตัวแปรตัวที่ j กลุ่มที่ q
$\sum_{k=1}^{c}\sum_{\alpha=1}^{nk} E_{N_{\alpha,j}}^{(k)} E_{N,\alpha j}^{(q)}$	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนปกติของตัวแปรตัวที่ I และตัวแปรตัวที่ j ทุกกลุ่ม
$\overline{E}_N^{(i)}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยคะแนนปกติตัวแปรที่ i
$\overline{E}_N^{(j)}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยคะแนนปกติตัวแปรที่ j
N	แทน	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
$V^{-1}(R_N^*)$	แทน	เมตริกซ์ผกผันของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Inverse variance-covariance matrix) ของคะแนนปกติ (Normal scores)

2.1.3 สถิติที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพารา-เมตริกโดยใช้สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลเรียงอันดับ ได้แก่ สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T2 generalized statistics: LN) (Puri & Sen, 1972, p. I86)

$$L_N = \sum_{k=1}^{c} n_k \left[(T_N^{(k)} - \overline{E}_N) V^{-1}(R_N^*) (T_N^{(k)} - \overline{E}_N)' \right] \sim \chi^2; \; df = p(k-1) \quad \text{.....(65)}$$

เมื่อ L_N แทน สถิติทีกำลังสองของลอว์ลีย์-โฮเทลลิ่ง (Lawley-Hotelling's T2 generalized statistics)

$\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัวมีขนาดเท่ากับ p x 1 โดยที่เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัว ($\overline{E}_N^{(i)}$) สามารถคำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$\overline{E}_N = \sum_{\alpha=1}^{N} E_{N,\alpha}^{(i)} /N ; \quad i = 1, \ldots, p \qquad (66)$$

เมื่อ $\overline{E}_N$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัว

$\sum_{\alpha=1}^{n} E_{N,R_\alpha^{(k)}}^{(i)}$ แทน ผลรวมของคะแนนลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัว

N แทน จำนวนตัวอย่างในแต่ละตัวแปร

p แทน จำนวนตัวแปรเมตริกซ์ $\overline{E}_N$ จะมีค่าเท่ากับ $\overline{E}_N^{(i)} = (\overline{E}_N^{(1)}, \ldots, \overline{E}_N^{(p)})'$

$T_{N,}^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของลำดับที่ของตัวแปรกลุ่มที่ k มีขนาดเท่ากับ p x 1 โดยที่เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยของลำดับที่ของตัวแปร กลุ่มที่ k ($T_N^{(k)}$) สามารถคำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 184)

$$T_{N,}^{(k)} = (1/n_k) \sum_{\alpha=1}^{n} E_{N,R_\alpha^{(k)}}^{(i)} ; \; i = 1, \ldots, p \qquad (67)$$

เมื่อ $T_{N,}^{(k)}$ แทน เมตริกซ์คะแนนเฉลี่ยรวมของลำดับที่ของตัวแปร กลุ่มที่ k

$\sum_{\alpha=1}^{n} E_{N,R_\alpha^{(k)}}^{(i)}$ แทน ผลรวมของคะแนนลำดับที่ของตัวแปรแต่ละตัว

nk แทน ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ k

vp แทน จำนวนตัวแปรกลุ่มที่ k เมตริกซ์ $T_{N_i}^{(k)}$ จะมีค่าเท่ากับ $T_{N_i}^{(k)} = (T_{N_i}^{(1)}, ..., T_N^{(p)})'$

$V(R_N^*)$ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Variance-covariance matrix) ของข้อมูลลำดับที่ (Rank data) มีขนาดเท่ากับ p x p คำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$V(R_N^*) = ((V_{ij}(R_N^*))) \text{ i, j, ..., p'} \quad \text{.....(68)}$$

เมื่อ $V_{ij}(R_N^*)$ แทน ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรสามารถคำนวณได้จากสูตร (Puri & Sen, 1972, p. 185)

$$V_{ij}(R_N^*) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{c}\sum_{\alpha=1}^{nk} E_{N_{\alpha i}}^{(k)} E_{N_{\alpha j}}^{(q)} - \bar{E}_N^{(i)} \bar{E}_N^{(j)} \quad \text{.....(69)}$$

เมื่อ $E_{N_{\alpha,j}}^{(k)}$ แทน คะแนนลำดับที่ตัวแปรตัวที่ i กลุ่มที่ k

$E_{N_{\alpha j}}^{(q)}$ แทน คะแนนลำดับที่ตัวแปรตัวที่ j กลุ่มที่ q

$\sum_{\alpha=1}^{n_k} E_{N_{\alpha,i}}^{(k)} E_{N_{\alpha j}}^{(q)}$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนลำดับที่ตัวแปรตัวที่ i กลุ่มที่ k และ คะแนนลำดับที่ตัวแปรตัวที่ j กลุ่มที่ q

$\sum_{k=1}^{c}\sum_{\alpha=1}^{n_k} E_{N_{\alpha,i}}^{(k)} E_{N_{\alpha j}}^{(q)}$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนลำดับที่ตัวแปรตัวที่ i และตัวแปรตัวที่ j ทุกกลุ่ม

$\bar{E}_{N_i}$ แทน คะแนนเฉลี่ยคะแนนลำดับที่ของตัวแปรตัวที่ i

$\bar{E}_{N_j}$ แทน คะแนนเฉลี่ยคะแนนลำดับที่ของตัวแปรตัวที่ j

N แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

$V^{-1}(R_N^*)$ แทน เมตริกซ์ผกผันของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Inverse variance-covariance matrix) ของข้อมูลลำดับที่ (Rank data)

2.1.4 สถิติที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพารา-เมตริกโดยใช้สถิติทดสอบของรพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ (Raykov & Marcoulides, 2008, p. 134; ไพรัตน์ วงษ์นาม, 2542, หน้า 194)

$$V = \sum_{i=1}^{s} \frac{\lambda_i}{1+\lambda_i} \quad \text{.....(70)}$$

เมื่อ V แทน สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

λ_i แทน ค่าสูงสุดของค่าไอเกน (Eigen value) ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม

$\sum_{i=1}^{s}$ แทน ผลรวมตั้งแต่ตัวแปรที่ i ถึงตัวแปรที่ s

เมื่อได้สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ แล้ว สามารถนำมาใช้ทดสอบสมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกโดยอาศัยค่าของสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ โดยนำมาแทนค่าในสมการ (Finch, 2005, p. 28)

$$\chi^2 = (n-1)V \; ; \; df = p\,(k-1) \quad \text{.....(71)}$$

เมื่อ χ^2 แทน การทดสอบค่าพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ด้วยสถิติไคกำลังสอง

N แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

V แทน สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

DV	แทน	จำนวนตัวแปรตาม
MRST	แทน	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลเรียงอันดับ
MPBT	แทน	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ
MMT	แทน	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยสถิติทดสอบค่ามัธยฐาน
MNST	แทน	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยสถิติทดสอบคะแนนปกติ
VARCO	แทน	เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม
Dist.	แทน	การแจกแจงของข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นลำดับ ดังนี้

1. อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี

2. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี

3. ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี

การวิเคราะห์ในตอนนี้ ผู้วิจัยนำเสนออำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี ภายใต้สภาพเงื่อนไข ดังนี้

1.1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 9-12 และภาพที่ 7-14

1.2 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 13-16 และภาพที่ 15-22

1.3 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 17-20 และภาพที่ 23-30

ซึ่งเกณฑ์ที่ผู้วิจัยใช้ตัดสิน คือ สถิติทดสอบใดมีอำนาจการทดสอบมากกว่าหรือเท่ากับ .80 ($1-\beta \geq .80$) แสดงว่าสถิติทดสอบนั้นมีอำนาจการทดสอบอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 9 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.947	.945	.884	.939	.824	.817	.697	.817
	3	.973	.850	.897	.976	.889	.560	.721	.902
	4	.976	.498	.884	.980	.898	.133	.700	.912
	5	.978	.123	.893	.985	.912	.006	.676	.929
40	**2**	.998	.998	.978	.998	.991	.989	.921	.990
	3	.999	.988	.988	1.000	.991	.930	.951	.994
	4	1.000	.930	.989	1.000	.995	.666	.945	.996
	5	.999	.687	.990	1.000	.997	.249	.945	.996
50	**2**	1.000	1.000	.995	1.000	.996	.995	.972	.994
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.992	.996	1.000
	4	1.000	.989	.998	1.000	.999	.892	.986	1.000
	5	1.000	.905	1.000	1.000	1.000	.549	.988	1.000
100	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	.999	1.000	1.000	1.000	.998	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 9 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .123-1.00 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .133-1.00

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่ม 2 และ 3 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 4 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่ม 2 และ 3 กลุ่ม

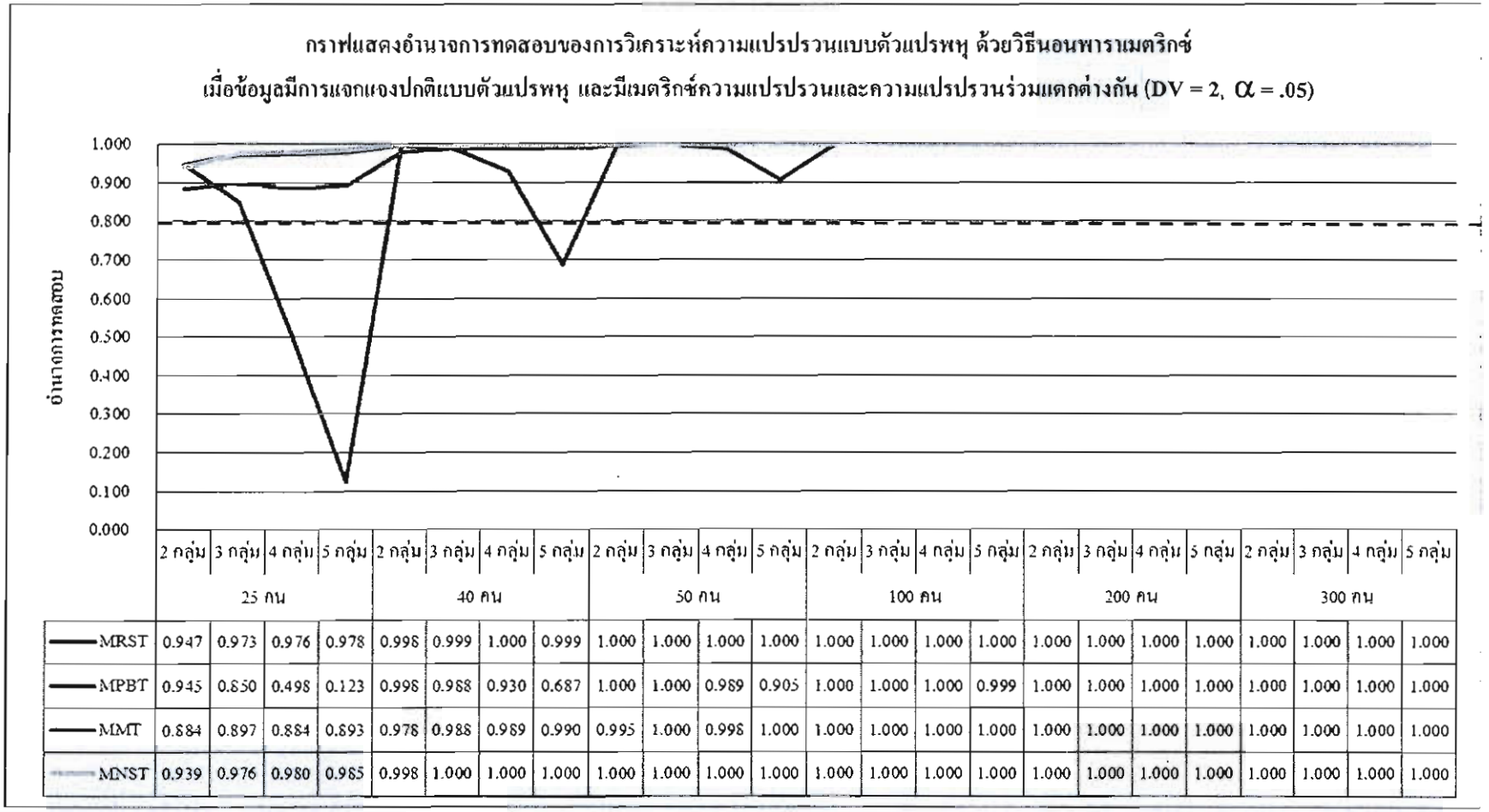
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 4 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

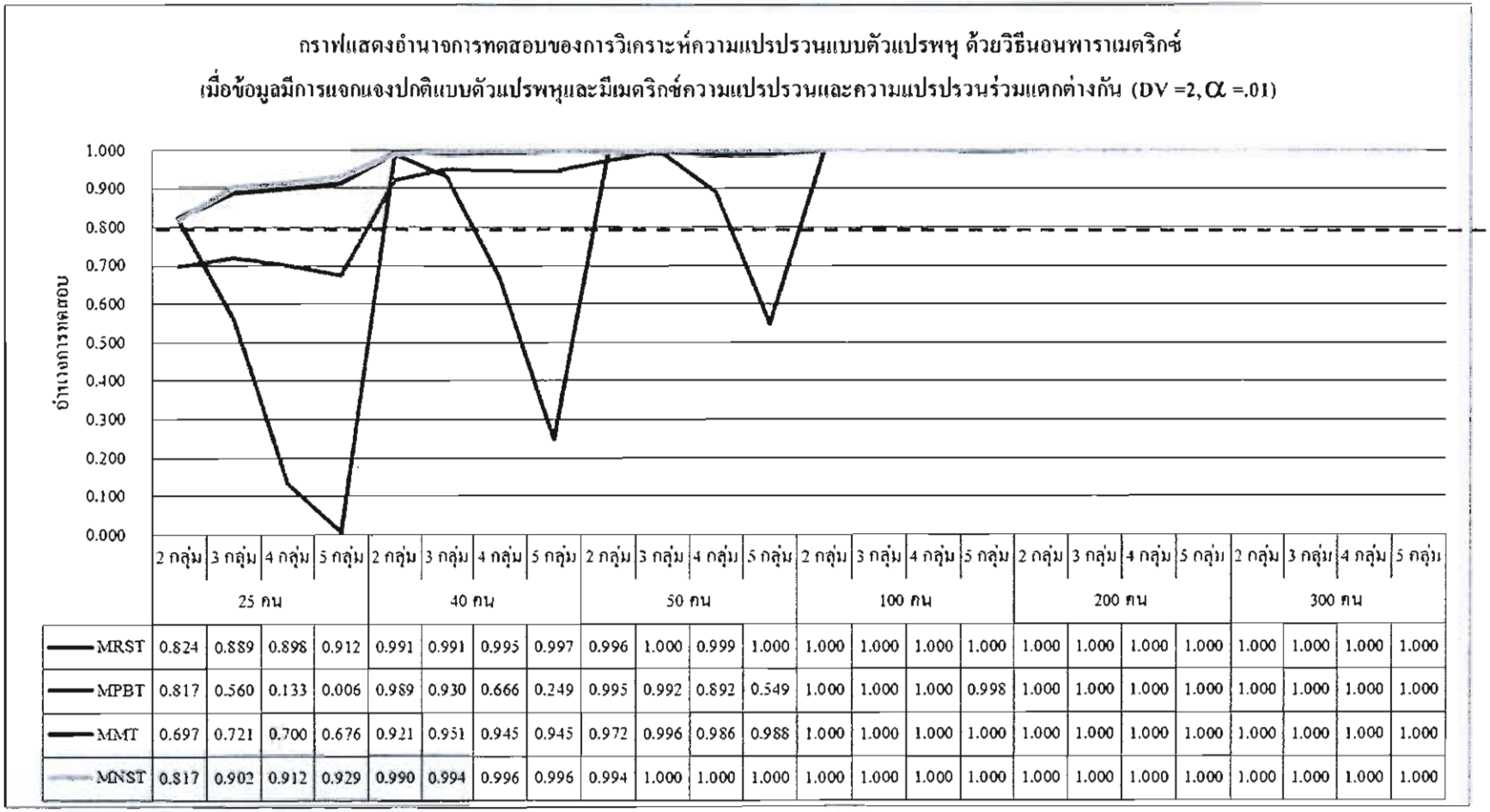
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 2 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ดังภาพที่ 10 และ 11



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.947	0.973	0.976	0.978	0.998	0.999	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.945	0.850	0.498	0.123	0.998	0.988	0.930	0.687	1.000	1.000	0.989	0.905	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.884	0.897	0.884	0.893	0.978	0.988	0.989	0.990	0.995	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.939	0.976	0.980	0.985	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 7 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.824	0.889	0.898	0.912	0.991	0.991	0.995	0.997	0.996	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.817	0.560	0.133	0.006	0.989	0.930	0.666	0.249	0.995	0.992	0.892	0.549	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.697	0.721	0.700	0.676	0.921	0.951	0.945	0.945	0.972	0.996	0.986	0.988	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.817	0.902	0.912	0.929	0.990	0.994	0.996	0.996	0.994	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 8 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)

ตารางที่ 10 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.947	.946	.884	.950	.843	.832	.713	.832
	3	.974	.783	.927	.984	.880	.455	.768	.881
	4	.961	.274	.888	.969	.853	.040	.677	.875
	5	.963	.021	.882	.969	.881	.001	.680	.909
40	2	.997	.997	.990	.997	.982	.982	.944	.983
	3	.999	.989	.995	.999	.994	.914	.975	.995
	4	.999	.844	.995	1.000	.996	.490	.970	.998
	5	1.000	.390	.997	1.000	.994	.061	.951	.996
50	2	.999	.999	.996	.999	.995	.994	.983	.996
	3	1.000	.999	.999	1.000	.999	.987	.999	.999
	4	1.000	.979	1.000	1.000	1.000	.825	.997	1.000
	5	1.000	.756	.999	1.000	1.000	.305	.990	1.000
100	2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 10 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .021-1.00 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .001-1.00

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRSTและ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม นอกจากนี้สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม

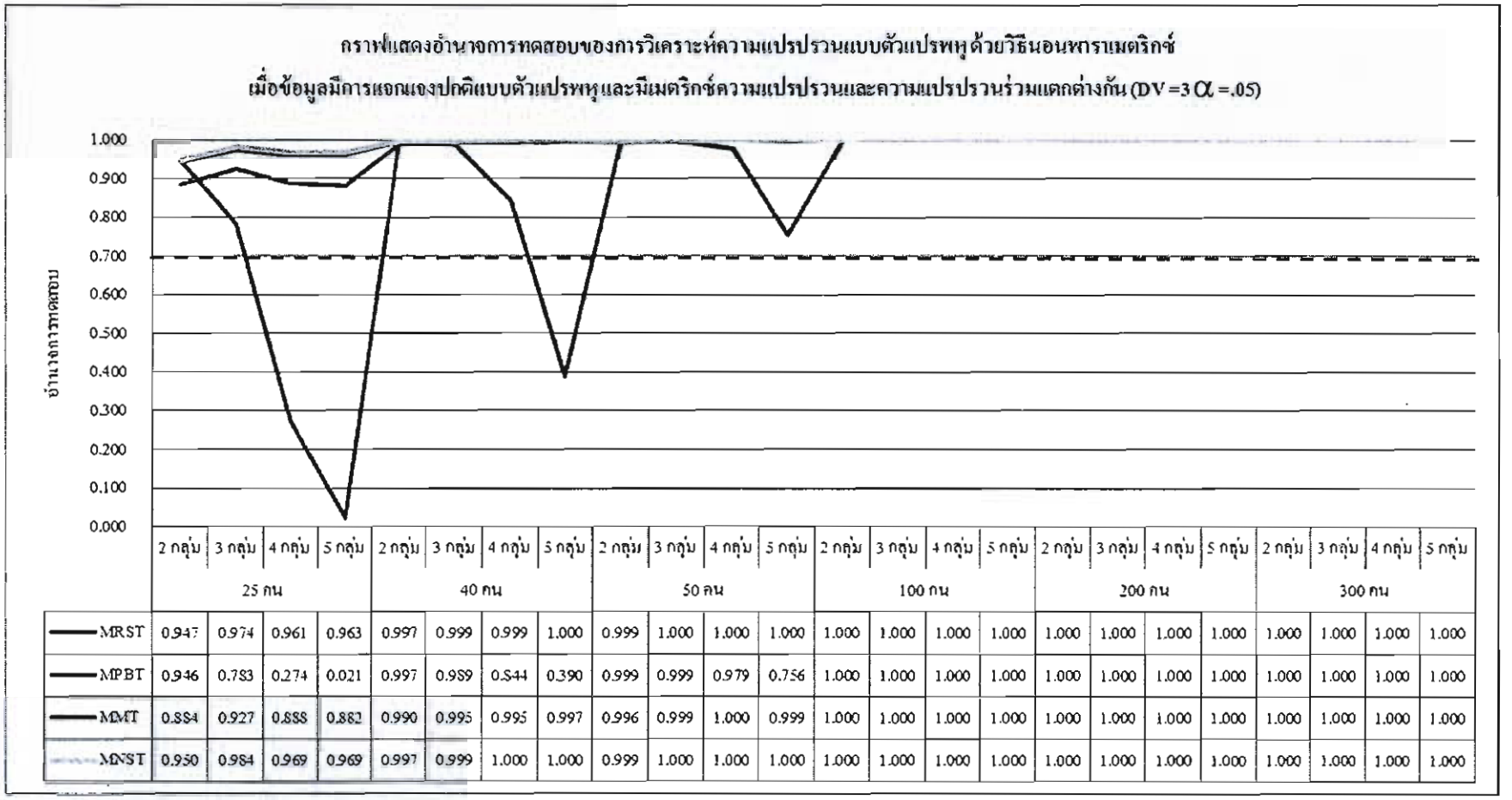
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

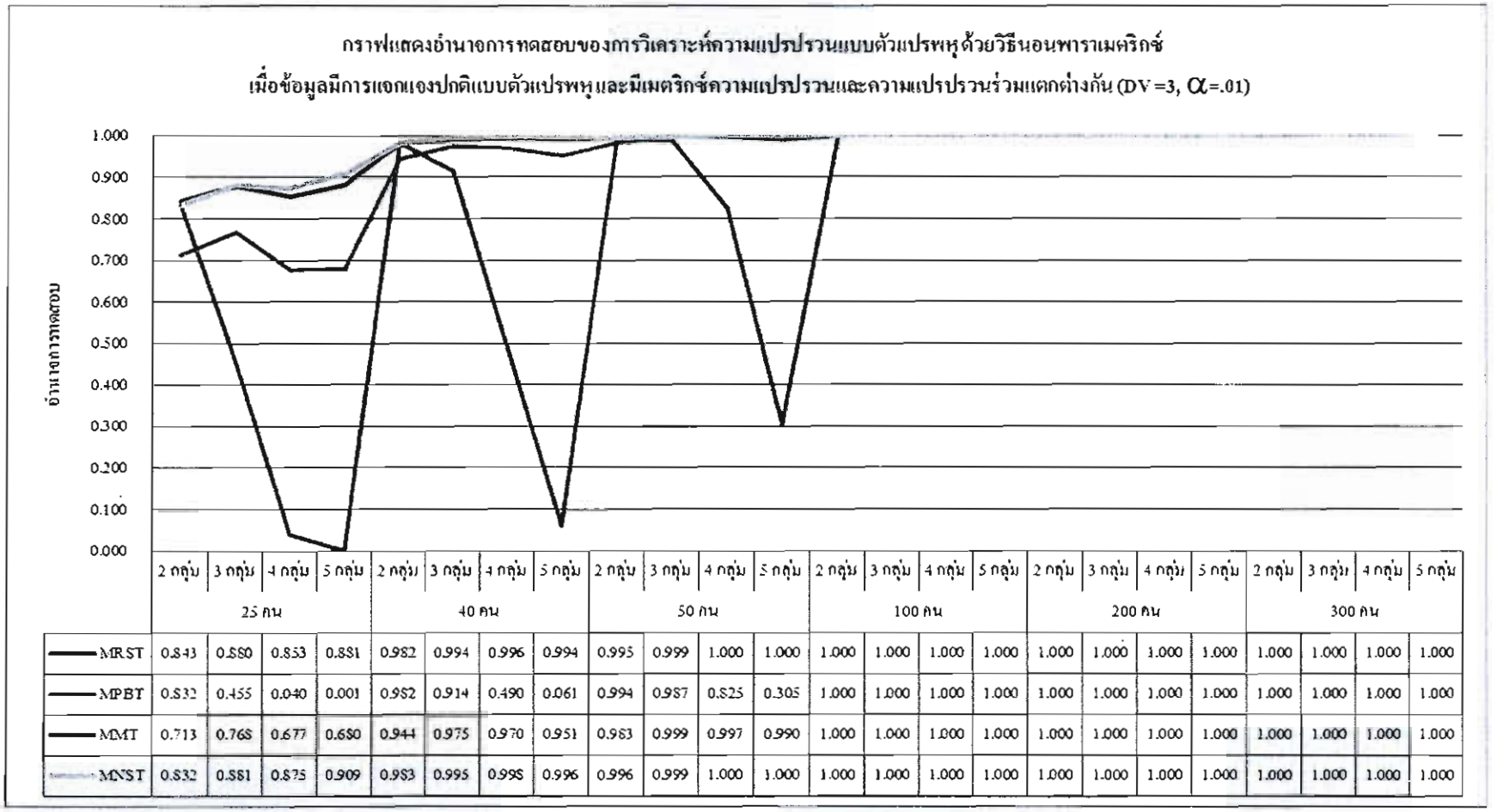
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ดังภาพที่ 9 และ 10



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.947	0.974	0.961	0.963	0.997	0.999	0.999	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.946	0.783	0.274	0.021	0.997	0.989	0.844	0.390	0.999	0.999	0.979	0.756	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.884	0.927	0.888	0.882	0.990	0.995	0.995	0.997	0.996	0.999	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.950	0.984	0.969	0.969	0.997	0.999	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 9 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.843	0.880	0.853	0.881	0.982	0.994	0.996	0.994	0.995	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.832	0.455	0.040	0.001	0.982	0.914	0.490	0.061	0.994	0.987	0.825	0.305	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.713	0.768	0.677	0.680	0.944	0.975	0.970	0.951	0.983	0.999	0.997	0.990	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MVST	0.832	0.881	0.875	0.909	0.983	0.995	0.998	0.996	0.996	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 10 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV =3, α = .01)

ตารางที่ 11 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.955	.949	.916	.955	.835	.829	.763	.830
	3	.980	.795	.951	.981	.920	.418	.805	.920
	4	.974	.195	.912	.980	.889	.016	.705	.902
	5	.975	.009	.895	.988	.906	.000	.704	.921
40	**2**	.999	.999	.997	.999	.990	.988	.979	.989
	3	1.000	.993	.996	1.000	.999	.923	.979	.998
	4	1.000	.795	.995	1.000	1.000	.399	.964	1.000
	5	.999	.308	.995	.999	.998	.036	.965	.999
50	**2**	1.000	1.000	.999	.999	.999	.999	.995	.999
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.992	.999	1.000
	4	1.000	.968	1.000	1.000	1.000	.782	.997	1.000
	5	1.000	.674	1.000	1.000	1.000	.230	.997	1.000
100	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 11 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 4 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .009-1.00 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.00

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 3 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม

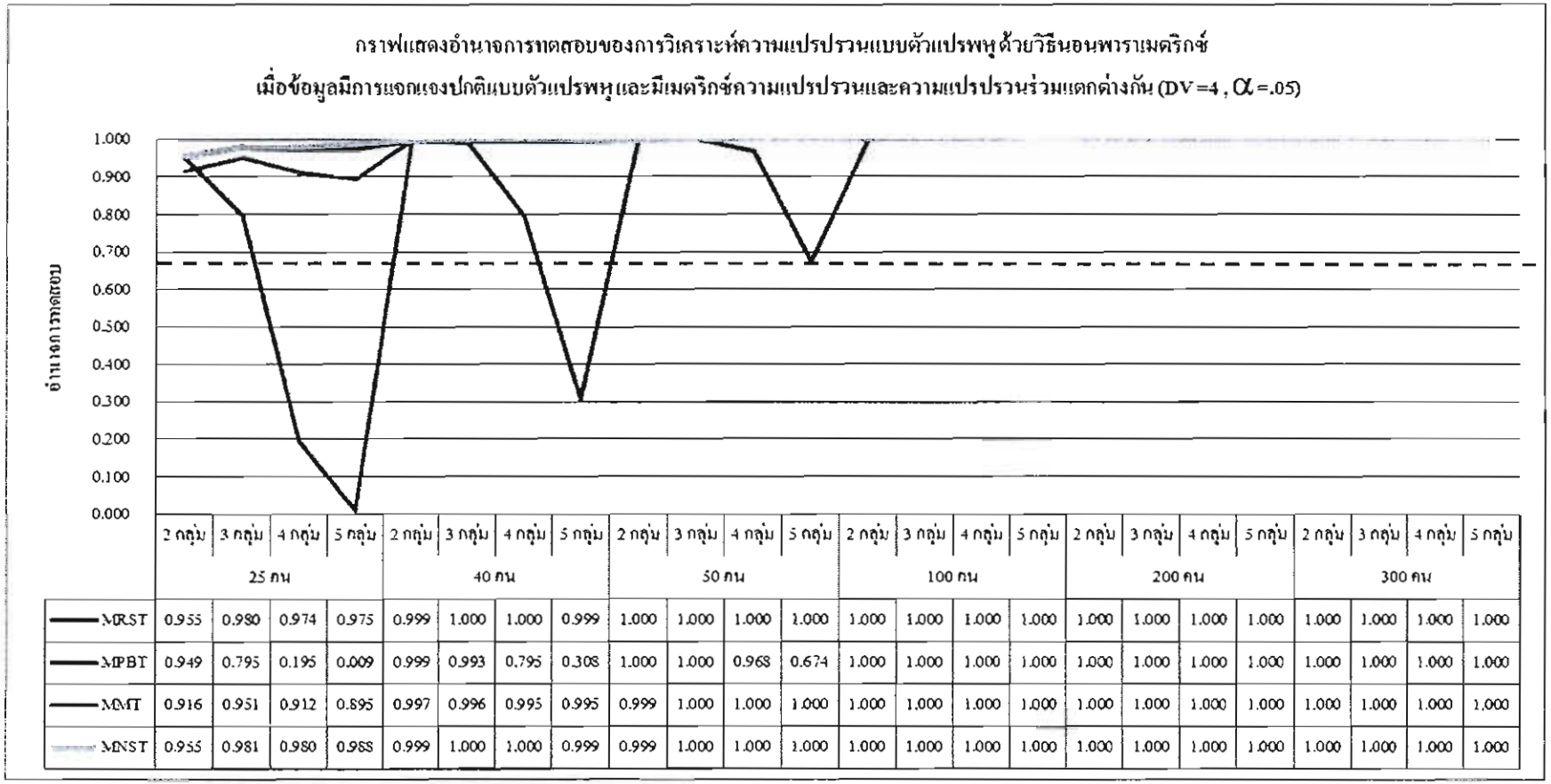
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 4 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

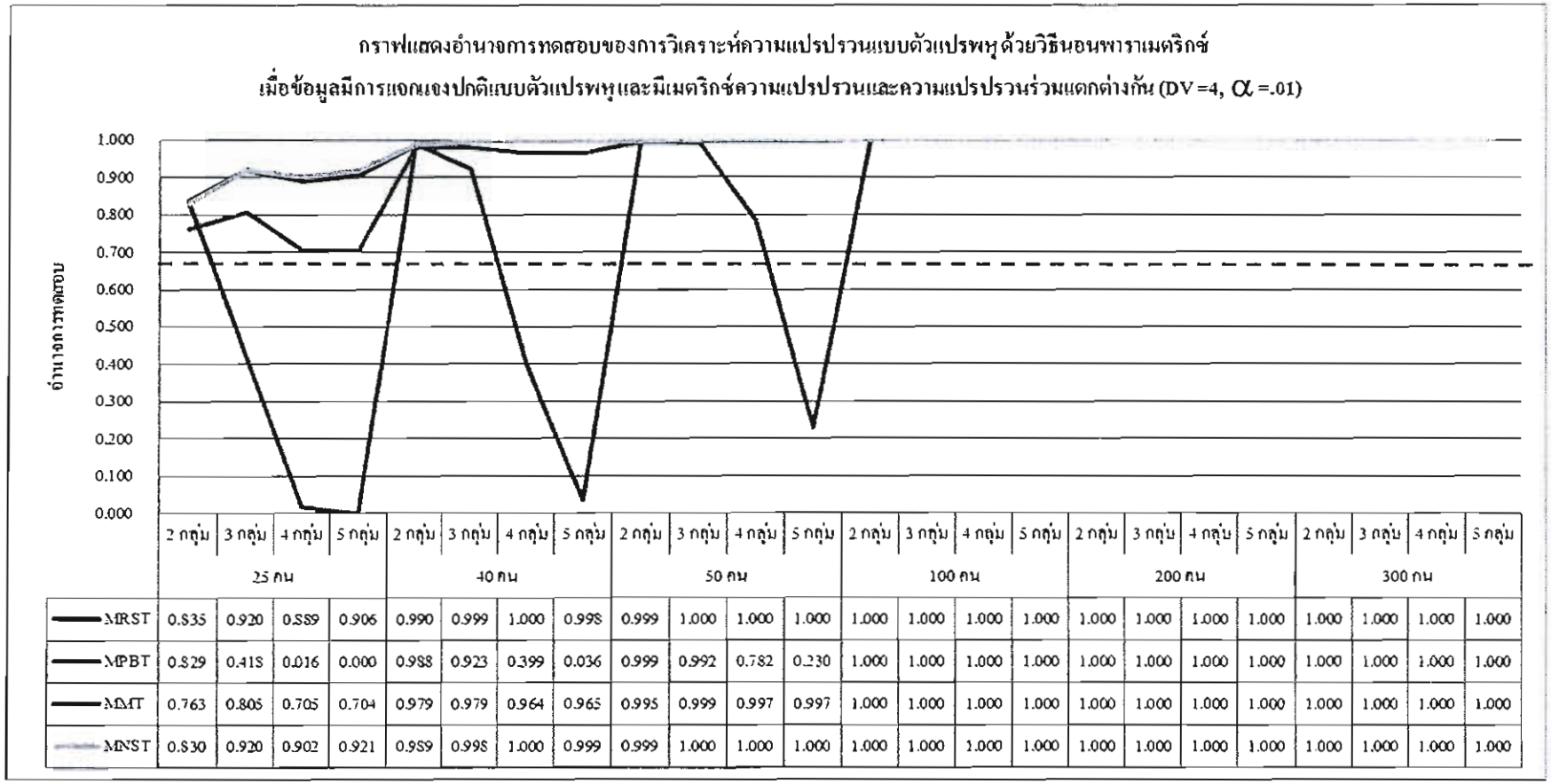
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 4 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ดังภาพที่ 11 และ 12



ภาพที่ 11 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.835	0.920	0.889	0.906	0.990	0.999	1.000	0.998	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.829	0.418	0.016	0.000	0.988	0.923	0.399	0.036	0.999	0.992	0.782	0.230	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.763	0.808	0.705	0.704	0.979	0.979	0.964	0.965	0.995	0.999	0.997	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.830	0.920	0.902	0.921	0.989	0.998	1.000	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 12 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)

ตารางที่ 12 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.947	.945	.884	.939	.824	.817	.697	.817
	3	.980	.751	.946	.982	.915	.329	.811	.912
	4	.976	.103	.891	.984	.885	.006	.717	.905
	5	.978	.004	.912	.987	.898	.000	.728	.924
40	**2**	.998	.998	.978	.998	.991	.989	.921	.990
	3	1.000	.981	.995	1.000	.994	.918	.982	.995
	4	1.000	.730	.995	1.000	.997	.290	.955	.998
	5	1.000	.165	.997	1.000	1.000	.008	.964	1.000
50	**2**	1.000	1.000	.995	1.000	.996	.995	.972	.994
	3	1.000	.999	.999	1.000	1.000	.988	.997	1.000
	4	1.000	.942	1.000	1.000	1.000	.716	.996	1.000
	5	1.000	.499	1.000	1.000	1.000	.129	.997	1.000
100	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 12 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีมีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .004-1.00 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีมีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.00

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม

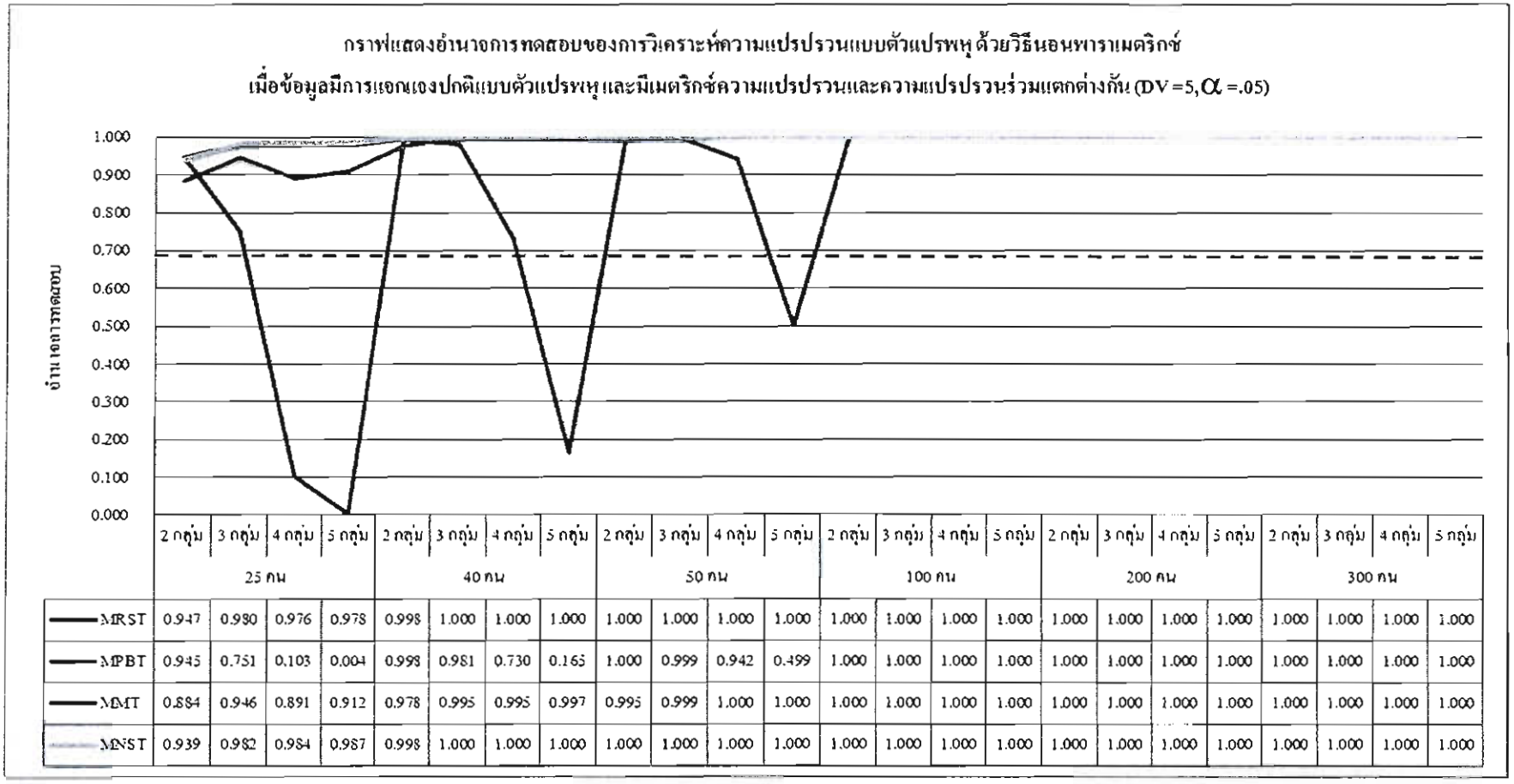
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 4 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

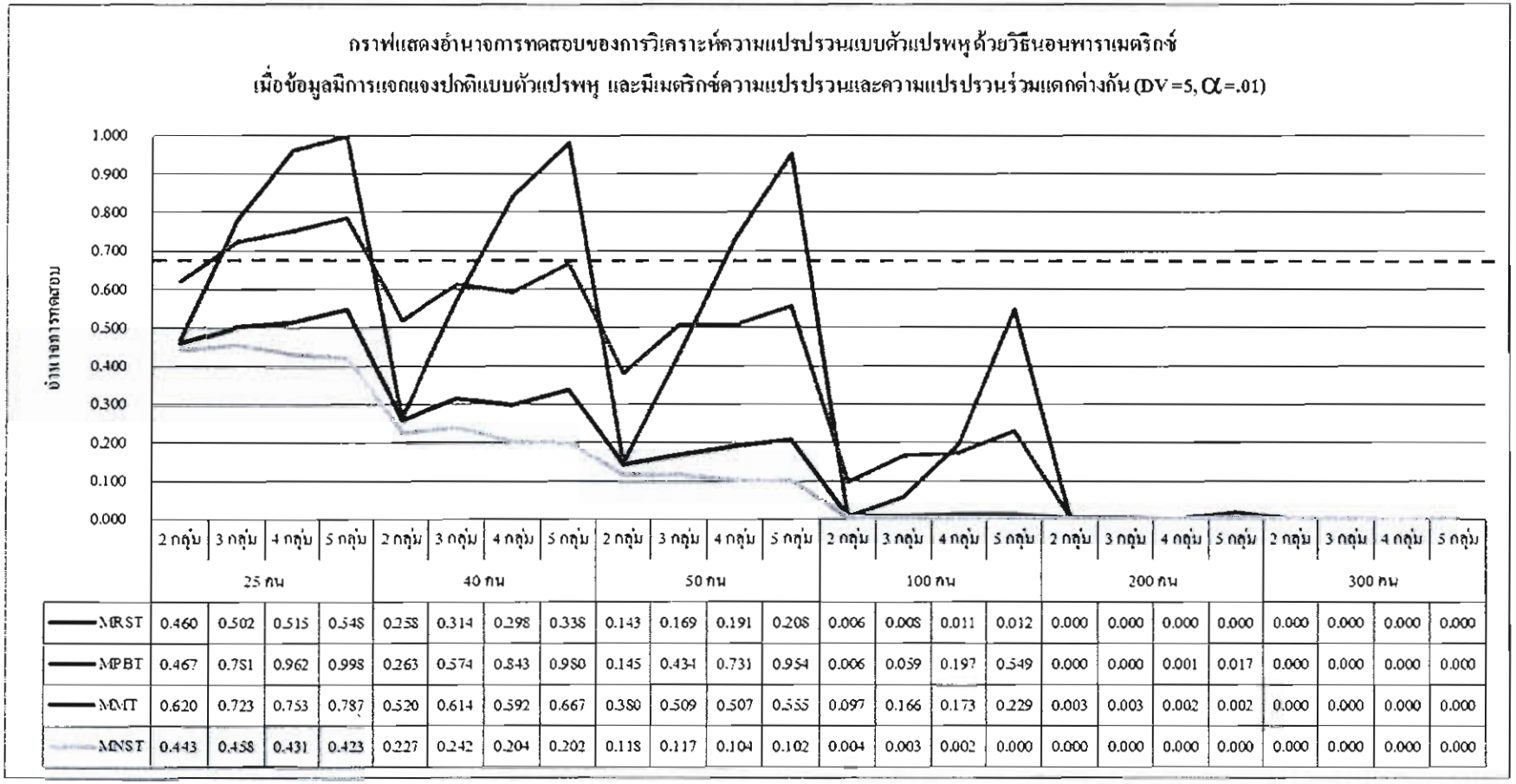
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ดังภาพที่ 13 และ 14



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.947	0.980	0.976	0.978	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.945	0.751	0.103	0.004	0.998	0.981	0.730	0.165	1.000	0.999	0.942	0.499	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.884	0.946	0.891	0.912	0.978	0.995	0.995	0.997	0.995	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.939	0.982	0.984	0.987	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่13 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.460	0.502	0.515	0.548	0.258	0.314	0.298	0.338	0.143	0.169	0.191	0.208	0.006	0.008	0.011	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MPBT	0.467	0.781	0.962	0.998	0.263	0.574	0.843	0.980	0.145	0.434	0.731	0.954	0.006	0.059	0.197	0.549	0.000	0.000	0.001	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
MNT	0.620	0.723	0.753	0.787	0.520	0.614	0.592	0.667	0.380	0.509	0.507	0.555	0.097	0.166	0.173	0.229	0.003	0.003	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
MNST	0.443	0.458	0.431	0.423	0.227	0.242	0.204	0.202	0.118	0.117	0.104	0.102	0.004	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ภาพที่ 14 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)

ตารางที่ 13 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.540	.533	.380	.557	.283	.269	.178	.282
	3	.498	.219	.277	.542	.272	.059	.100	.296
	4	.485	.038	.247	.569	.258	.003	.087	.342
	5	.452	.002	.213	.577	.247	.000	.068	.347
40	**2**	.742	.737	.480	.773	.522	.516	.283	.528
	3	.686	.426	.386	.758	.485	.165	.188	.541
	4	.702	.157	.408	.796	.485	.032	.180	.612
	5	.662	.020	.333	.798	.428	.002	.137	.605
50	**2**	.857	.855	.620	.882	.660	.656	.358	.680
	3	.831	.566	.491	.883	.636	.284	.273	.713
	4	.809	.269	.493	.896	.635	.070	.254	.758
	5	.792	.046	.445	.898	.586	.003	.226	.757
100	**2**	.994	.994	.903	.996	.968	.968	.738	.980
	3	.992	.941	.834	.997	.958	.797	.618	.986
	4	.989	.803	.827	.998	.969	.511	.644	.992
	5	.988	.451	.771	1.000	.951	.148	.556	.997
200	**2**	1.000	1.000	.997	1.000	1.000	1.000	.986	1.000
	3	1.000	1.000	.997	1.000	1.000	.999	.971	1.000
	4	1.000	.999	.998	1.000	1.000	.992	.988	1.000
	5	1.000	.983	.998	1.000	1.000	.918	.974	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000	1.000

จากตารางที่ 13 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2 ตัวแปร มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

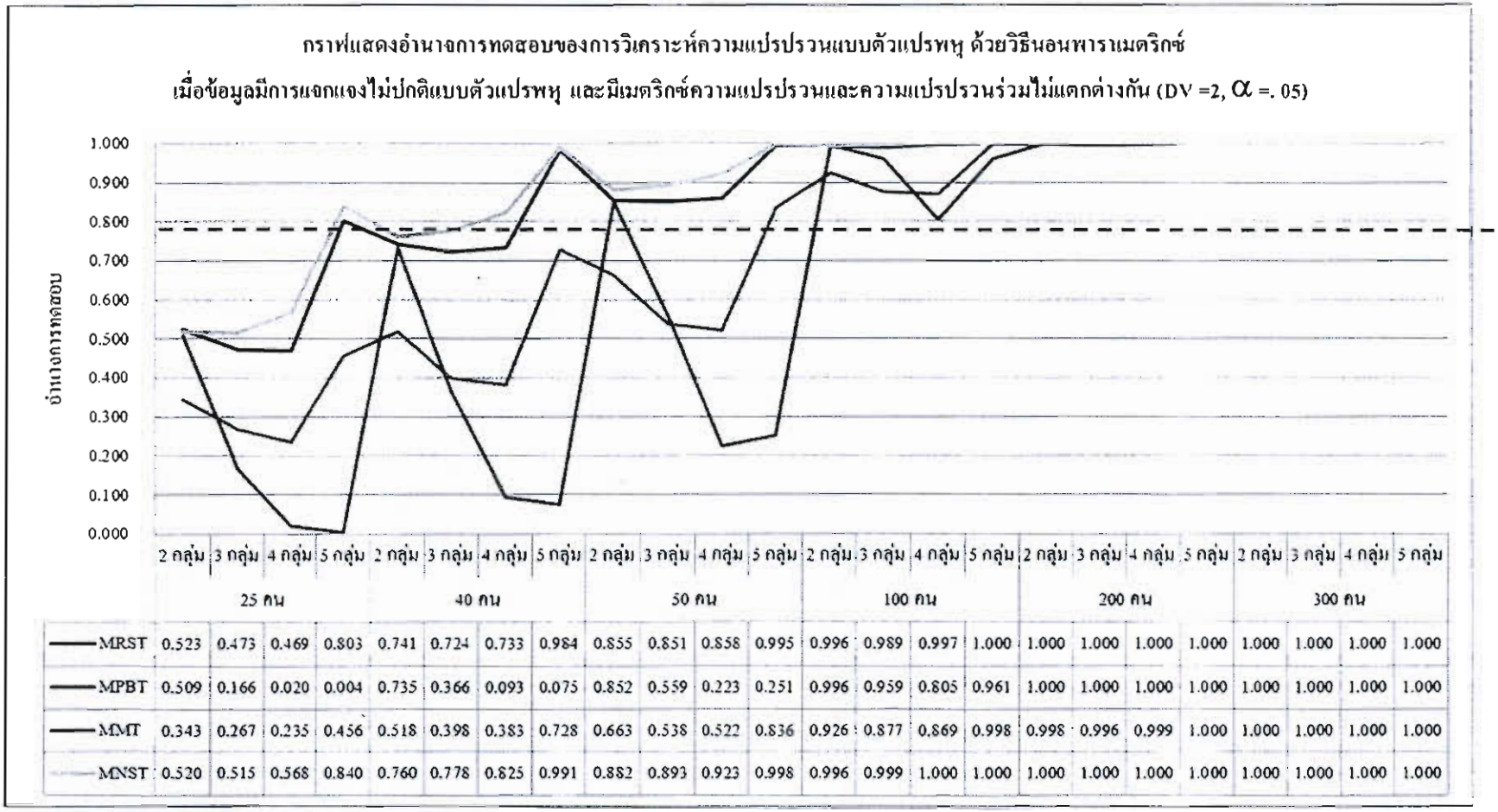
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

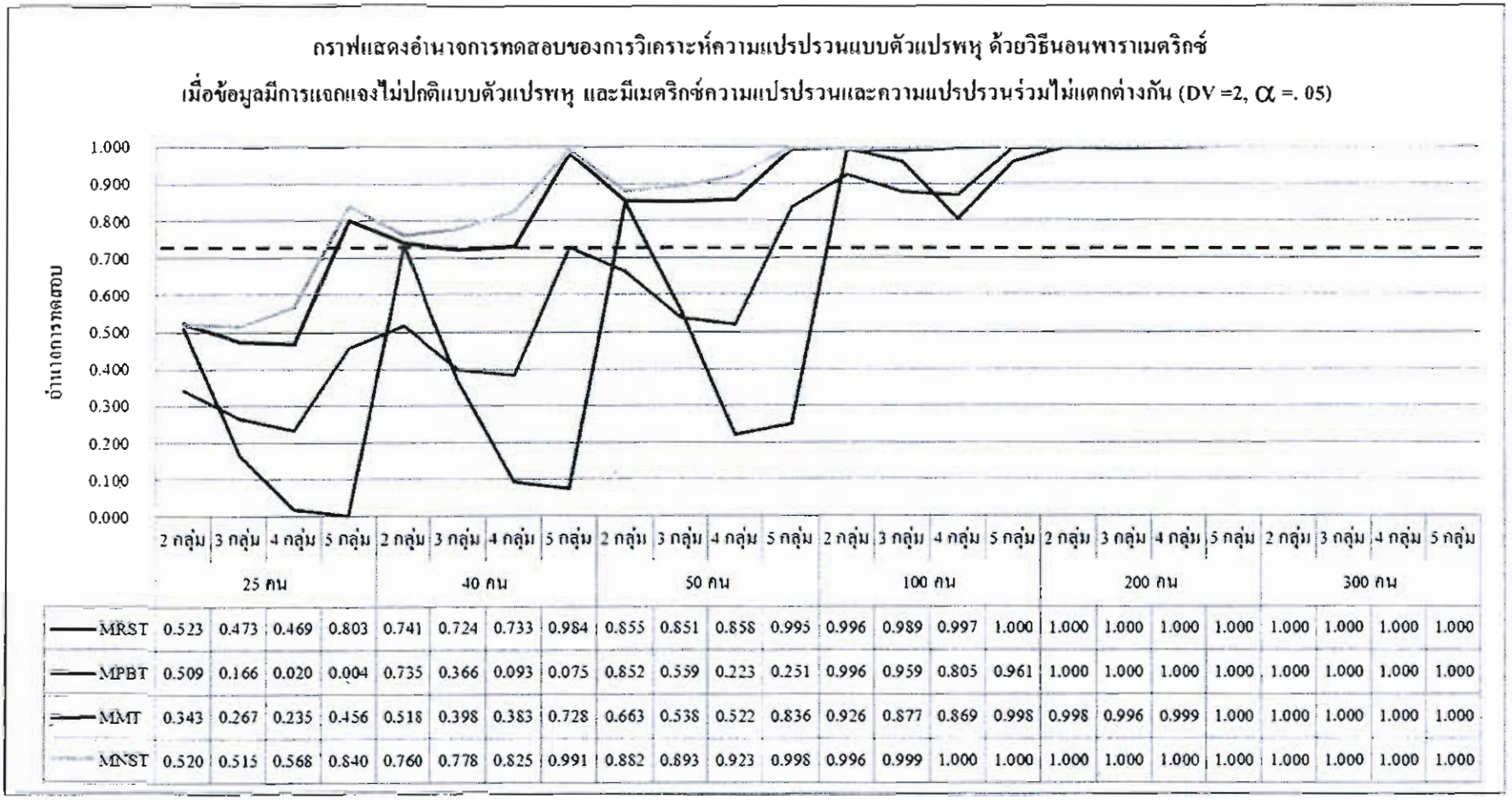
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 2 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MNST จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ดังภาพที่ 15 และ 16



ภาพที่ 15 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.523	0.473	0.469	0.803	0.741	0.724	0.733	0.984	0.855	0.851	0.858	0.995	0.996	0.989	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.509	0.166	0.020	0.004	0.735	0.366	0.093	0.075	0.852	0.559	0.223	0.251	0.996	0.959	0.805	0.961	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.343	0.267	0.235	0.456	0.518	0.398	0.383	0.728	0.663	0.538	0.522	0.836	0.926	0.877	0.869	0.998	0.998	0.996	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.520	0.515	0.568	0.840	0.760	0.778	0.825	0.991	0.882	0.893	0.923	0.998	0.996	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 16 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)

ตารางที่ 14 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.523	.509	.343	.520	.262	.246	.149	.240
	3	.473	.166	.267	.515	.258	.029	.097	.278
	4	.469	.020	.235	.568	.250	.003	.078	.317
	5	.803	.004	.456	.840	.576	.000	.234	.644
40	**2**	.741	.735	.518	.760	.491	.481	.269	.501
	3	.724	.366	.398	.778	.501	.128	.163	.549
	4	.733	.093	.383	.825	.498	.015	.167	.619
	5	.984	.075	.728	.991	.895	.007	.472	.941
50	**2**	.855	.852	.663	.882	.675	.671	.384	.688
	3	.851	.559	.538	.893	.682	.248	.270	.734
	4	.858	.223	.522	.923	.695	.047	.277	.805
	5	.995	.251	.836	.998	.967	.056	.626	.982
100	**2**	.996	.996	.926	.996	.982	.982	.800	.989
	3	.989	.959	.877	.999	.976	.837	.683	.986
	4	.997	.805	.869	1.000	.986	.491	.680	.998
	5	1.000	.961	.998	1.000	1.000	.802	.979	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.998	1.000	1.000	1.000	.994	1.000
	3	1.000	1.000	.996	1.000	1.000	1.000	.980	1.000
	4	1.000	1.000	.999	1.000	1.000	.990	.983	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 14 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .004-1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

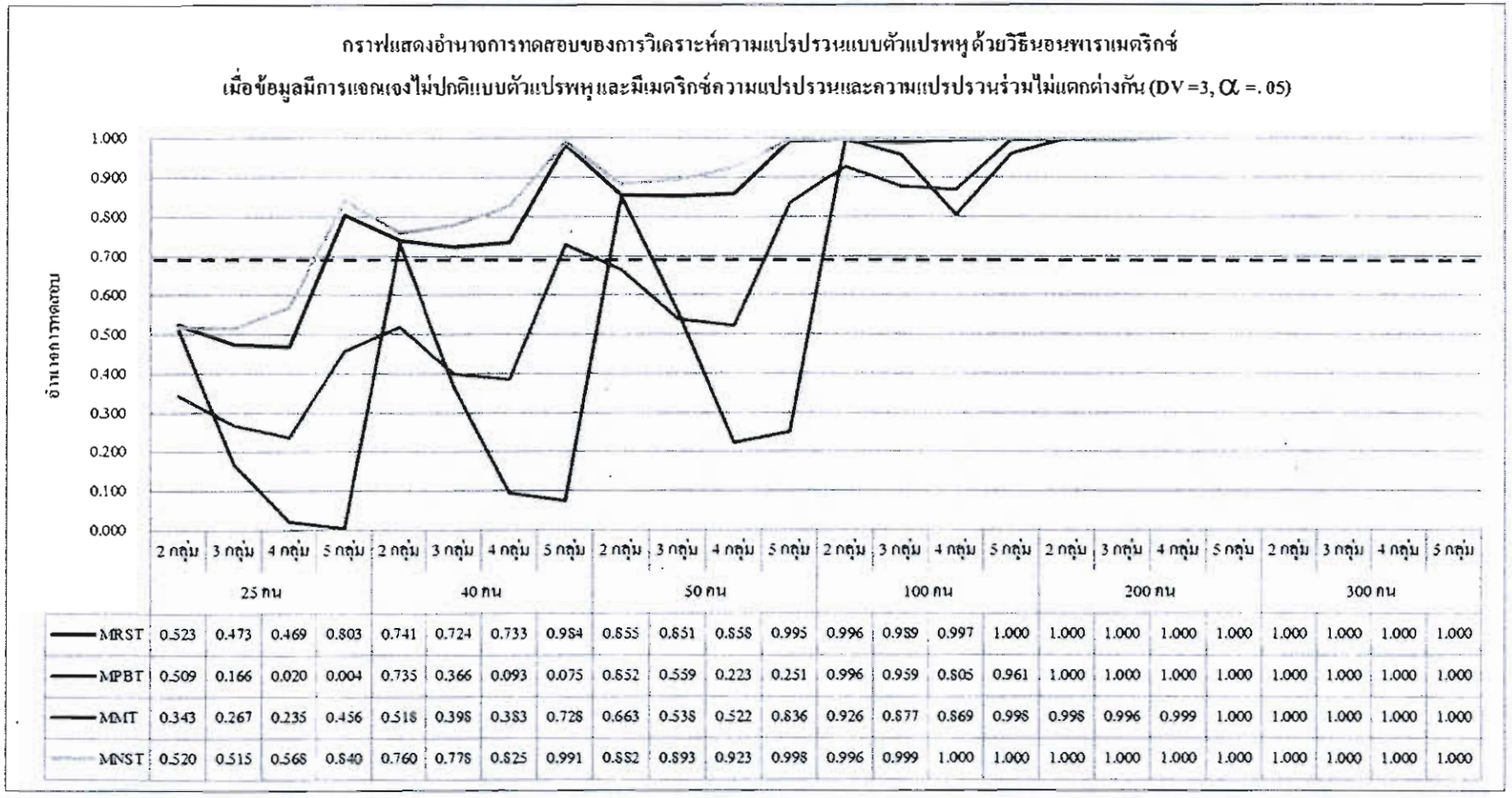
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 5 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 5 กลุ่ม

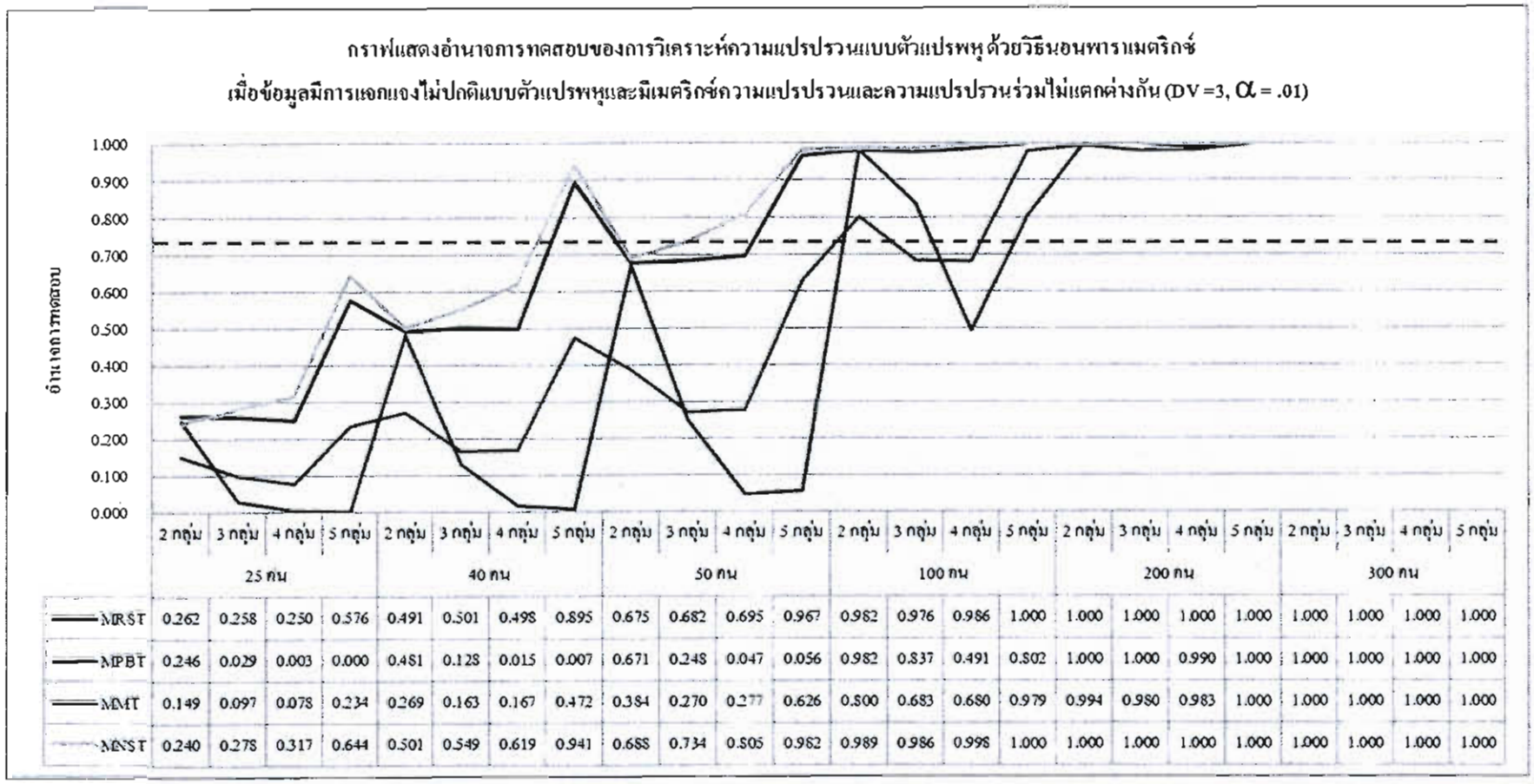
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และที่ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ ที่ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ดังภาพที่ 17 และ 18



ภาพที่ 17 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.262	0.258	0.250	0.576	0.491	0.501	0.498	0.895	0.675	0.682	0.695	0.967	0.982	0.976	0.986	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.246	0.029	0.003	0.000	0.481	0.128	0.015	0.007	0.671	0.248	0.047	0.056	0.982	0.837	0.491	0.502	1.000	1.000	0.990	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.149	0.097	0.078	0.234	0.269	0.163	0.167	0.472	0.384	0.270	0.277	0.626	0.500	0.683	0.680	0.979	0.994	0.980	0.983	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.240	0.278	0.317	0.644	0.501	0.549	0.619	0.941	0.688	0.734	0.805	0.982	0.989	0.986	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 18 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)

ตารางที่ 15 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.463	.444	.307	.465	.199	.190	.120	.203
	3	.440	.101	.250	.472	.212	.018	.083	.227
	4	.433	.006	.214	.495	.189	.000	.065	.253
	5	.967	.018	.763	.971	.886	.000	.519	.896
40	**2**	.711	.701	.465	.734	.426	.414	.214	.441
	3	.662	.270	.386	.722	.420	.077	.161	.482
	4	.675	.038	.388	.762	.456	.003	.160	.563
	5	1.000	.352	.969	1.000	.998	.068	.903	.999
50	**2**	.809	.802	.557	.835	.583	.576	.333	.587
	3	.797	.420	.475	.846	.591	.172	.233	.647
	4	.803	.102	.460	.886	.588	.010	.218	.714
	5	1.000	.707	.996	1.000	1.000	.300	.967	1.000
100	**2**	.986	.985	.891	.994	.939	.938	.722	.961
	3	.990	.924	.829	.995	.966	.731	.612	.986
	4	.995	.626	.833	.998	.963	.311	.615	.993
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.996	1.000	1.000	1.000	.983	1.000
	3	1.000	1.000	.997	1.000	1.000	1.000	.977	1.000
	4	1.000	.998	.996	1.000	1.000	.969	.977	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 15 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 4 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีมีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .006-1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ.01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

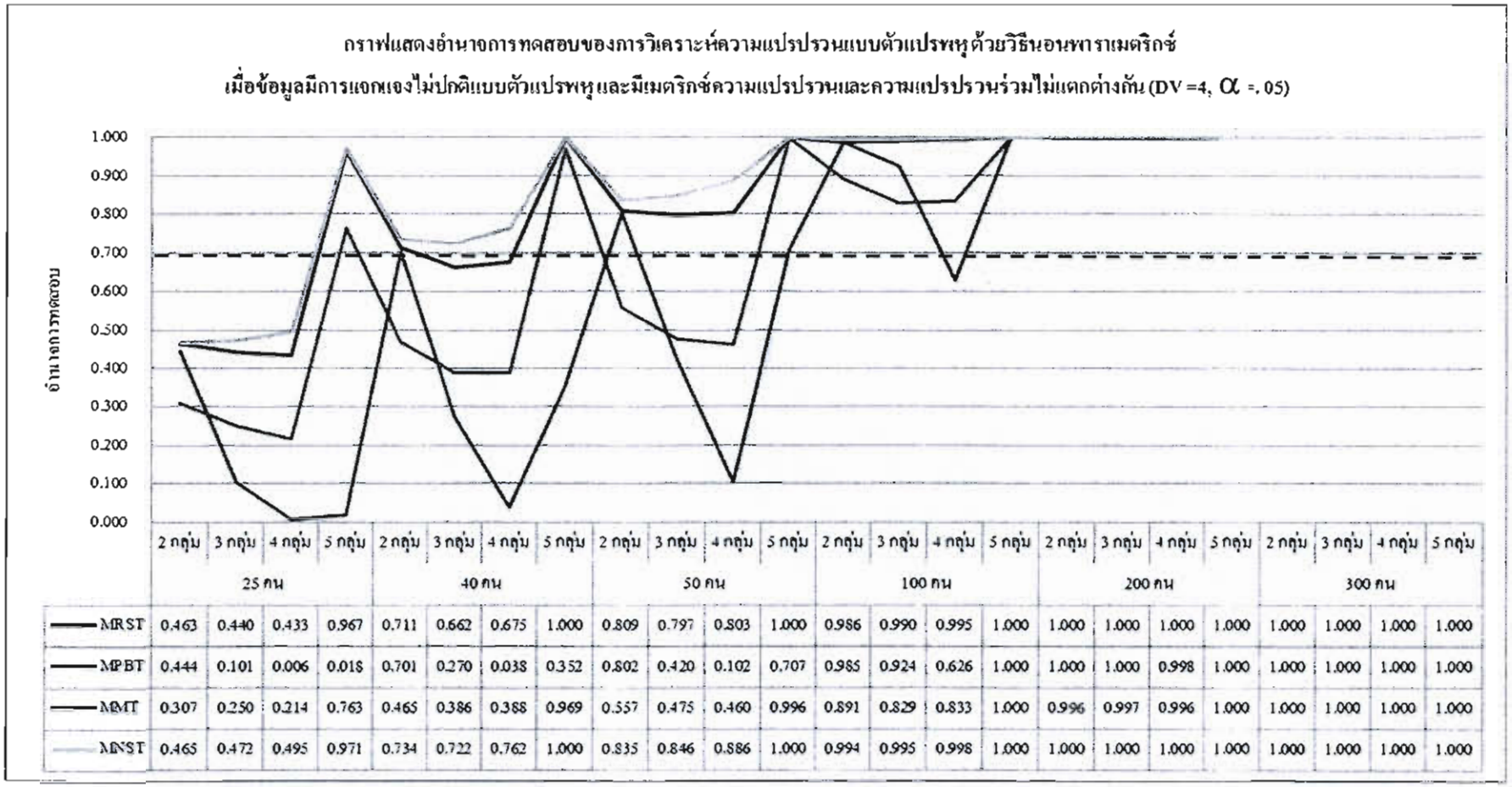
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม และ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม นอกนั้นมีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 5 กลุ่ม และ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ.01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

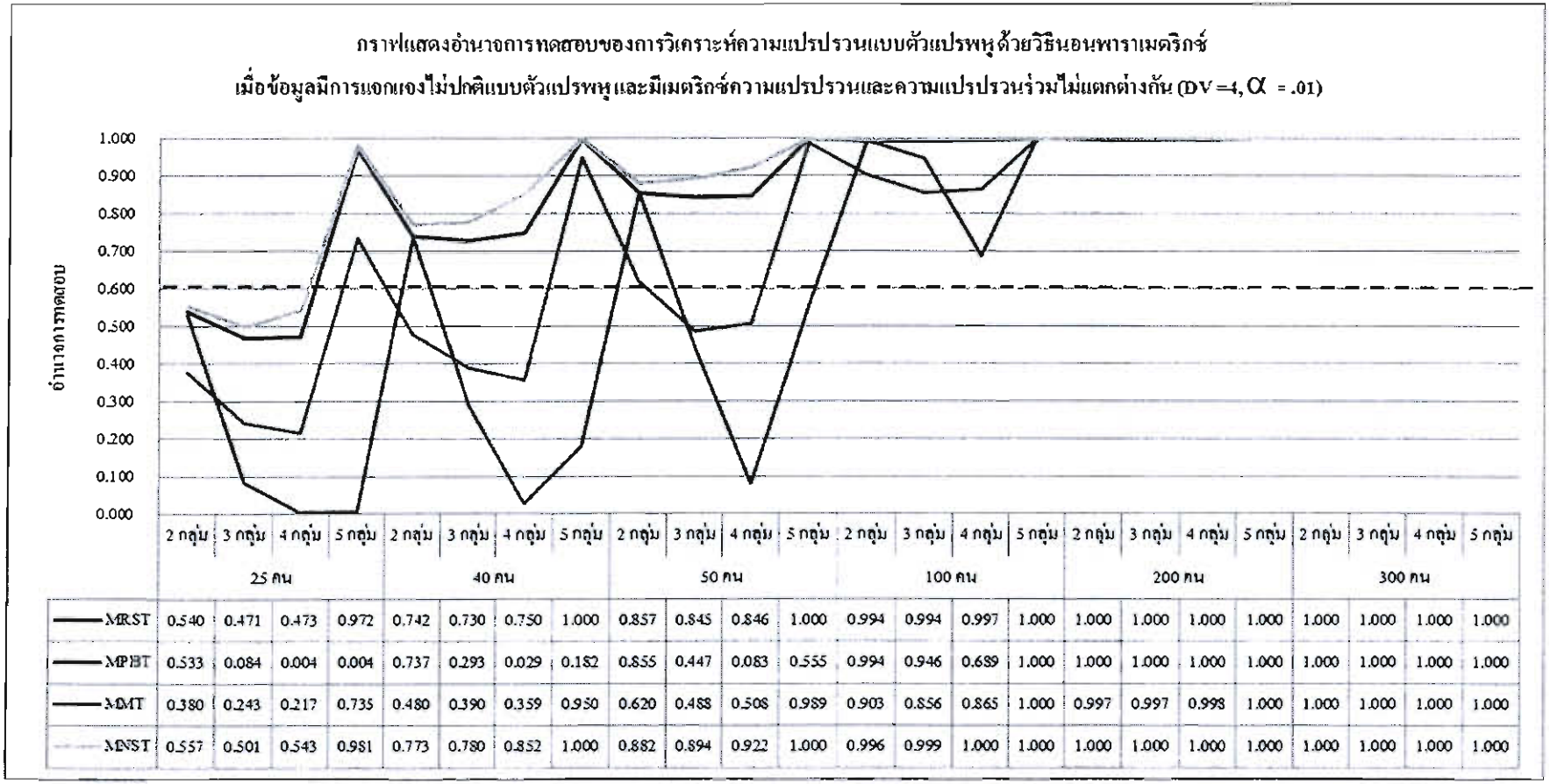
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ.01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 4 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MNST จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ดังภาพที่ 19 และ 20



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.463	0.440	0.433	0.967	0.711	0.662	0.675	1.000	0.809	0.797	0.803	1.000	0.986	0.990	0.995	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.444	0.101	0.006	0.018	0.701	0.270	0.038	0.352	0.802	0.420	0.102	0.707	0.985	0.924	0.626	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.307	0.250	0.214	0.763	0.465	0.386	0.388	0.969	0.557	0.475	0.460	0.996	0.891	0.829	0.833	1.000	0.996	0.997	0.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.465	0.472	0.495	0.971	0.734	0.722	0.762	1.000	0.835	0.846	0.886	1.000	0.994	0.995	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 19 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.540	0.471	0.473	0.972	0.742	0.730	0.750	1.000	0.857	0.845	0.846	1.000	0.994	0.994	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.533	0.084	0.004	0.004	0.737	0.293	0.029	0.182	0.855	0.447	0.083	0.555	0.994	0.946	0.689	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.380	0.243	0.217	0.735	0.480	0.390	0.359	0.950	0.620	0.488	0.508	0.989	0.903	0.856	0.865	1.000	0.997	0.997	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.557	0.501	0.543	0.981	0.773	0.780	0.852	1.000	0.882	0.894	0.922	1.000	0.996	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 20 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)

ตารางที่ 16 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.540	.533	.380	.557	.283	.269	.178	.282
	3	.471	.084	.243	.501	.230	.012	.069	.245
	4	.473	.004	.217	.543	.249	.000	.072	.307
	5	.972	.004	.735	.981	.895	.001	.465	.911
40	**2**	.742	.737	.480	.773	.522	.516	.283	.528
	3	.730	.293	.390	.780	.519	.083	.165	.558
	4	.750	.029	.359	.852	.514	.007	.136	.643
	5	1.000	.182	.950	1.000	.999	.031	.820	1.000
50	**2**	.857	.855	.620	.882	.660	.656	.358	.680
	3	.845	.447	.488	.894	.660	.172	.218	.737
	4	.846	.083	.508	.922	.684	.017	.228	.801
	5	1.000	.555	.989	1.000	1.000	.197	.942	1.000
100	**2**	.994	.994	.903	.996	.968	.968	.738	.980
	3	.994	.946	.856	.999	.979	.830	.675	.990
	4	.997	.689	.865	1.000	.989	.383	.673	.997
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.997	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.997	1.000	1.000	1.000	.986	1.000
	3	1.000	1.000	.997	1.000	1.000	1.000	.986	1.000
	4	1.000	1.000	.998	1.000	1.000	.988	.980	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 16 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 5 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีมีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .004-1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 3 และ 4 กลุ่ม

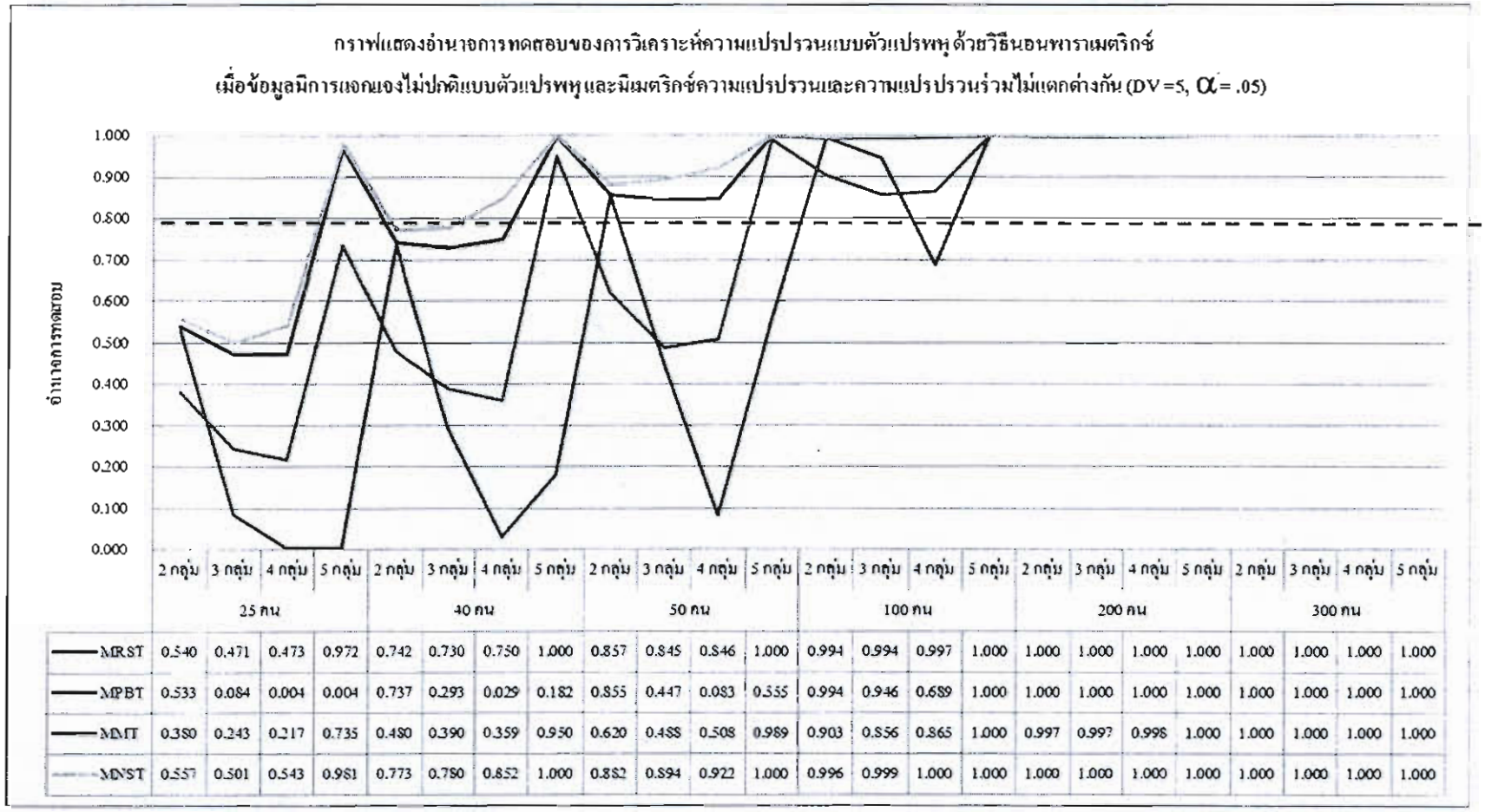
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 5 กลุ่ม และ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ ที่.01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

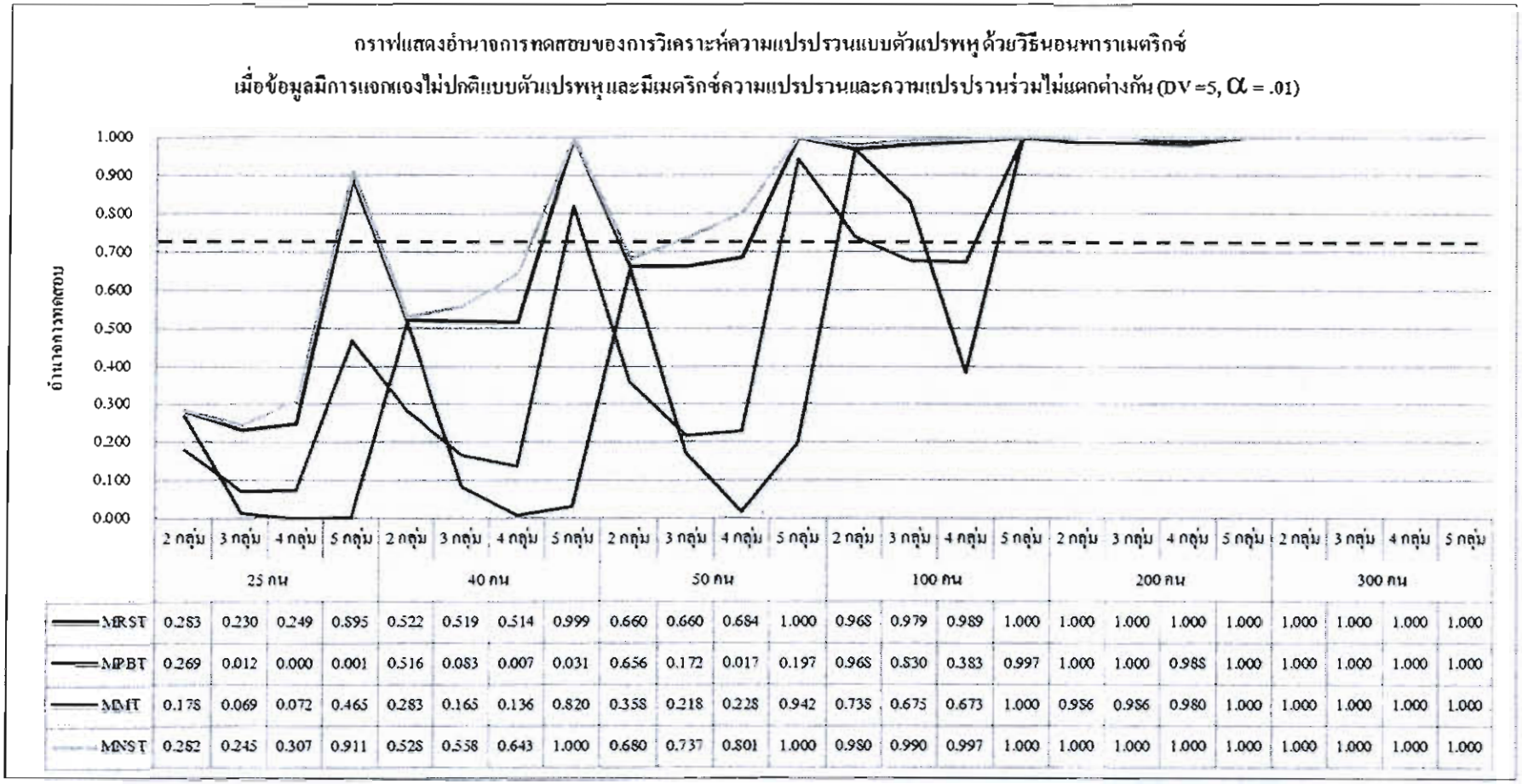
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ ที่ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 5 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ดังภาพที่ 21 และ 22



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.540	0.471	0.473	0.972	0.742	0.730	0.750	1.000	0.857	0.845	0.846	1.000	0.994	0.994	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.533	0.084	0.004	0.004	0.737	0.293	0.029	0.182	0.855	0.447	0.083	0.355	0.994	0.946	0.689	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.380	0.243	0.217	0.735	0.480	0.390	0.359	0.950	0.620	0.488	0.508	0.989	0.903	0.856	0.865	1.000	0.997	0.997	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.557	0.501	0.543	0.981	0.773	0.780	0.852	1.000	0.882	0.894	0.922	1.000	0.996	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 21 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.283	0.230	0.249	0.895	0.522	0.519	0.514	0.999	0.660	0.660	0.684	1.000	0.968	0.979	0.989	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.269	0.012	0.000	0.001	0.516	0.083	0.007	0.031	0.656	0.172	0.017	0.197	0.968	0.830	0.383	0.997	1.000	1.000	0.988	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.178	0.069	0.072	0.465	0.283	0.165	0.136	0.820	0.358	0.218	0.228	0.942	0.738	0.675	0.673	1.000	0.956	0.986	0.980	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.282	0.245	0.307	0.911	0.528	0.558	0.643	1.000	0.680	0.737	0.801	1.000	0.980	0.990	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 22 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)

ตารางที่ 17 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.517	.507	.362	.532	.279	.274	.148	.276
	3	.494	.213	.266	.536	.259	.051	.093	.283
	4	.508	.043	.244	.596	.264	.006	.089	.336
	5	.454	.002	.231	.578	.250	.000	.072	.352
40	**2**	.749	.745	.490	.776	.512	.500	.278	.522
	3	.741	.427	.408	.811	.487	.178	.183	.560
	4	.710	.144	.368	.812	.475	.037	.177	.608
	5	.698	.036	.356	.812	.453	.003	.151	.633
50	**2**	.830	.826	.581	.850	.631	.622	.340	.636
	3	.798	.548	.482	.863	.593	.275	.268	.677
	4	.840	.265	.512	.921	.644	.067	.248	.776
	5	.776	.051	.446	.895	.591	.006	.207	.760
100	**2**	.990	.990	.884	.996	.962	.959	.733	.978
	3	.994	.950	.839	.999	.957	.810	.639	.990
	4	.991	.828	.860	.999	.959	.531	.660	.993
	5	.989	.456	.810	.999	.957	.142	.589	.994
200	**2**	1.000	1.000	.998	1.000	1.000	1.000	.990	1.000
	3	1.000	1.000	.999	1.000	1.000	1.000	.978	1.000
	4	1.000	.998	.999	1.000	1.000	.993	.979	1.000
	5	1.000	.990	.994	1.000	1.000	.902	.969	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000	1.000

จากตารางที่ 17 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .002-1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MPBT, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 3, 4 และ 5 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

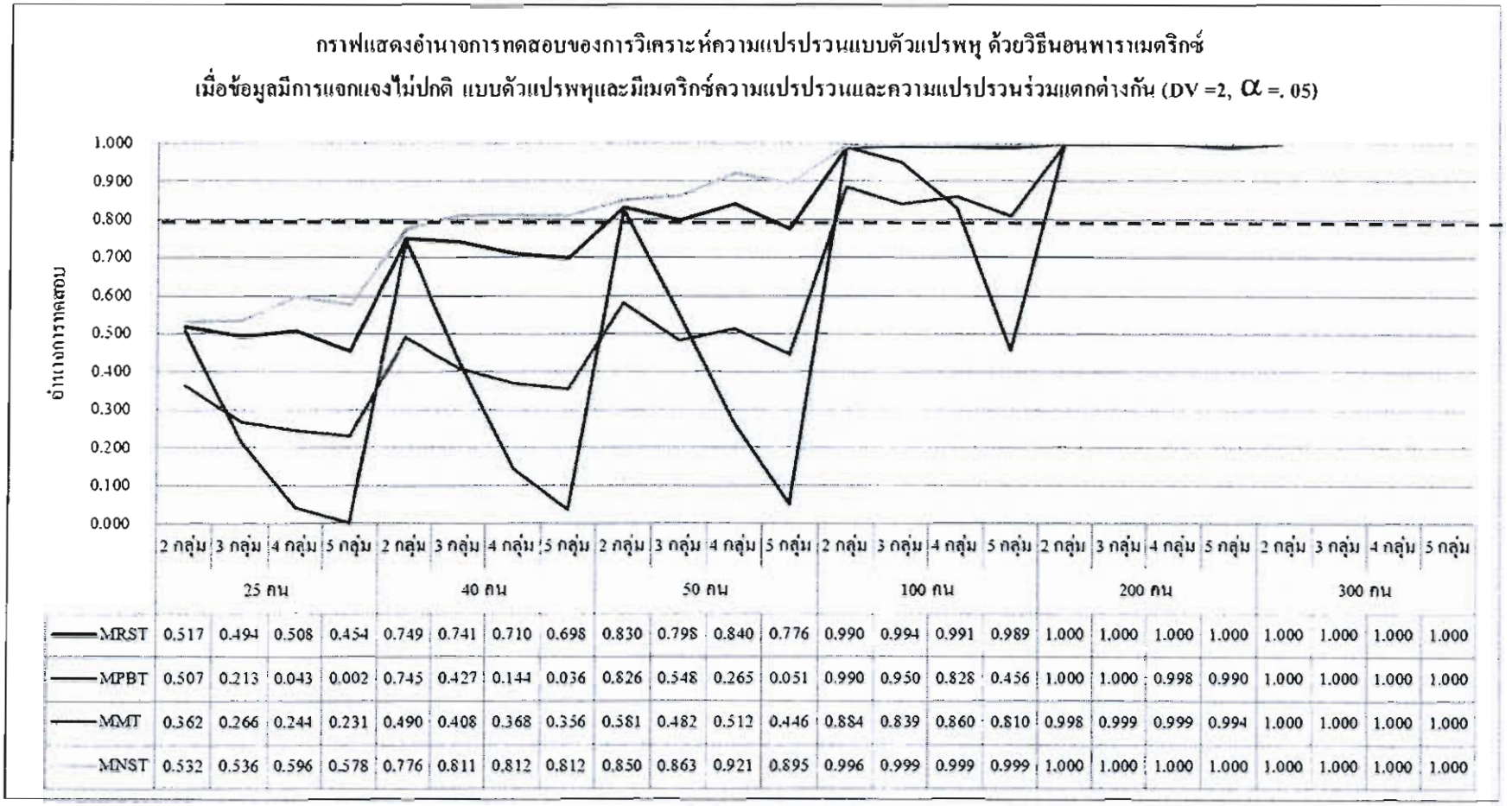
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนด

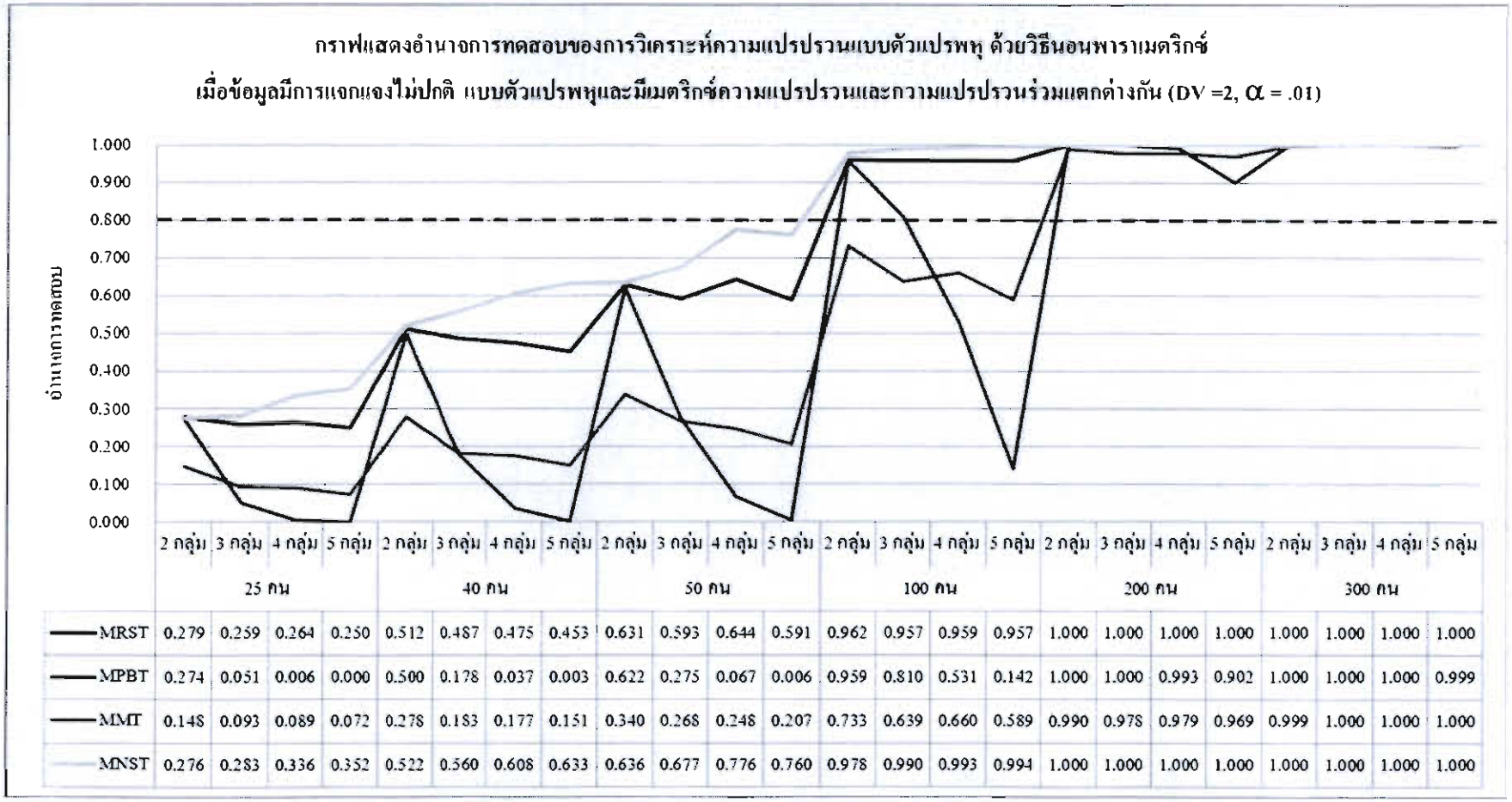
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 2 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MNST จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหน ทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ดังภาพที่ 23 และ 24



ภาพที่ 23 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.279	0.259	0.264	0.250	0.512	0.487	0.475	0.453	0.631	0.593	0.644	0.591	0.962	0.957	0.959	0.957	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.274	0.051	0.006	0.000	0.500	0.178	0.037	0.003	0.622	0.275	0.067	0.006	0.959	0.810	0.531	0.142	1.000	1.000	0.993	0.902	1.000	1.000	1.000	0.999
MMT	0.148	0.093	0.089	0.072	0.278	0.183	0.177	0.151	0.340	0.268	0.248	0.207	0.733	0.639	0.660	0.589	0.990	0.978	0.979	0.969	0.999	1.000	1.000	1.000
MNST	0.276	0.283	0.336	0.352	0.522	0.560	0.608	0.633	0.636	0.677	0.776	0.760	0.978	0.990	0.993	0.994	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 24 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)

ตารางที่ 18 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.501	.486	.329	.500	.251	.241	.151	.247
	3	.522	.175	.265	.563	.269	.038	.105	.296
	4	.498	.016	.251	.568	.250	.001	.083	.318
	5	.809	.009	.473	.841	.594	.000	.235	.653
40	**2**	.741	.738	.510	.761	.502	.491	.268	.504
	3	.735	.376	.428	.783	.514	.167	.206	.568
	4	.753	.102	.408	.839	.533	.018	.177	.656
	5	.972	.100	.724	.983	.888	.011	.488	.937
50	**2**	.845	.838	.628	.858	.641	.633	.358	.653
	3	.856	.545	.531	.898	.667	.252	.254	.722
	4	.845	.192	.472	.923	.660	.039	.245	.795
	5	.988	.260	.857	.997	.962	.057	.649	.978
100	**2**	.995	.995	.924	.995	.974	.973	.791	.984
	3	.997	.963	.870	1.000	.983	.842	.677	.991
	4	.999	.784	.855	1.000	.985	.483	.665	.999
	5	1.000	.966	.996	1.000	1.000	.825	.983	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.999	1.000	1.000	1.000	.994	1.000
	3	1.000	1.000	.999	1.000	1.000	1.000	.981	1.000
	4	1.000	.999	.998	1.000	1.000	.993	.984	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 18 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .009-1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST. MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม

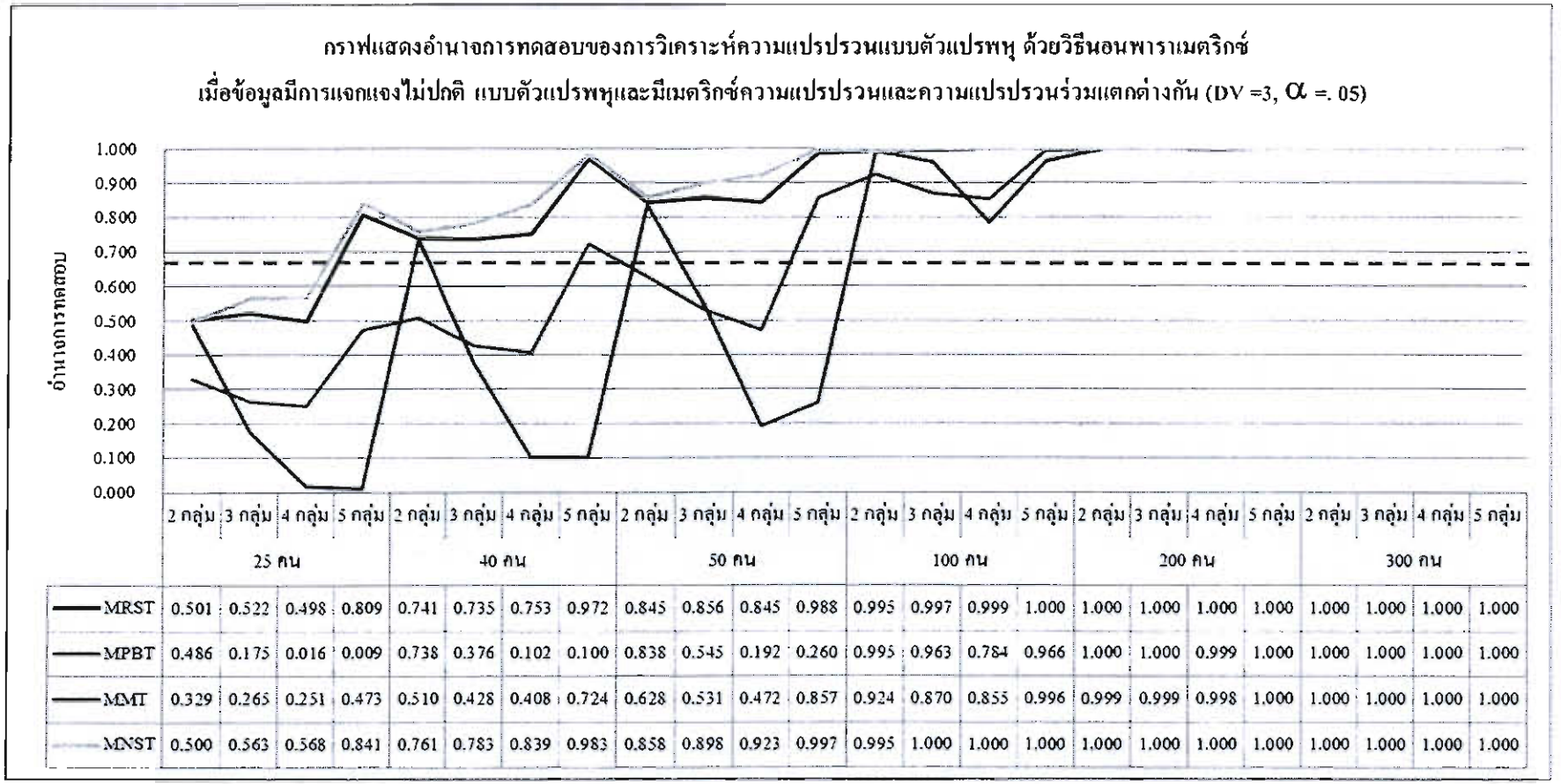
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข และ สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

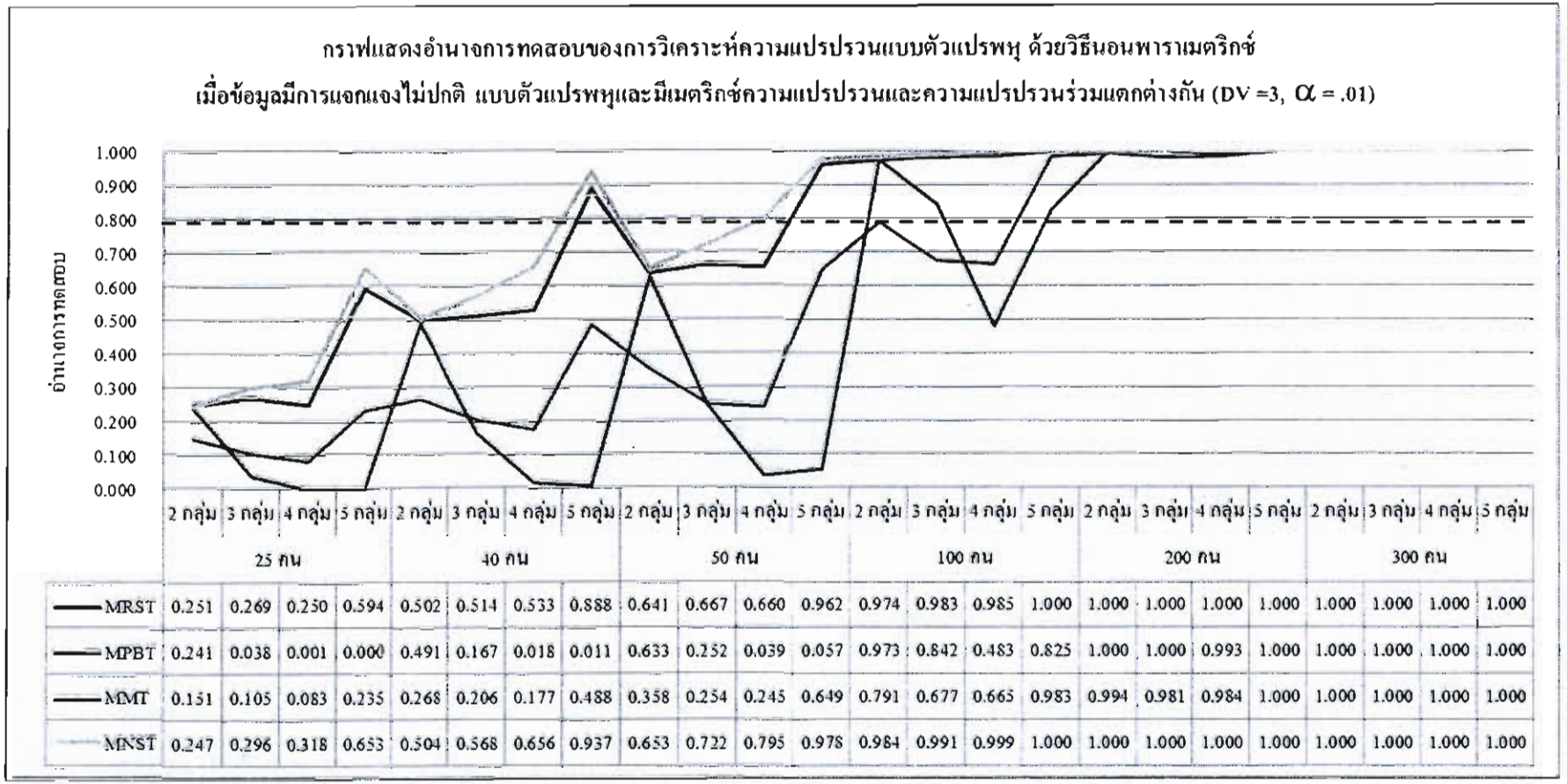
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ดังภาพที่ 25 และ 26



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.501	0.522	0.498	0.809	0.741	0.735	0.753	0.972	0.845	0.856	0.845	0.988	0.995	0.997	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.486	0.175	0.016	0.009	0.738	0.376	0.102	0.100	0.838	0.545	0.192	0.260	0.995	0.963	0.784	0.966	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.329	0.265	0.251	0.473	0.510	0.428	0.408	0.724	0.628	0.531	0.472	0.857	0.924	0.870	0.855	0.996	0.999	0.999	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.500	0.563	0.568	0.841	0.761	0.783	0.839	0.983	0.858	0.898	0.923	0.997	0.995	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 25 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)



ภาพที่ 26 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)

ตารางที่ 19 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.447	.433	.292	.448	.186	.172	.112	.175
	3	.449	.116	.276	.503	.237	.020	.095	.253
	4	.461	.005	.237	.520	.229	.001	.076	.284
	5	.981	.013	.797	.983	.902	.000	.553	.904
40	2	.675	.667	.440	.689	.422	.409	.227	.415
	3	.666	.292	.389	.733	.441	.090	.170	.500
	4	.676	.039	.367	.776	.439	.003	.150	.563
	5	1.000	.366	.972	1.000	1.000	.068	.886	.998
50	2	.814	.811	.561	.829	.569	.558	.326	.592
	3	.808	.439	.481	.868	.611	.180	.265	.669
	4	.775	.084	.433	.858	.569	.010	.210	.690
	5	1.000	.707	.996	1.000	1.000	.282	.969	1.000
100	2	.992	.992	.897	.997	.946	.946	.708	.963
	3	.991	.912	.831	.997	.960	.733	.632	.984
	4	.991	.640	.822	.996	.968	.289	.612	.994
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000	1.000
200	2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.989	1.000
	3	1.000	.999	.993	1.000	1.000	.998	.972	1.000
	4	1.000	.997	.994	1.000	1.000	.977	.982	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 19 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 4 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .005-1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม นอกนั้นมีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม นอกนั้นมีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

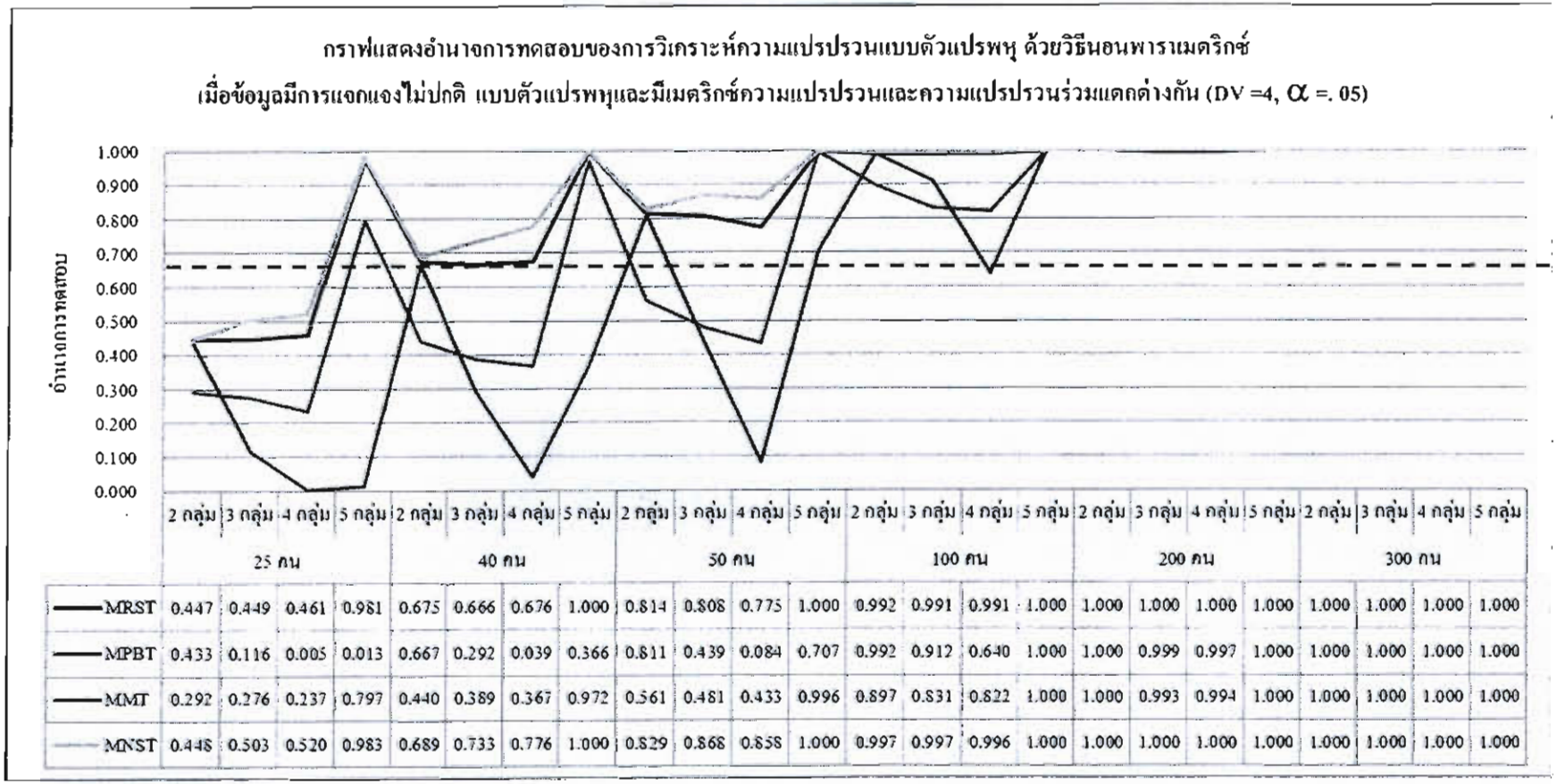
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม และส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม นอกนั้นมีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข และสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 5 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม นอกนั้นมีอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

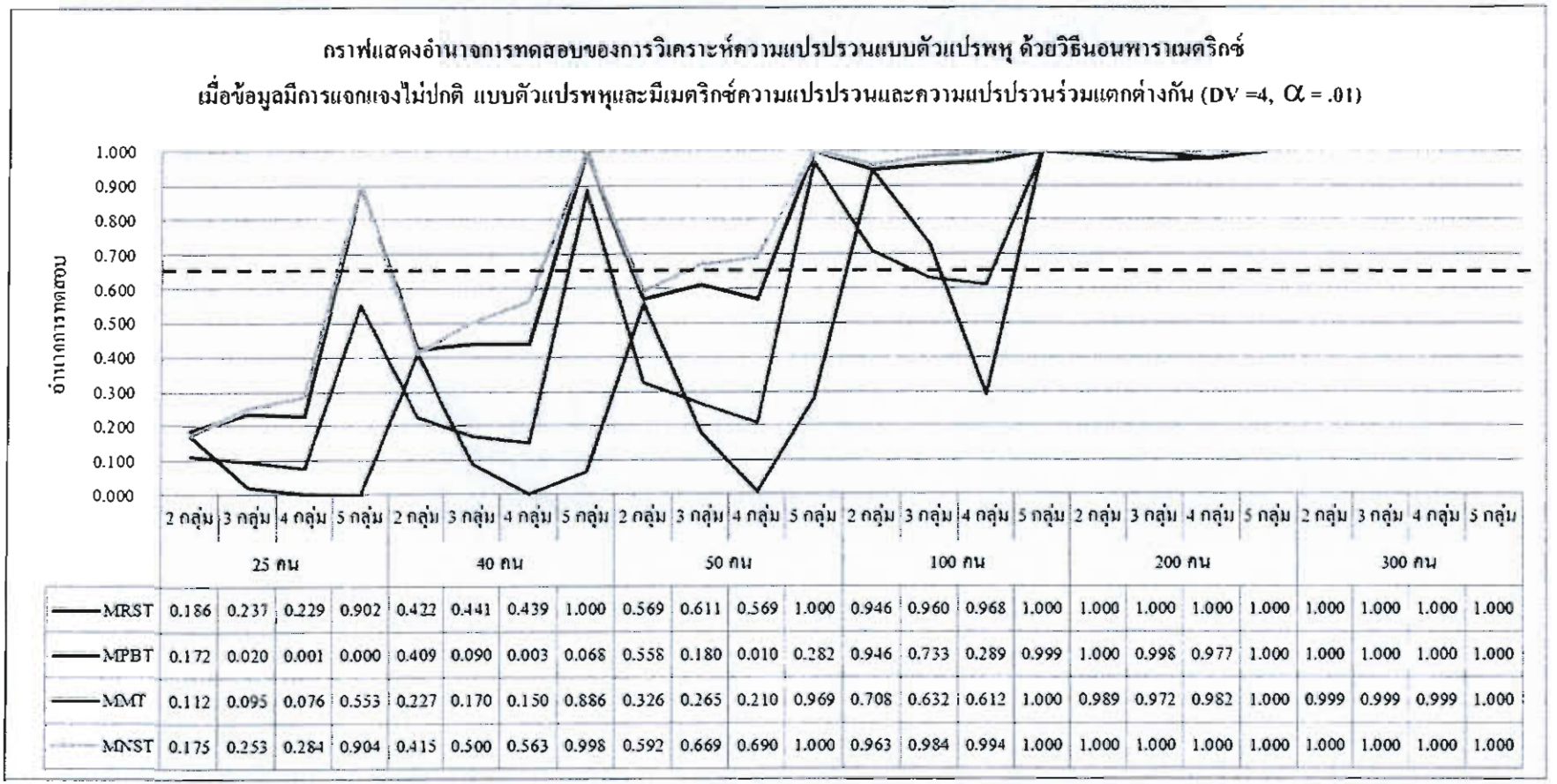
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 4 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MNST จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ดังภาพที่ 27 และ 28



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.447	0.449	0.461	0.981	0.675	0.666	0.676	1.000	0.814	0.808	0.775	1.000	0.992	0.991	0.991	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.433	0.116	0.005	0.013	0.667	0.292	0.039	0.366	0.811	0.439	0.084	0.707	0.992	0.912	0.640	1.000	1.000	0.999	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.292	0.276	0.237	0.797	0.440	0.389	0.367	0.972	0.561	0.481	0.433	0.996	0.897	0.831	0.822	1.000	1.000	0.993	0.994	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MNST	0.448	0.503	0.520	0.983	0.689	0.733	0.776	1.000	0.829	0.868	0.858	1.000	0.997	0.997	0.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 27 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.186	0.237	0.229	0.902	0.422	0.441	0.439	1.000	0.569	0.611	0.569	1.000	0.946	0.960	0.968	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.172	0.020	0.001	0.000	0.409	0.090	0.003	0.068	0.558	0.180	0.010	0.282	0.946	0.733	0.289	0.999	1.000	0.998	0.977	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.112	0.095	0.076	0.553	0.227	0.170	0.150	0.886	0.326	0.265	0.210	0.969	0.708	0.632	0.612	1.000	0.989	0.972	0.982	1.000	0.999	0.999	0.999	1.000
MNST	0.175	0.253	0.284	0.904	0.415	0.500	0.563	0.998	0.592	0.669	0.690	1.000	0.963	0.984	0.994	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 28 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)

ตารางที่ 20 อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.517	.507	.362	.532	.279	.274	.148	.276
	3	.478	.107	.238	.500	.252	.014	.077	.261
	4	.490	.001	.230	.578	.242	.000	.065	.310
	5	.973	.004	.721	.985	.886	.000	.460	.911
40	**2**	.749	.745	.490	.776	.512	.500	.278	.522
	3	.739	.286	.377	.794	.491	.067	.142	.561
	4	.736	.046	.384	.845	.520	.004	.174	.626
	5	1.000	.213	.940	1.000	.997	.027	.821	.999
50	**2**	.830	.826	.581	.850	.631	.622	.340	.636
	3	.845	.454	.470	.891	.657	.182	.224	.723
	4	.862	.089	.475	.931	.692	.018	.237	.809
	5	1.000	.542	.982	1.000	1.000	.183	.929	1.000
100	**2**	.990	.990	.884	.996	.962	.959	.733	.978
	3	.999	.935	.839	1.000	.983	.802	.631	.995
	4	.999	.689	.852	1.000	.989	.370	.675	.997
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.998	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.998	1.000	1.000	1.000	.990	1.000
	3	1.000	1.000	.996	1.000	1.000	1.000	.981	1.000
	4	1.000	.999	1.000	1.000	1.000	.995	.988	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	1.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 20 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 5 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .001-1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม

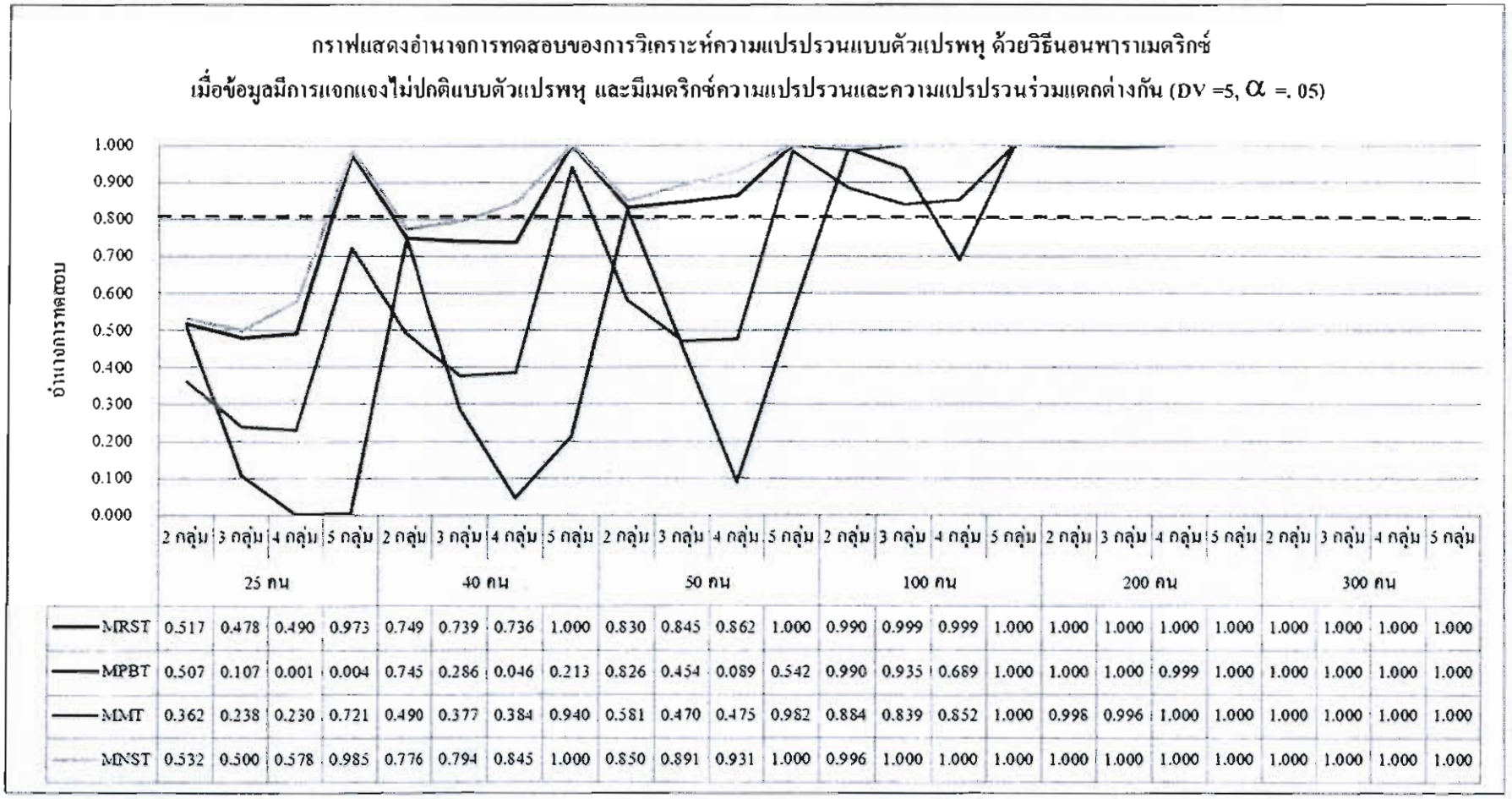
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม นอกนั้นอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข และสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 5 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม นอกนั้นอำนาจการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

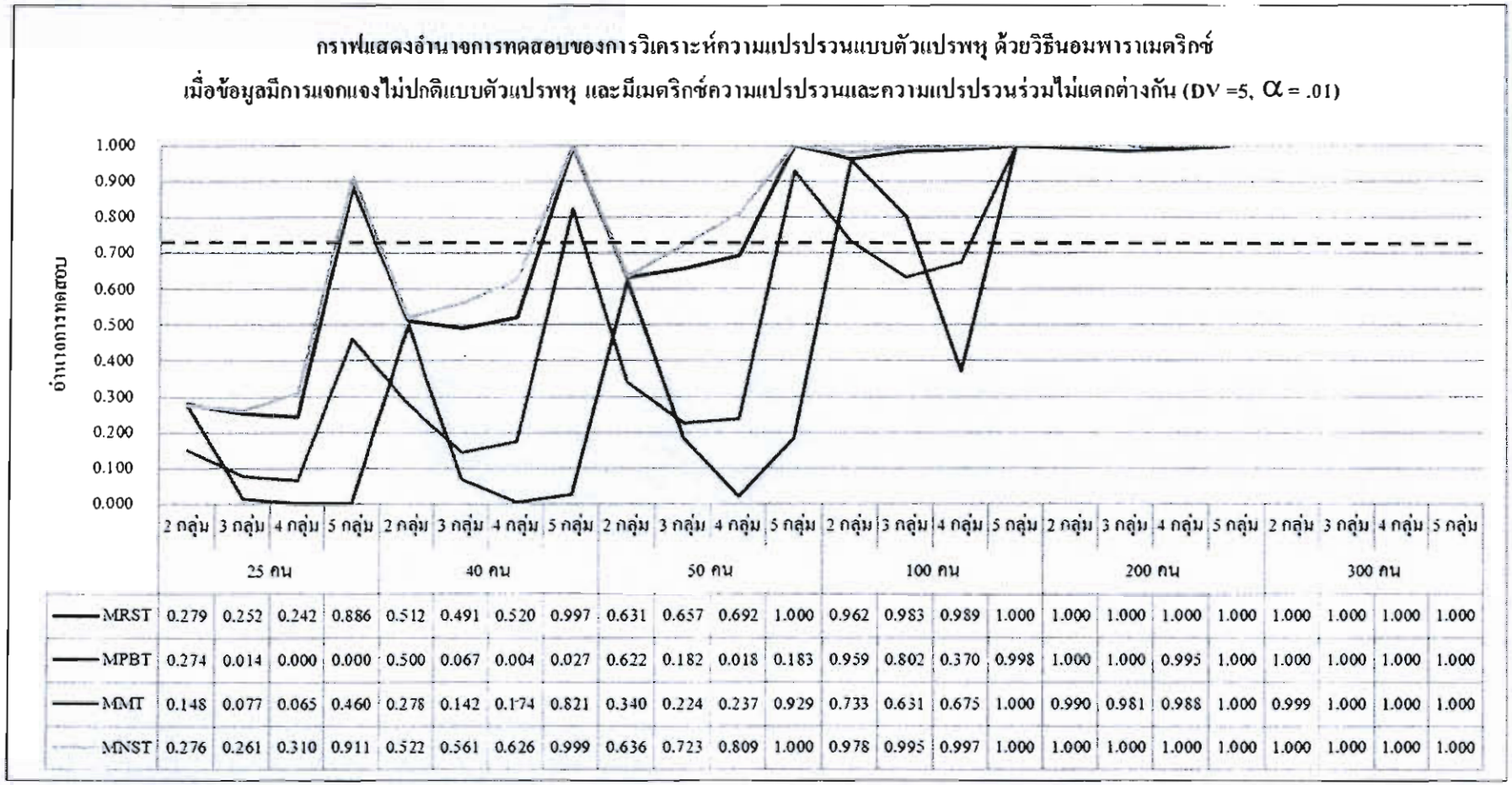
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 5 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ดังภาพที่ 25 และ 26



ภาพที่ 29 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.279	0.252	0.242	0.886	0.512	0.491	0.520	0.997	0.631	0.657	0.692	1.000	0.962	0.983	0.989	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.274	0.014	0.000	0.000	0.500	0.067	0.004	0.027	0.622	0.182	0.018	0.183	0.959	0.802	0.370	0.998	1.000	1.000	0.995	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MMT	0.148	0.077	0.065	0.460	0.278	0.142	0.174	0.821	0.340	0.224	0.237	0.929	0.733	0.631	0.675	1.000	0.990	0.981	0.988	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000
MNST	0.276	0.261	0.310	0.911	0.522	0.561	0.626	0.999	0.636	0.723	0.809	1.000	0.978	0.995	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 30 กราฟแสดงอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)

ตอนที่ 2 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี

การวิเคราะห์ในตอนนี้ ผู้วิจัยนำเสนออัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี ภายใต้สภาพเงื่อนไข ดังนี้

1. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 21-24 และภาพที่ 31-38

2. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 25-28 และภาพที่ 39-46

3. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 29-32 และภาพที่ 47-54

ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดช่วงของอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ที่ยอมรับได้ คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 ช่วงของอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ยอมรับได้ คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013

ตารางที่ 21 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.006	.006	.009	.007	.043	.042	.054	.046
	3	.010	.000	.009	.008	.042	.006	.047	.043
	4	.007	.000	.008	.008	.040	.000	.036	.043
	5	.007	.000	.005	.009	.045	.000	.037	.050
40	2	.010	.009	.006	.006	.042	.040	.039	.041
	3	.005	.000	.005	.002	.037	.002	.039	.032
	4	.007	.000	.011	.011	.044	.000	.043	.037
	5	.005	.000	.009	.005	.038	.000	.028	.037
50	2	.009	.009	.010	.008	.041	.038	.041	.044
	3	.002	.000	.004	.002	.042	.001	.041	.039

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	4	.007	.000	.011	.007	.040	.000	.043	.035
	5	.001	.000	.002	.004	.030	.000	.029	.030
100	2	.009	.009	.003	.006	.032	.032	.033	.032
	3	.007	.000	.010	.008	.036	.005	.036	.038
	4	.002	.000	.003	.004	.032	.000	.023	.031
	5	.001	.000	.003	.000	.020	.000	.028	.021
200	2	.003	.003	.002	.002	.023	.023	.020	.020
	3	.003	.000	.002	.002	.014	.001	.016	.019
	4	.003	.000	.000	.001	.015	.000	.016	.013
	5	.000	.000	.002	.001	.008	.000	.016	.009
300	2	.001	.001	.000	.001	.013	.013	.016	.008
	3	.002	.000	.002	.001	.011	.000	.014	.013
	4	.000	.000	.001	.000	.009	.000	.008	.006
	5	.001	.000	.000	.000	.006	.000	.007	.006

จากตารางที่ 21 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.110 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-.540

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT มีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นในการเกิดความเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีเยี่ยม เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT มีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นในการเกิดความเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีเยี่ยม เมื่อข้อมูลมี 3, 4 กับ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

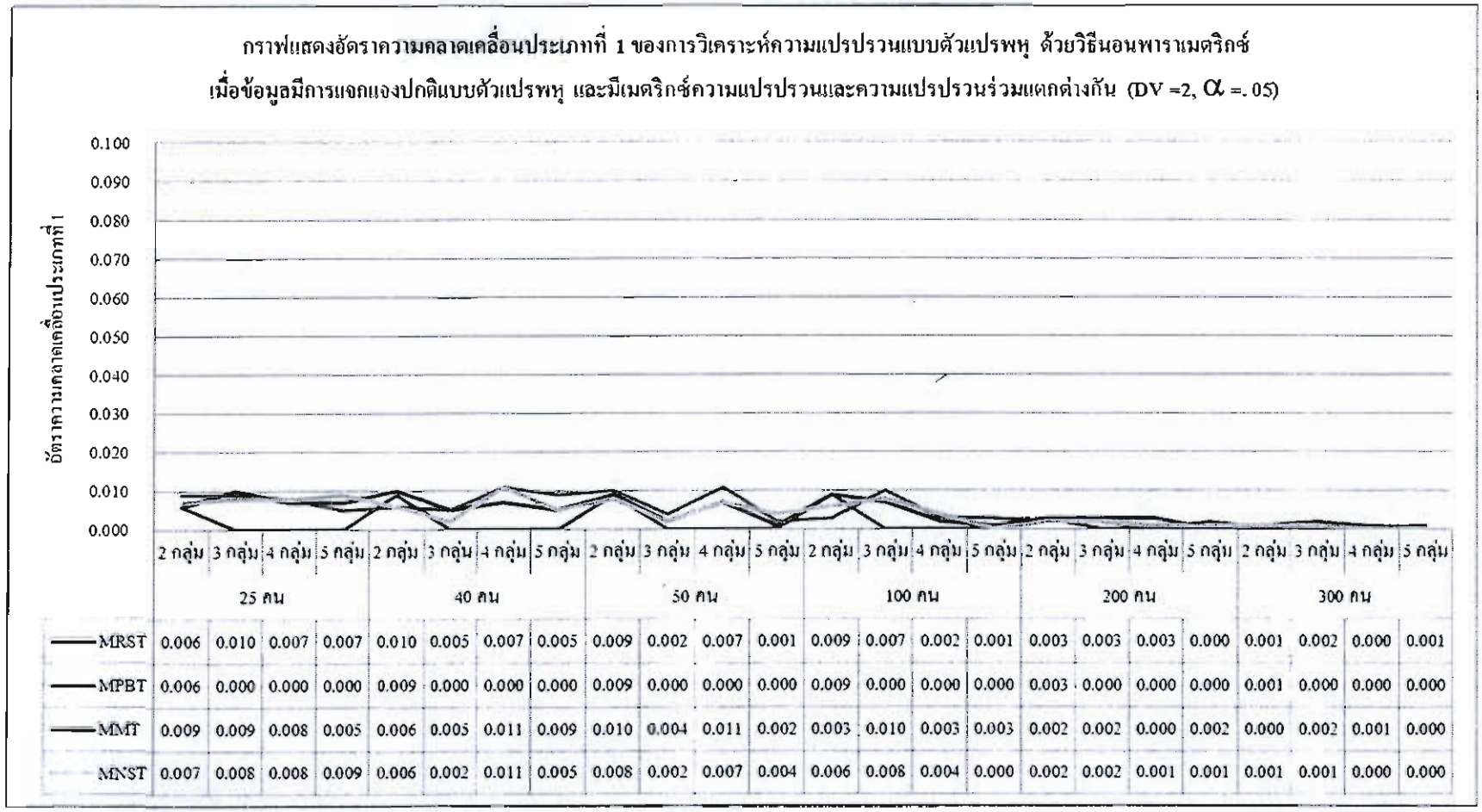
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT มีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นในการเกิดความเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 กับ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

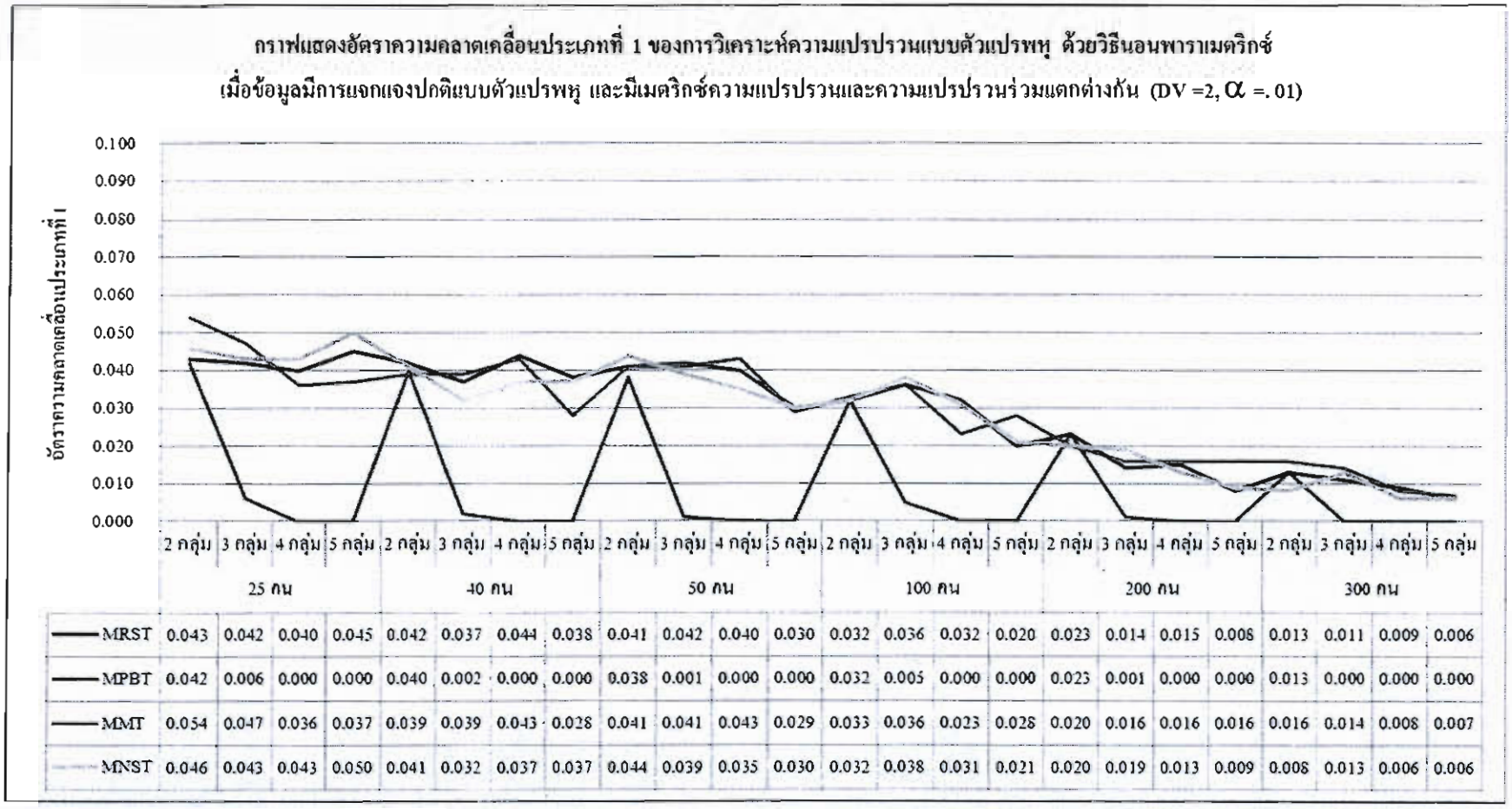
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อน

ประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 และ 3 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 2 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดได้ทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดได้เมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่มของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ดังภาพที่ 31 และ 32



ภาพที่ 31 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)



ภาพที่ 32 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)

ตารางที่ 22 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.008	.008	.007	.007	.049	.046	.041	.044
	3	.008	.000	.005	.008	.050	.001	.046	.043
	4	.005	.000	.006	.004	.038	.000	.049	.035
	5	.011	.000	.008	.008	.047	.000	.039	.040
40	**2**	.005	.005	.005	.004	.039	.039	.035	.041
	3	.007	.000	.006	.008	.039	.004	.039	.047
	4	.006	.000	.002	.005	.037	.000	.035	.043
	5	.009	.000	.006	.006	.039	.000	.044	.036
50	**2**	.005	.005	.009	.003	.048	.046	.048	.048
	3	.006	.000	.005	.007	.034	.003	.033	.040
	4	.004	.000	.003	.006	.031	.000	.037	.032
	5	.011	.000	.007	.009	.042	.000	.034	.045
100	**2**	.005	.005	.003	.006	.030	.030	.035	.039
	3	.002	.001	.008	.003	.027	.002	.035	.022
	4	.002	.000	.004	.001	.025	.000	.032	.022
	5	.007	.000	.007	.006	.026	.000	.034	.024
200	**2**	.002	.002	.004	.002	.019	.019	.024	.012
	3	.001	.000	.001	.001	.019	.001	.018	.016
	4	.002	.000	.001	.003	.013	.000	.010	.012
	5	.002	.000	.002	.001	.015	.000	.014	.017
300	**2**	.000	.000	.000	.000	.008	.008	.011	.011
	3	.000	.000	.001	.000	.005	.000	.007	.008
	4	.001	.000	.001	.001	.003	.000	.002	.003
	5	.000	.000	.000	.000	.005	.000	.004	.007

จากตารางที่ 22 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.011 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-.050

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปดามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

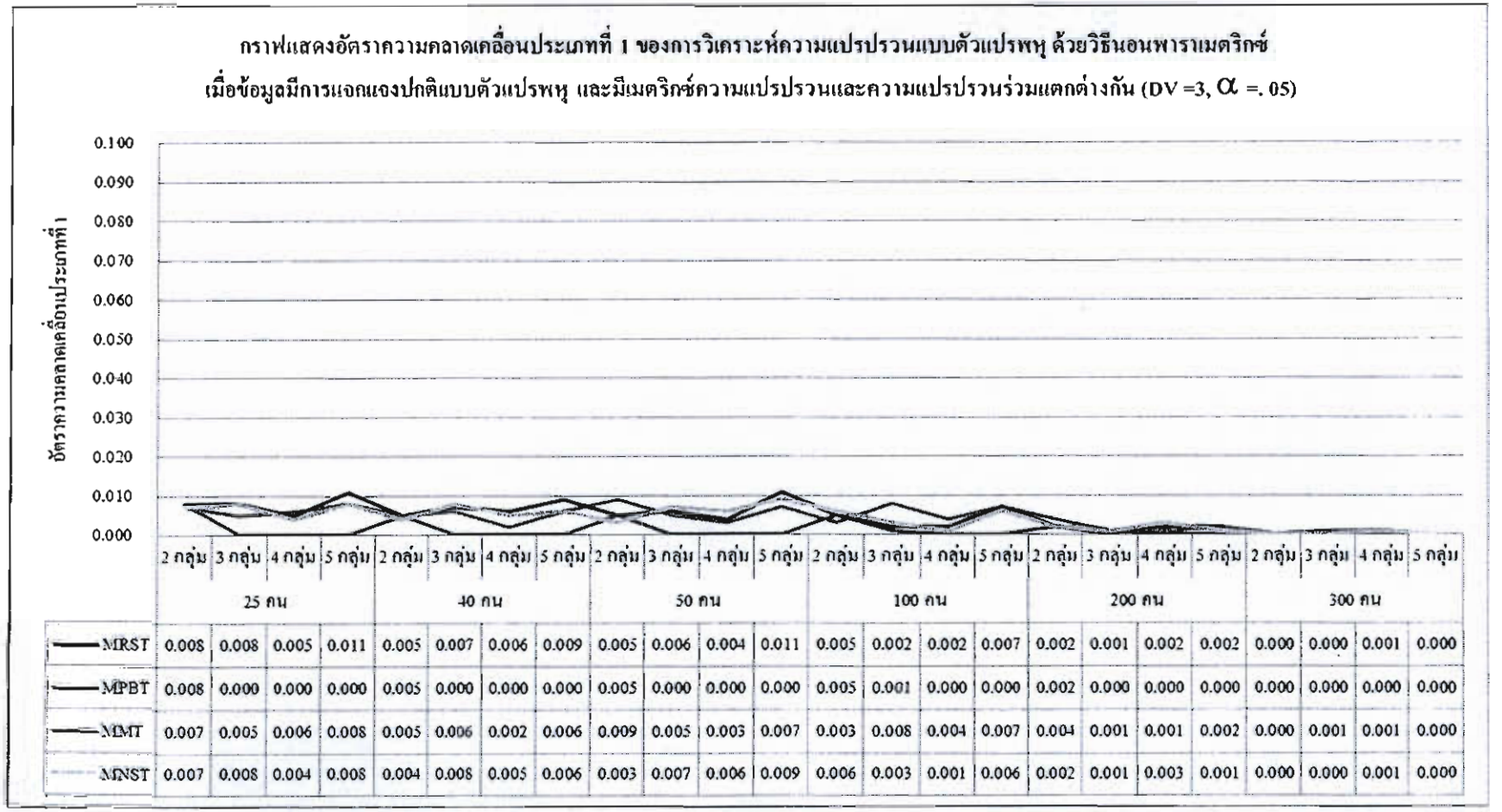
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปดามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อน

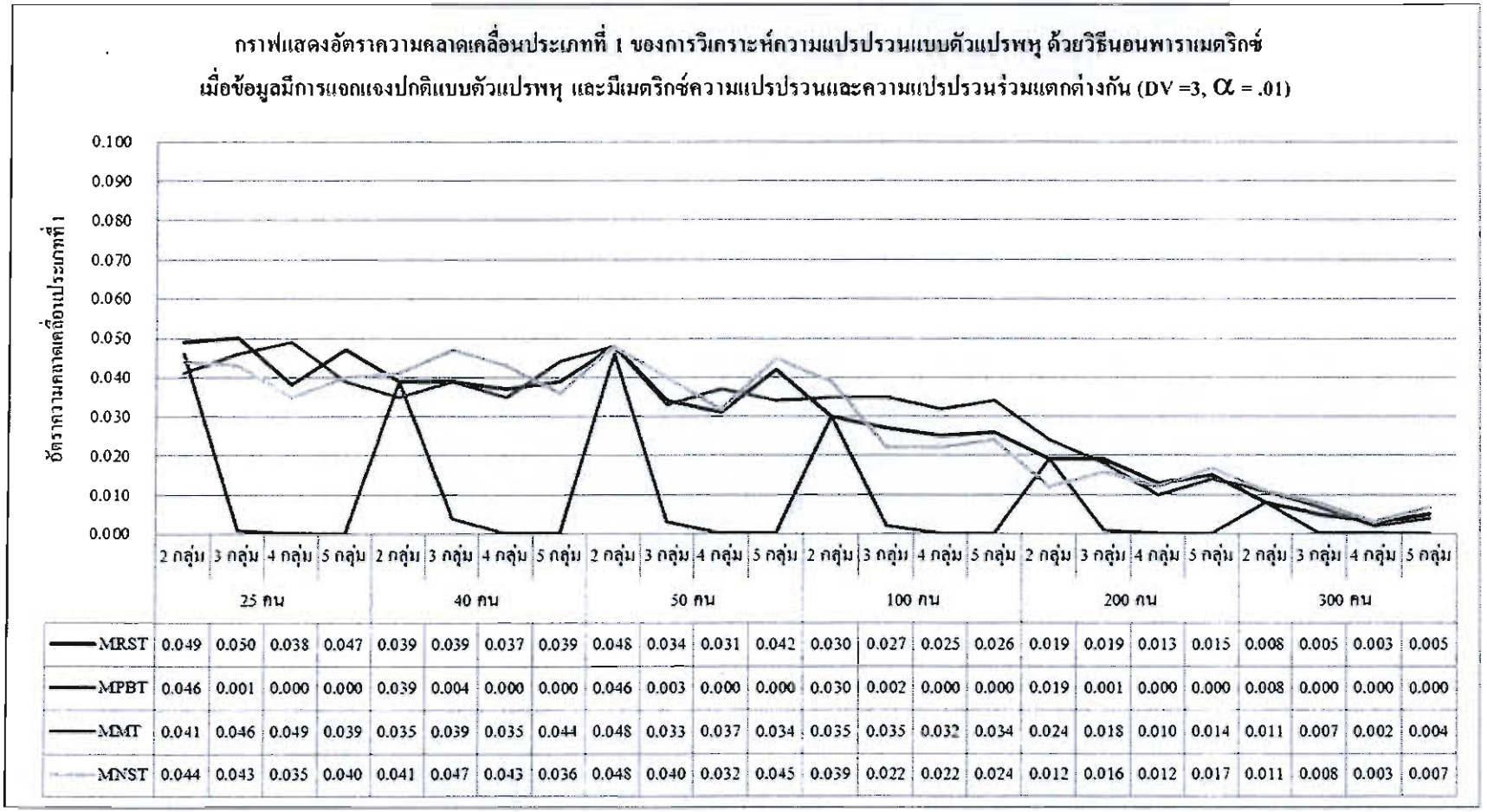
ประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST และ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดได้ทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดได้เมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่มของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ดังภาพที่ 33 และ 34



ภาพที่ 33 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)



ภาพที่ 34 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)

ตารางที่ 23 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.003	.001	.006	.004	.047	.042	.036	.043
	3	.009	.000	.006	.009	.043	.003	.043	.045
	4	.008	.000	.011	.008	.039	.000	.039	.039
	5	.007	.000	.007	.010	.042	.000	.046	.037
40	**2**	.006	.006	.006	.006	.037	.033	.045	.033
	3	.008	.000	.008	.005	.040	.002	.031	.035
	4	.009	.000	.009	.006	.037	.000	.041	.037
	5	.005	.000	.005	.009	.045	.000	.046	.034
50	**2**	.006	.005	.011	.005	.039	.037	.037	.037
	3	.008	.000	.009	.006	.038	.001	.047	.034
	4	.004	.000	.006	.003	.028	.000	.031	.029
	5	.007	.000	.005	.010	.043	.000	.032	.041
100	**2**	.003	.003	.002	.004	.031	.030	.033	.029
	3	.006	.000	.004	.004	.044	.001	.037	.044
	4	.002	.000	.006	.003	.030	.000	.032	.033
	5	.007	.000	.004	.006	.030	.000	.038	.028
200	**2**	.003	.003	.002	.002	.019	.019	.018	.025
	3	.001	.000	.004	.002	.018	.001	.021	.013
	4	.000	.000	.001	.001	.011	.000	.012	.012
	5	.000	.000	.002	.001	.013	.000	.008	.011
300	**2**	.000	.000	.000	.000	.009	.009	.009	.006
	3	.001	.000	.001	.001	.007	.000	.007	.009
	4	.000	.000	.000	.000	.002	.000	.004	.001
	5	.001	.000	.000	.000	.006	.000	.004	.007

จากตารางที่ 23 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 3 ตัว มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.110 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-.470

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

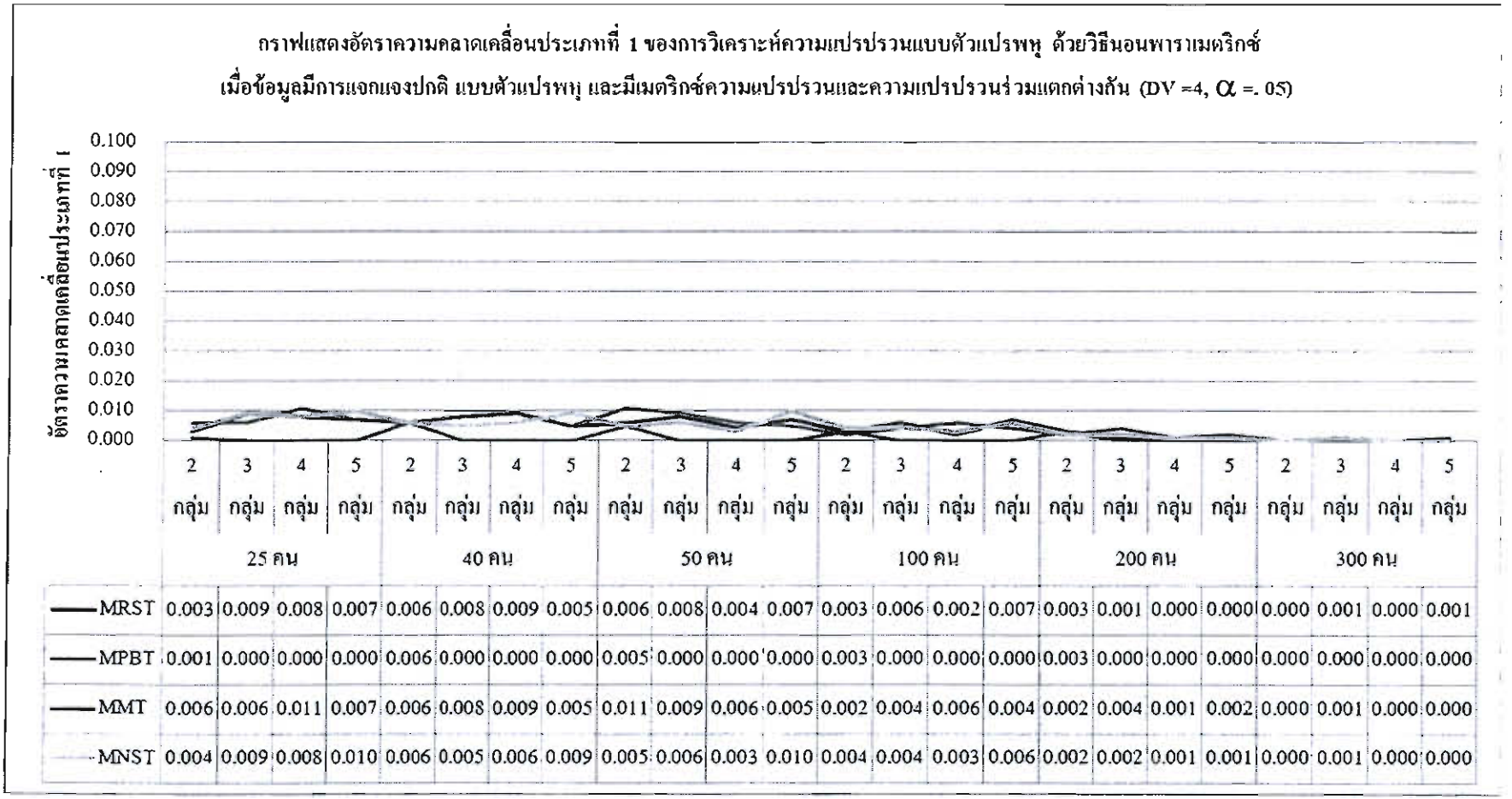
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อน

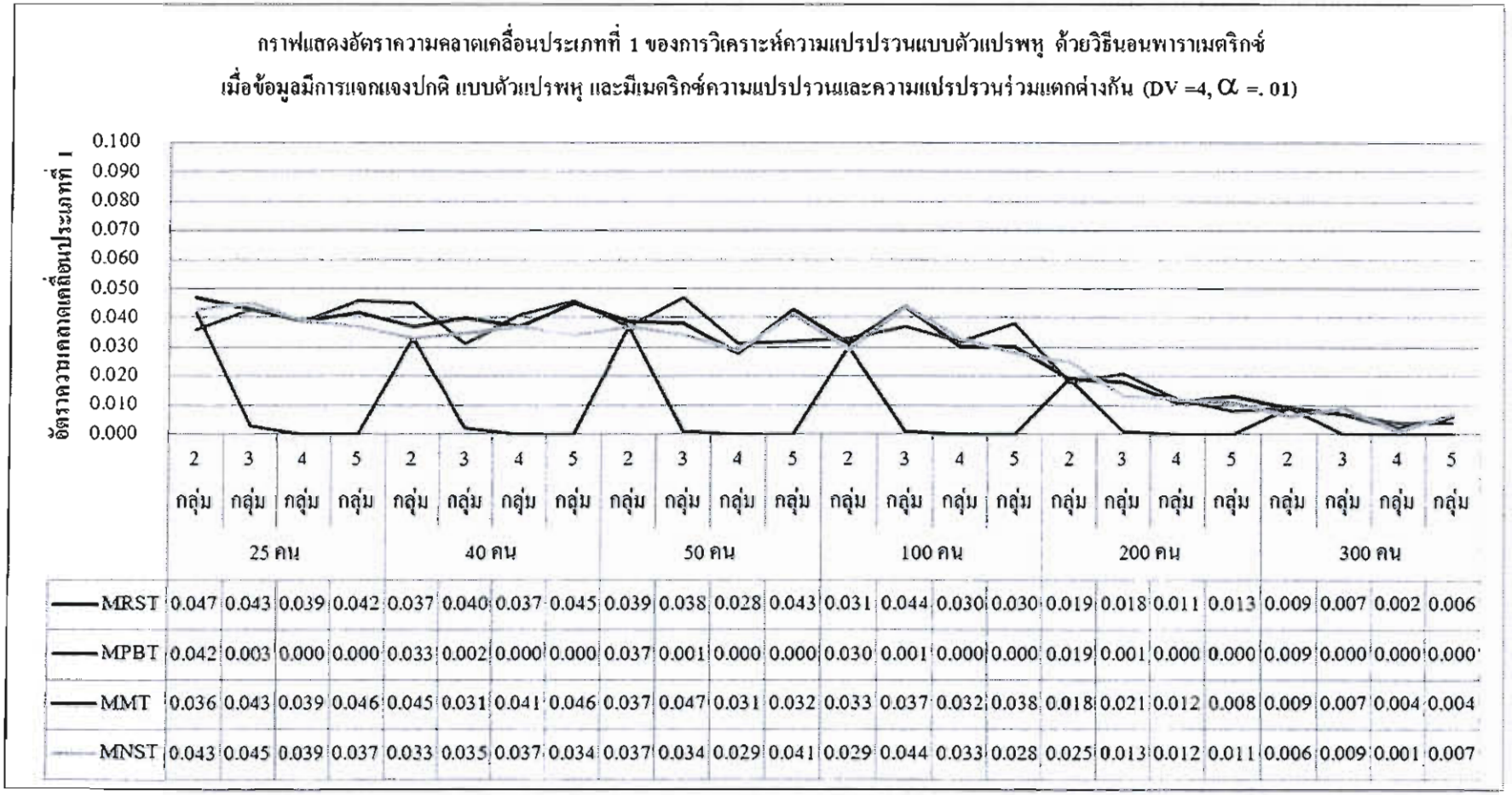
ประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 และ 3 กลุ่ม สถิติ MMT ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นในการเกิดความเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 และ 3 กลุ่ม สถิติ MPBT สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติ MNST สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติ MMT สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3 และ 4 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 4 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดได้ทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดได้เมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่มของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ดังภาพที่ 35 และ 36



ภาพที่ 35 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)



ภาพที่ 36 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)

ตารางที่ 24 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.006	.006	.009	.007	.043	.042	.054	.046
	3	.010	.009	.006	.006	.042	.040	.039	.041
	4	.009	.009	.010	.008	.041	.038	.041	.044
	5	.009	.009	.003	.006	.032	.032	.033	.032
40	**2**	.003	.003	.002	.002	.023	.023	.020	.020
	3	.001	.001	.000	.001	.013	.013	.016	.008
	4	.010	.000	.011	.011	.039	.002	.041	.038
	5	.005	.000	.004	.001	.039	.000	.042	.037
50	**2**	.007	.000	.009	.008	.042	.001	.050	.040
	3	.002	.000	.004	.001	.022	.000	.029	.021
	4	.003	.000	.000	.002	.016	.000	.009	.014
	5	.000	.000	.000	.000	.004	.000	.001	.005
100	**2**	.004	.000	.009	.002	.033	.000	.041	.027
	3	.007	.000	.011	.006	.035	.000	.038	.037
	4	.006	.000	.007	.003	.040	.000	.031	.034
	5	.001	.000	.001	.001	.020	.000	.016	.022
200	**2**	.003	.000	.000	.001	.008	.000	.011	.014
	3	.000	.000	.001	.000	.003	.000	.003	.003
	4	.015	.000	.010	.013	.054	.000	.048	.052
	5	.005	.000	.002	.004	.035	.000	.038	.034
300	**2**	.004	.000	.008	.003	.031	.000	.032	.034
	3	.003	.000	.004	.003	.024	.000	.028	.023
	4	.000	.000	.000	.000	.011	.000	.007	.013
	5	.000	.000	.001	.000	.002	.000	.002	.004

จากตารางที่ 24 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 5 ตัวแปร มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .009-.013 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-.054

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม และ สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST มีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดเมื่อข้อมูลมี 3 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

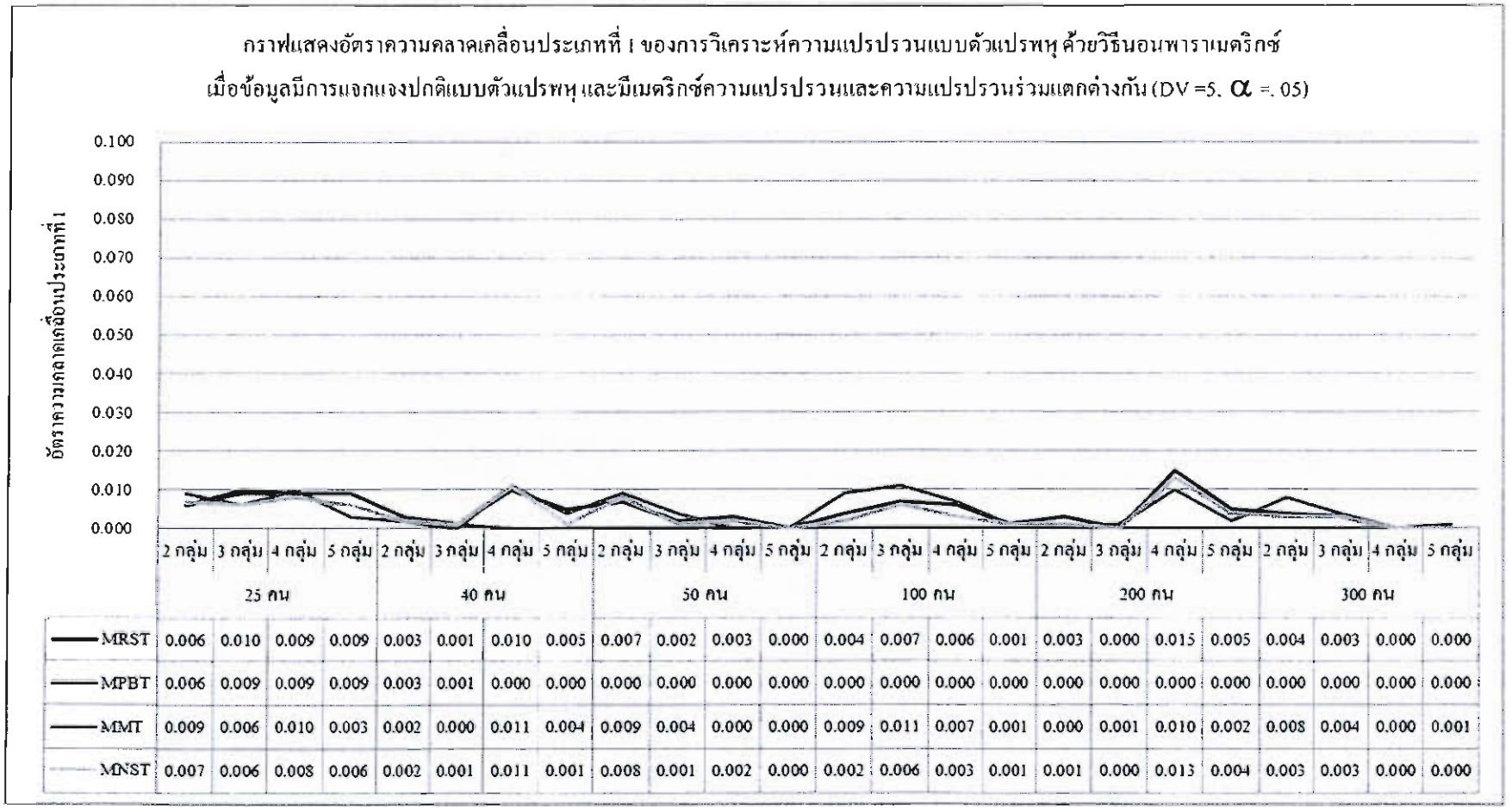
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 5 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

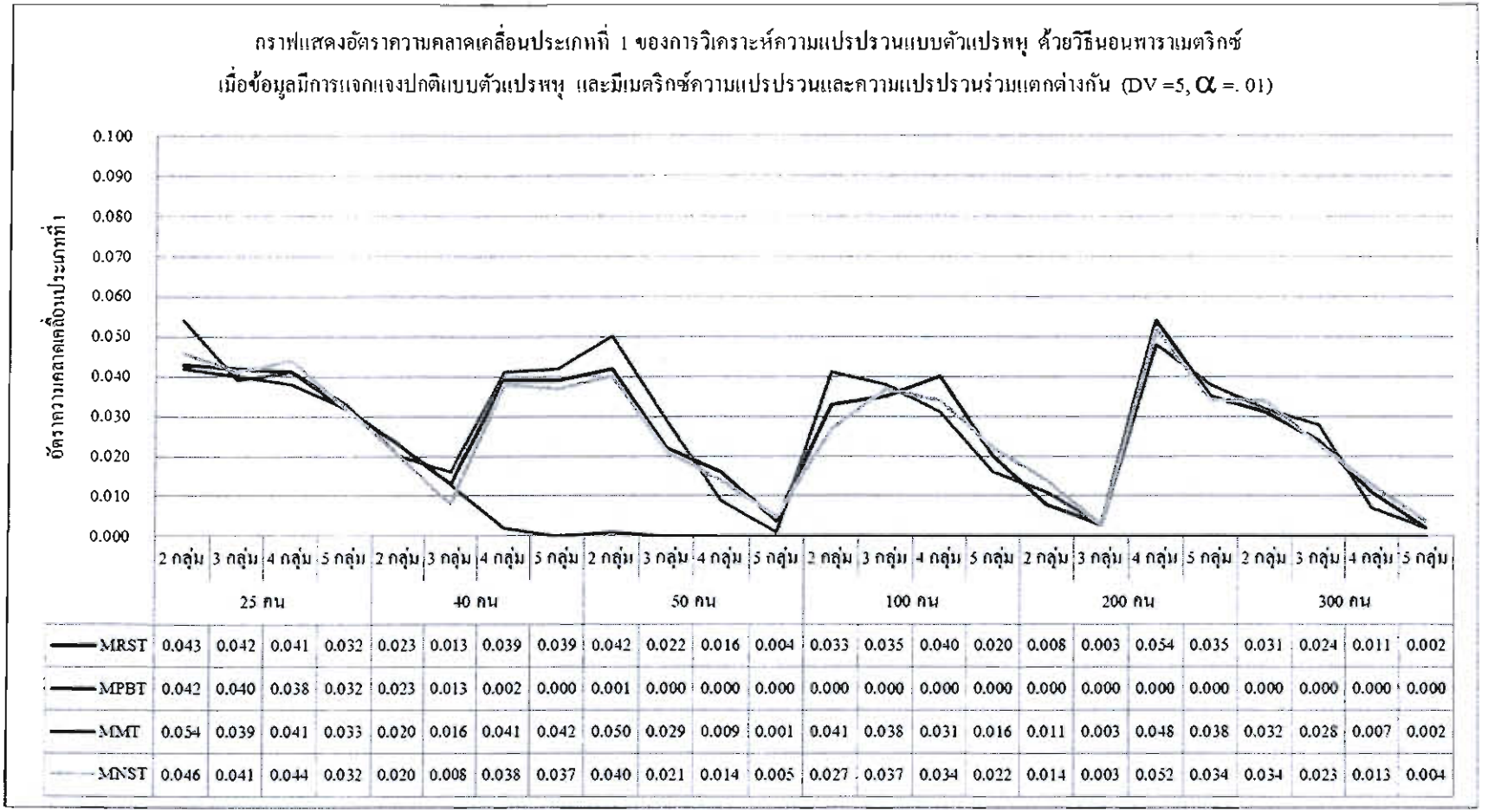
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST และ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 และ 3 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม

สรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลที่มีตัวแปรตาม 5 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดได้ทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดได้เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ดังภาพที่ 37 และ 38



ภาพที่ 37 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.043	0.042	0.041	0.032	0.023	0.013	0.039	0.039	0.042	0.022	0.016	0.004	0.033	0.035	0.040	0.020	0.008	0.003	0.054	0.035	0.031	0.024	0.011	0.002
MPBT	0.042	0.040	0.038	0.032	0.023	0.013	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MMT	0.054	0.039	0.041	0.033	0.020	0.016	0.041	0.042	0.050	0.029	0.009	0.001	0.041	0.038	0.031	0.016	0.011	0.003	0.048	0.038	0.032	0.028	0.007	0.002
MNST	0.046	0.041	0.044	0.032	0.020	0.008	0.038	0.037	0.040	0.021	0.014	0.005	0.027	0.037	0.034	0.022	0.014	0.003	0.052	0.034	0.034	0.023	0.013	0.004

ภาพที่ 38 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติ แบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)

ตารางที่ 25 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.073	.063	.069	.067	.015	.015	.010	.009
	3	.139	.020	.107	.134	.034	.003	.027	.033
	4	.111	.000	.096	.117	.038	.000	.020	.033
	5	.156	.000	.107	.160	.050	.000	.022	.050
40	**2**	.060	.057	.056	.063	.013	.013	.017	.014
	3	.228	.061	.156	.234	.087	.008	.046	.088
	4	.192	.002	.134	.208	.057	.000	.040	.059
	5	.217	.000	.128	.232	.074	.000	.031	.069
50	**2**	.076	.074	.065	.076	.018	.016	.011	.013
	3	.274	.083	.181	.278	.111	.015	.060	.115
	4	.221	.004	.146	.216	.077	.001	.041	.075
	5	.288	.001	.190	.299	.116	.000	.066	.124
100	**2**	.091	.088	.067	.081	.021	.020	.012	.020
	3	.529	.245	.358	.531	.298	.071	.159	.293
	4	.455	.035	.271	.471	.228	.002	.092	.238
	5	.551	.008	.337	.570	.310	.000	.128	.328
200	**2**	.117	.117	.078	.129	.026	.026	.013	.037
	3	.887	.673	.650	.912	.718	.343	.409	.738
	4	.842	.189	.536	.857	.599	.039	.279	.631
	5	.925	.075	.652	.931	.764	.006	.399	.795
300	**2**	.182	.181	.098	.193	.052	.052	.026	.059
	3	.992	.924	.869	.991	.939	.718	.667	.955
	4	.968	.509	.765	.976	.885	.155	.534	.895
	5	.996	.403	.910	.999	.978	.089	.744	.979

จากตารางที่ 25 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2 ตัว มีการแจกแจงปกติไม่แบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.110 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-.470

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนต เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

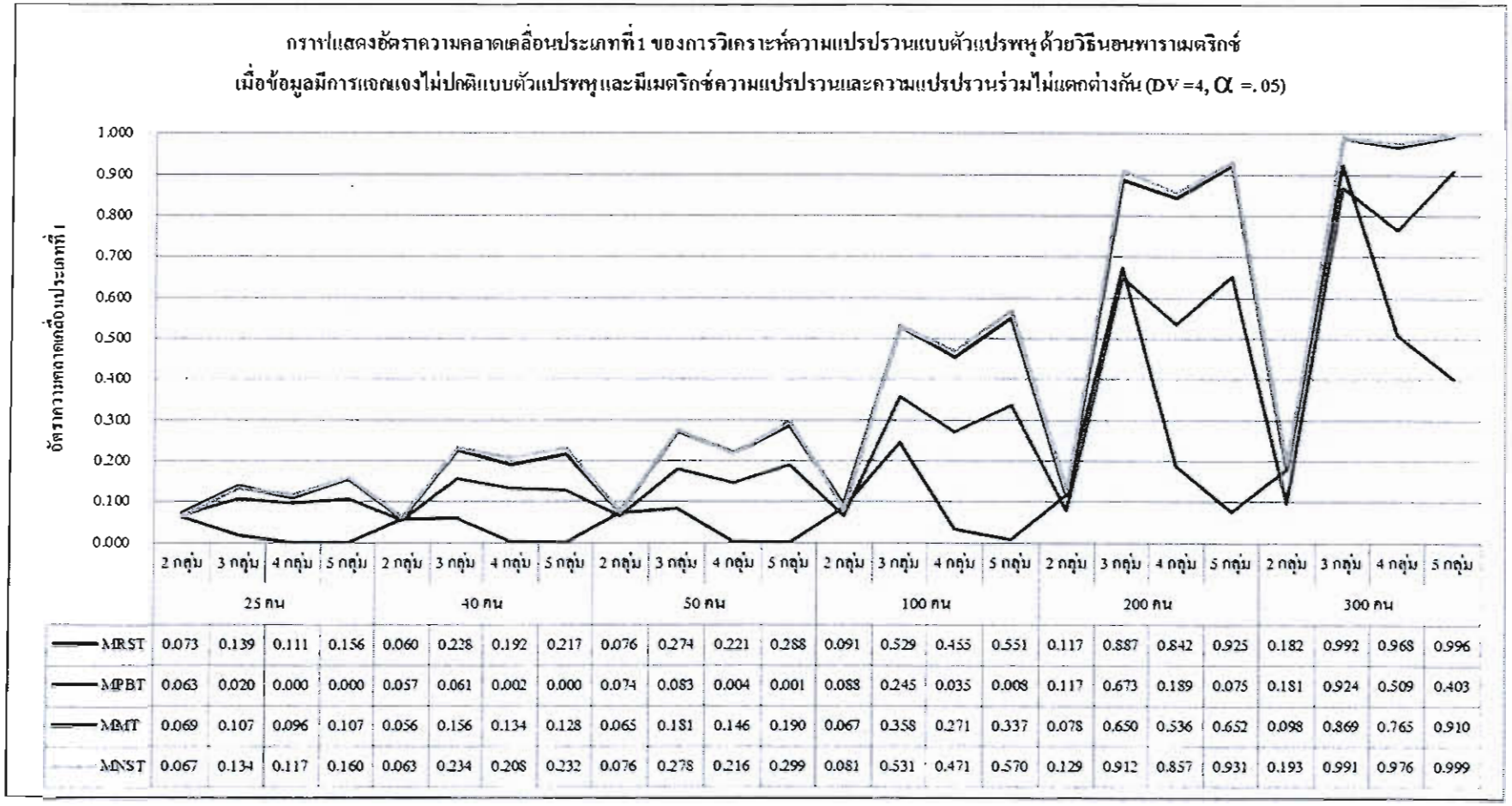
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4

และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

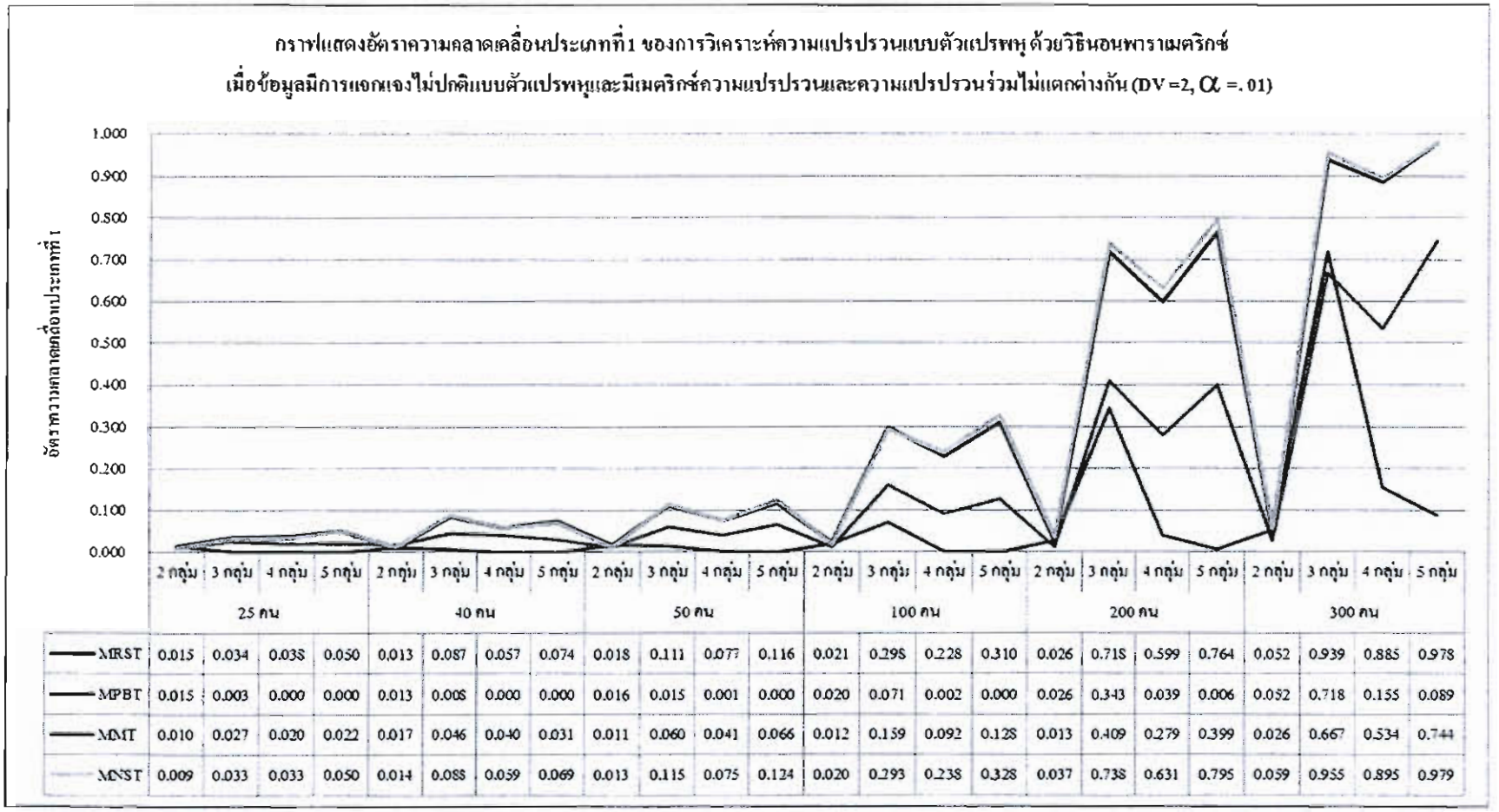
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม ที่ขนาดตัวอย่างไม่เกิน 100 ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไขเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างลดลง จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ในทางตรงกันข้าม หากขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น คือ อยู่ระหว่าง 50-100 จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม ดังภาพที่ 39 และ 40



ภาพที่ 39 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)



ภาพที่ 40 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)

ตารางที่ 26 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.053	.050	.049	.055	.008	.007	.011	.008
	3	.172	.015	.137	.170	.042	.001	.031	.040
	4	.151	.001	.114	.148	.041	.000	.030	.049
	5	.669	.001	.465	.662	.396	.000	.230	.393
40	2	.055	.054	.064	.058	.007	.006	.008	.008
	3	.275	.045	.209	.284	.108	.006	.060	.098
	4	.185	.000	.144	.189	.060	.000	.051	.062
	5	.906	.011	.728	.903	.752	.001	.478	.745
50	2	.080	.078	.075	.077	.018	.018	.017	.014
	3	.302	.070	.231	.318	.128	.013	.078	.124
	4	.276	.001	.222	.285	.110	.000	.086	.112
	5	.978	.057	.854	.974	.902	.003	.673	.905
100	2	.086	.086	.084	.090	.021	.020	.015	.022
	3	.666	.294	.507	.670	.401	.082	.276	.400
	4	.547	.027	.420	.556	.289	.001	.212	.303
	5	1.000	.833	.998	1.000	1.000	.494	.986	1.000
200	2	.157	.157	.125	.155	.047	.046	.030	.039
	3	.974	.809	.892	.981	.891	.494	.707	.895
	4	.934	.275	.829	.943	.805	.057	.616	.812
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	2	.201	.201	.165	.213	.079	.079	.046	.081
	3	.998	.978	.987	.999	.988	.871	.947	.991
	4	.996	.659	.964	.997	.963	.253	.878	.970
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 26 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 3 ตัวมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

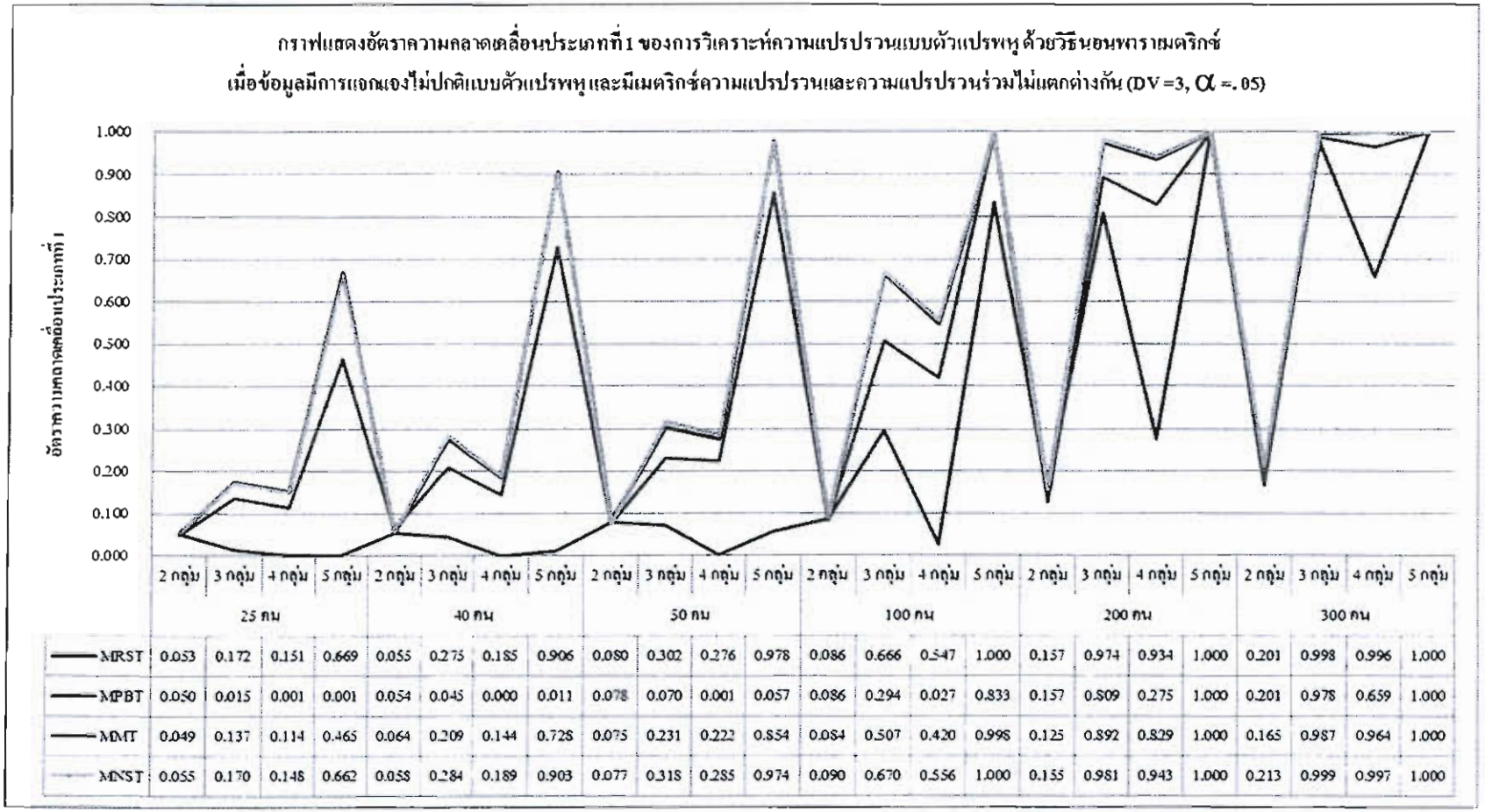
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3 และ 4 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

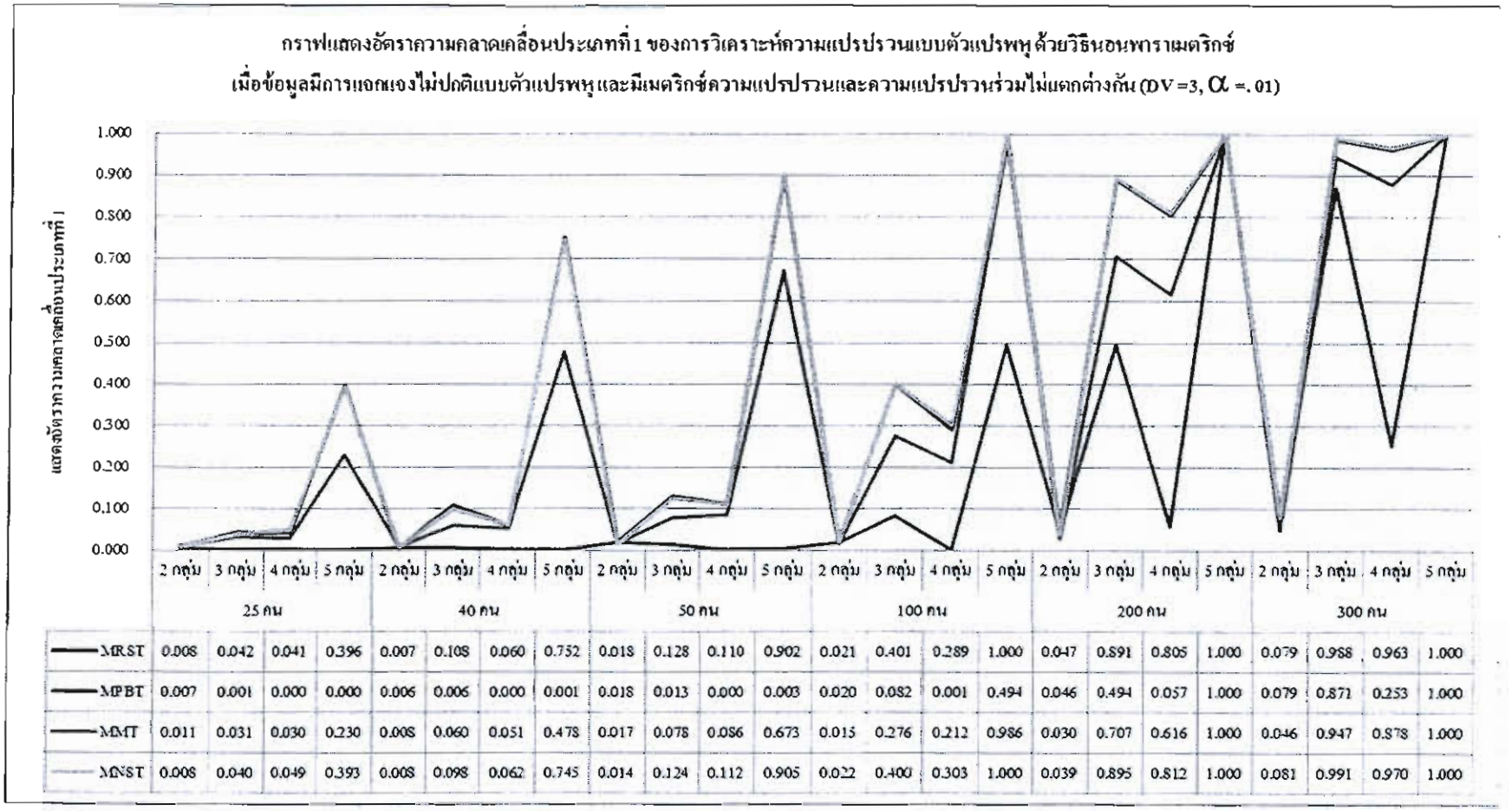
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างไม่เกิน 40 ในขณะที่สถิติทดสอบอ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ภายใต้เงื่อนไขขนาดตัวอย่างไม่เกิน 40 ดังภาพที่ 41 และ 42



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.053	0.172	0.151	0.669	0.055	0.275	0.185	0.906	0.080	0.302	0.276	0.978	0.086	0.666	0.547	1.000	0.157	0.974	0.934	1.000	0.201	0.998	0.996	1.000
MPBT	0.050	0.015	0.001	0.001	0.054	0.045	0.000	0.011	0.078	0.070	0.001	0.057	0.086	0.294	0.027	0.833	0.157	0.809	0.275	1.000	0.201	0.978	0.659	1.000
MMT	0.049	0.137	0.114	0.465	0.064	0.209	0.144	0.728	0.075	0.231	0.222	0.854	0.084	0.507	0.420	0.998	0.125	0.892	0.829	1.000	0.165	0.987	0.964	1.000
MNST	0.055	0.170	0.148	0.662	0.058	0.284	0.189	0.903	0.077	0.318	0.285	0.974	0.090	0.670	0.556	1.000	0.155	0.981	0.943	1.000	0.213	0.999	0.997	1.000

ภาพที่ 41 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจง เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)



ภาพที่ 42 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)

ตารางที่ 27 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.064	.057	.054	.063	.009	.008	.015	.009
	3	.195	.020	.165	.201	.068	.002	.051	.069
	4	.158	.000	.149	.161	.046	.000	.040	.042
	5	.962	.002	.801	.966	.867	.000	.555	.855
40	2	.059	.056	.068	.061	.020	.019	.011	.016
	3	.336	.047	.251	.345	.125	.007	.089	.118
	4	.279	.002	.208	.277	.093	.000	.061	.099
	5	.998	.217	.983	.998	.996	.022	.922	.996
50	2	.081	.072	.069	.077	.014	.012	.008	.019
	3	.417	.075	.324	.433	.181	.010	.118	.182
	4	.298	.001	.243	.309	.123	.000	.078	.120
	5	1.000	.585	.997	1.000	1.000	.150	.984	1.000
100	2	.117	.115	.083	.119	.034	.032	.021	.036
	3	.756	.355	.613	.784	.539	.118	.354	.548
	4	.702	.029	.549	.705	.424	.001	.271	.452
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	2	.171	.167	.132	.181	.052	.051	.025	.052
	3	.986	.891	.943	.991	.954	.667	.833	.958
	4	.977	.330	.898	.985	.901	.088	.730	.918
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	2	.242	.240	.157	.267	.082	.082	.040	.086
	3	1.000	.996	.998	1.000	1.000	.973	.988	1.000
	4	.999	.837	.994	.999	.996	.504	.967	.997
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 27 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 4 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 3 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม

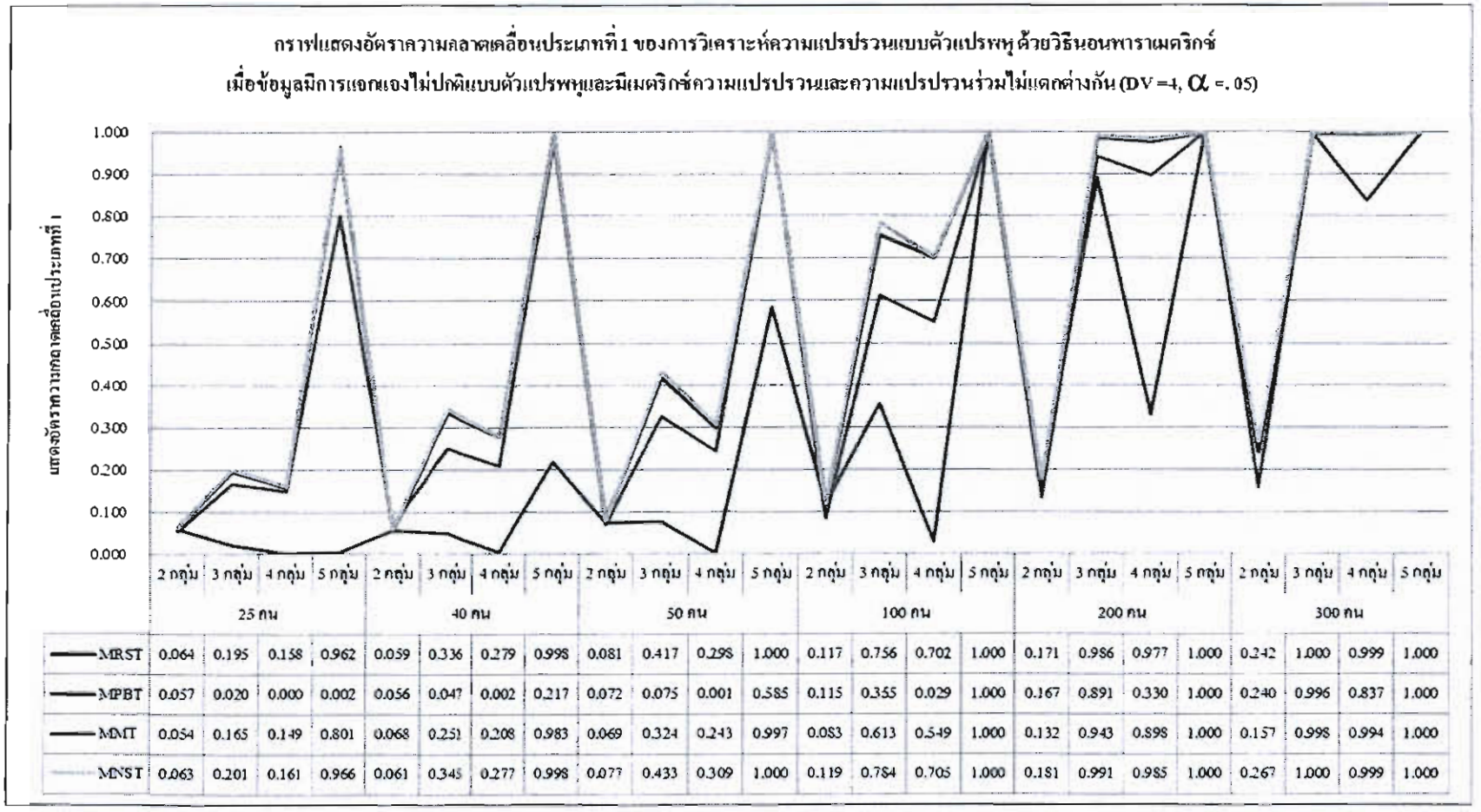
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MPBT ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 กลุ่ม

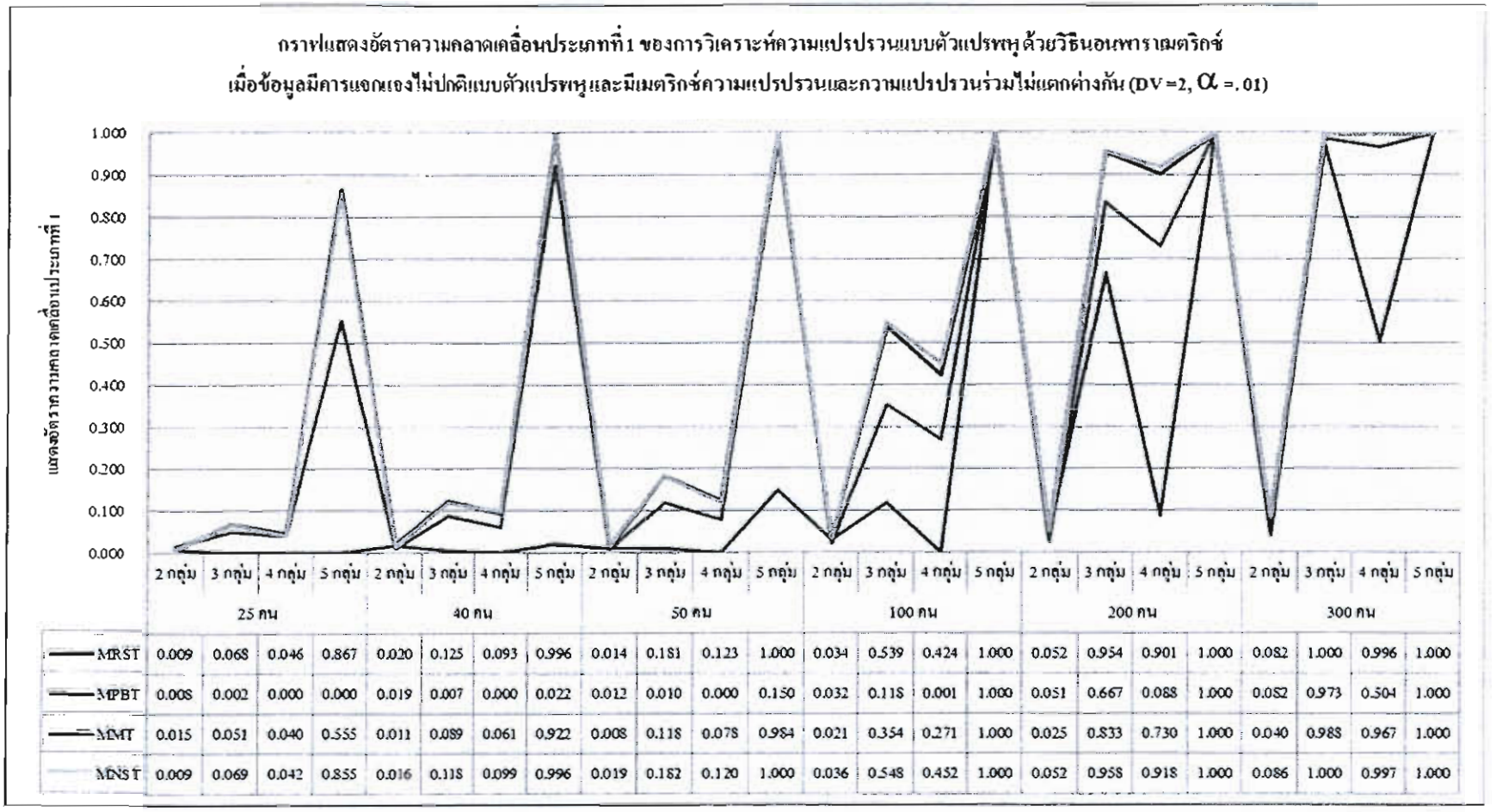
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MPBT ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และ .01 สถิติทดสอบ MPBT ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม และที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 จำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 4 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 จำนวนกลุ่ม 3 และ 4 กลุ่ม ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 จำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 4 กลุ่ม ดังภาพที่ 43 และ 44



ภาพที่ 43 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.009	0.068	0.046	0.867	0.020	0.125	0.093	0.996	0.014	0.181	0.123	1.000	0.034	0.539	0.424	1.000	0.052	0.954	0.901	1.000	0.082	1.000	0.996	1.000
MPBT	0.008	0.002	0.000	0.000	0.019	0.007	0.000	0.022	0.012	0.010	0.000	0.150	0.032	0.118	0.001	1.000	0.051	0.667	0.088	1.000	0.082	0.973	0.504	1.000
MMT	0.015	0.051	0.040	0.555	0.011	0.089	0.061	0.922	0.008	0.118	0.078	0.984	0.021	0.354	0.271	1.000	0.025	0.833	0.730	1.000	0.040	0.988	0.967	1.000
MNST	0.009	0.069	0.042	0.855	0.016	0.118	0.099	0.996	0.019	0.182	0.120	1.000	0.036	0.548	0.452	1.000	0.052	0.958	0.918	1.000	0.086	1.000	0.997	1.000

ภาพที่ 44 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)

ตารางที่ 28 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.073	.063	.069	.067	.015	.015	.010	.009
	3	.194	.014	.173	.196	.050	.000	.043	.048
	4	.192	.000	.135	.199	.054	.000	.039	.063
	5	.953	.000	.733	.963	.847	.000	.466	.844
40	**2**	.060	.057	.056	.063	.013	.013	.017	.014
	3	.356	.047	.268	.356	.136	.009	.112	.129
	4	.293	.000	.209	.318	.124	.000	.065	.123
	5	1.000	.121	.947	1.000	.996	.016	.848	.995
50	**2**	.076	.074	.065	.076	.018	.016	.011	.013
	3	.427	.069	.328	.429	.190	.010	.140	.194
	4	.387	.002	.277	.412	.154	.000	.091	.162
	5	1.000	.408	.992	1.000	1.000	.075	.954	1.000
100	**2**	.091	.088	.067	.081	.021	.020	.012	.020
	3	.815	.396	.666	.824	.584	.123	.411	.607
	4	.806	.036	.621	.826	.573	.005	.340	.602
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.995	1.000	1.000
200	**2**	.117	.117	.078	.129	.026	.026	.013	.037
	3	.999	.930	.979	.999	.980	.731	.901	.987
	4	.995	.504	.941	.995	.976	.179	.828	.985
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	.182	.181	.098	.193	.052	.052	.026	.059
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.989	.997	1.000
	4	1.000	.940	1.000	1.000	1.000	.718	.989	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 28 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 5 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม

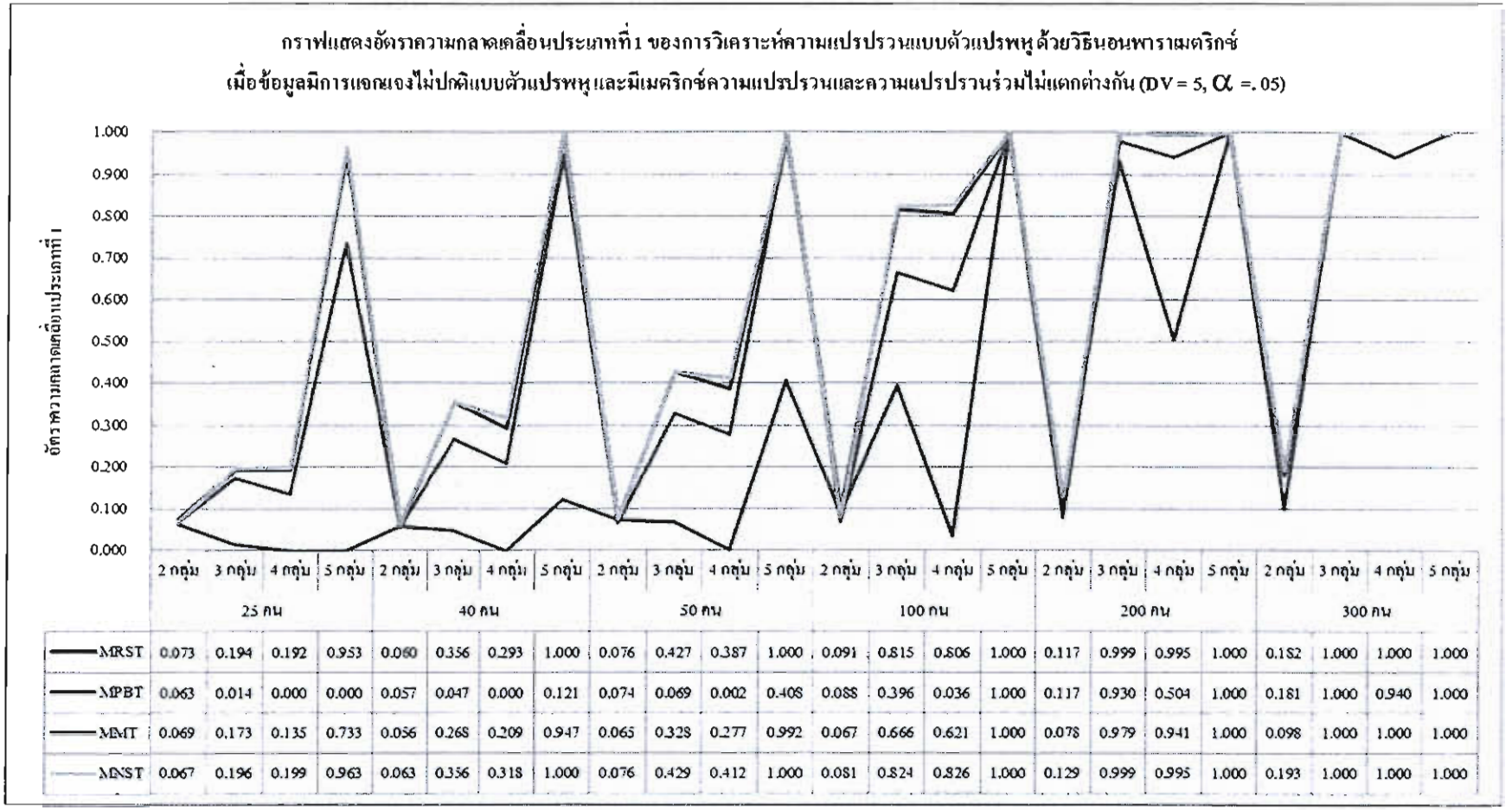
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม

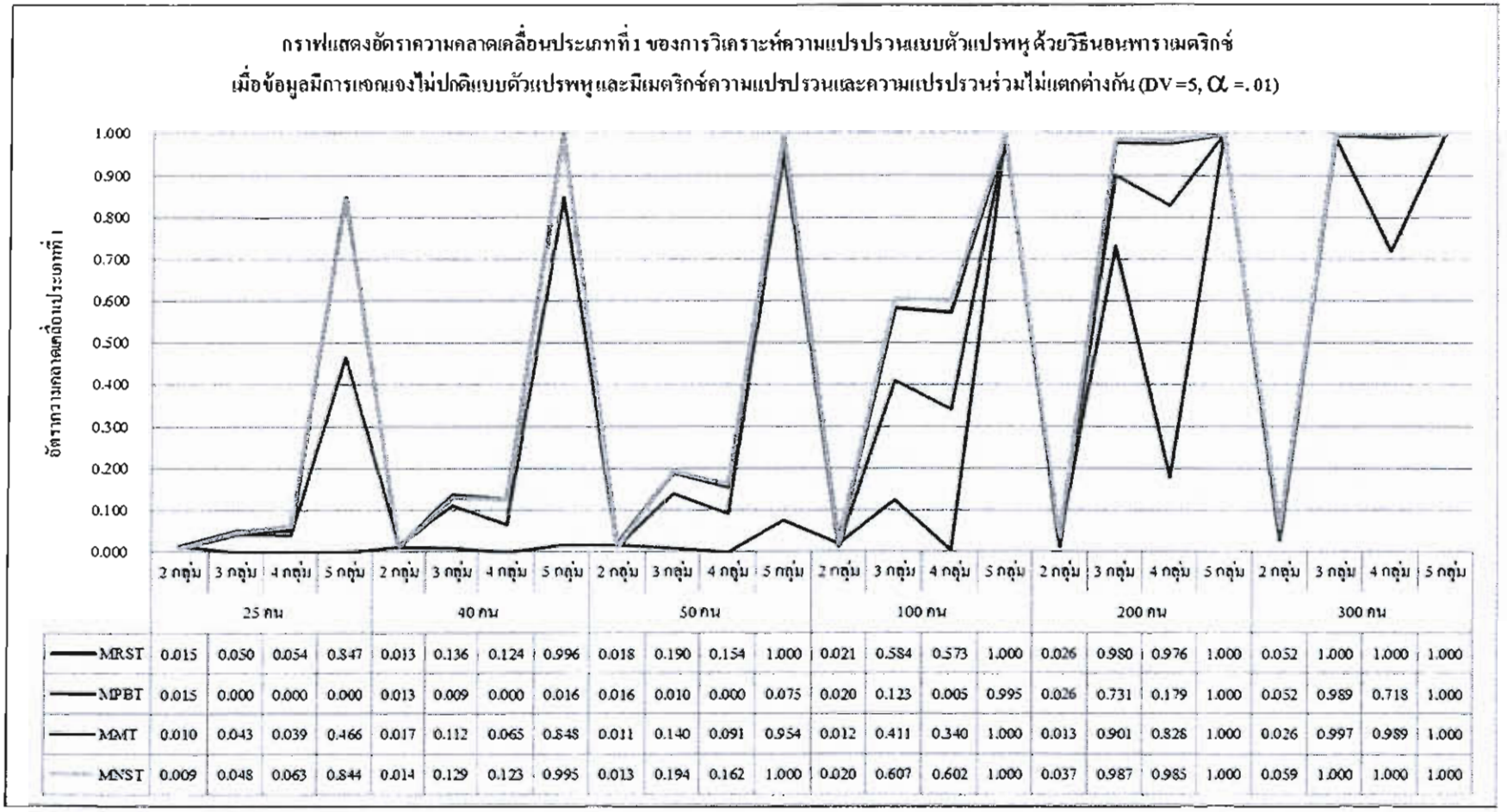
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวน 3, 4 และ 5 กลุ่ม และที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวน 3, 4 และ 5 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวน 3, 4 และ 5 กลุ่ม และที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวน 2, 3 และ 4 กลุ่ม ดังภาพที่ 45 และ 46



ภาพที่ 45 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.015	0.050	0.054	0.847	0.013	0.136	0.124	0.996	0.018	0.190	0.154	1.000	0.021	0.584	0.573	1.000	0.026	0.980	0.976	1.000	0.052	1.000	1.000	1.000
MPBT	0.015	0.000	0.000	0.000	0.013	0.009	0.000	0.016	0.016	0.010	0.000	0.075	0.020	0.123	0.005	0.995	0.026	0.731	0.179	1.000	0.052	0.989	0.718	1.000
MMT	0.010	0.043	0.039	0.466	0.017	0.112	0.065	0.848	0.011	0.140	0.091	0.954	0.012	0.411	0.340	1.000	0.013	0.901	0.828	1.000	0.026	0.997	0.989	1.000
MNST	0.009	0.048	0.063	0.844	0.014	0.129	0.123	0.995	0.013	0.194	0.162	1.000	0.020	0.607	0.602	1.000	0.037	0.987	0.985	1.000	0.059	1.000	1.000	1.000

ภาพที่ 46 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)

ตารางที่ 29 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.010	.008	.013	.012	.050	.048	.053	.046
	3	.043	.003	.034	.037	.152	.030	.109	.156
	4	.045	.000	.031	.040	.128	.002	.104	.132
	5	.049	.000	.023	.049	.158	.000	.108	.160
40	**2**	.013	.013	.008	.013	.063	.061	.040	.064
	3	.075	.008	.044	.074	.219	.056	.123	.222
	4	.062	.000	.025	.059	.184	.005	.113	.179
	5	.059	.000	.041	.056	.194	.000	.134	.201
50	**2**	.012	.012	.010	.011	.062	.062	.064	.065
	3	.098	.013	.056	.102	.259	.076	.179	.271
	4	.074	.000	.036	.075	.225	.004	.135	.222
	5	.106	.000	.053	.111	.293	.000	.180	.293
100	**2**	.023	.023	.015	.024	.074	.073	.060	.082
	3	.307	.062	.131	.319	.561	.257	.353	.571
	4	.206	.000	.088	.210	.433	.029	.268	.446
	5	.324	.000	.170	.335	.565	.004	.362	.585
200	**2**	.041	.041	.022	.039	.130	.130	.065	.142
	3	.705	.331	.369	.731	.887	.656	.619	.895
	4	.614	.044	.271	.640	.847	.192	.539	.850
	5	.780	.012	.425	.814	.930	.110	.697	.940
300	**2**	.048	.048	.016	.054	.174	.173	.099	.189
	3	.939	.715	.659	.954	.987	.919	.869	.989
	4	.901	.186	.499	.914	.971	.509	.761	.981
	5	.979	.085	.748	.985	.999	.395	.920	1.000

จากตารางที่ 29 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2 ตัวแปร มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 5 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT และ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST และ MNSTอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST สามารถควบคุมความน่าจะเป็นในการเกิดความเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBTและ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

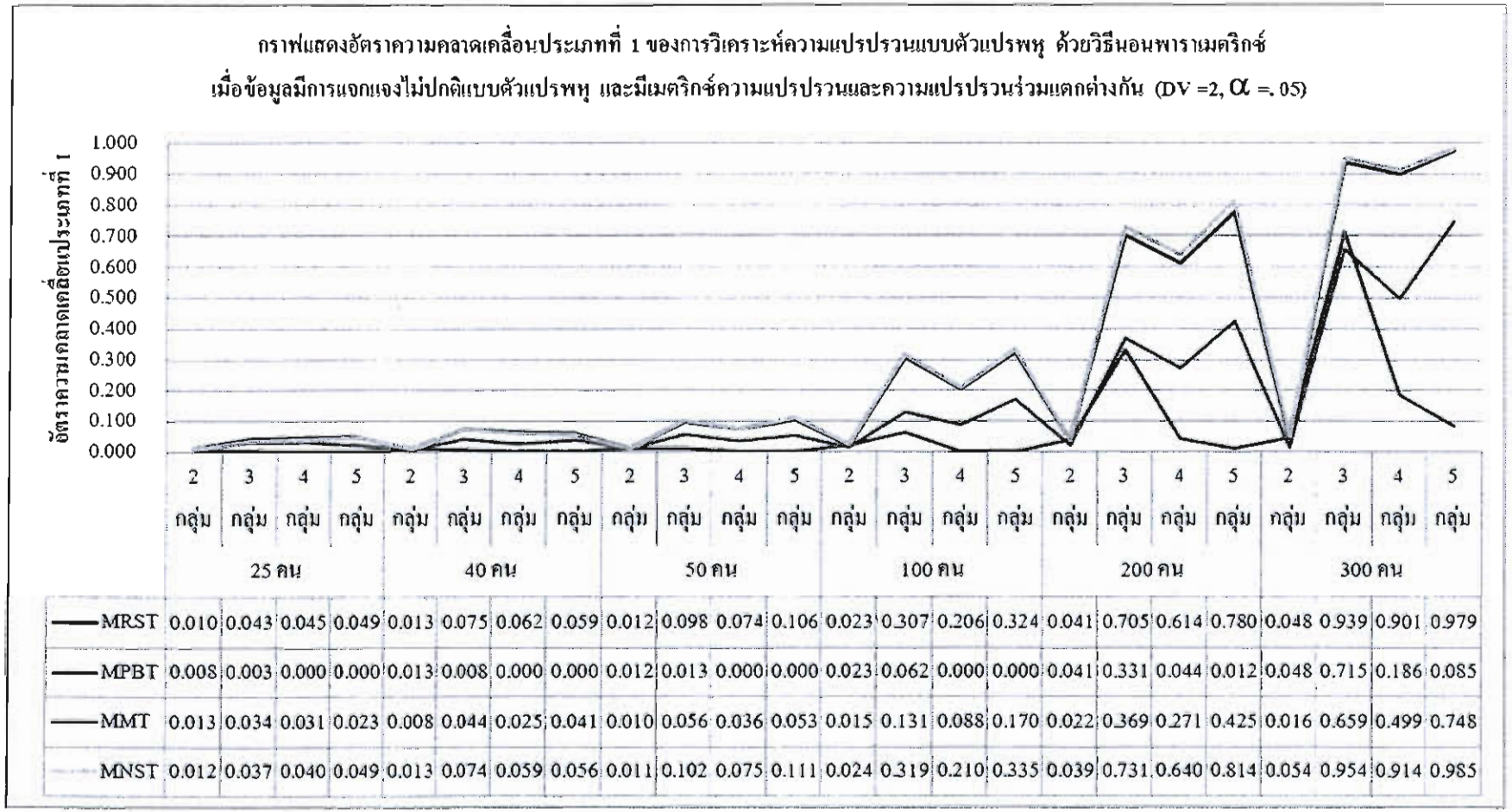
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อน

ประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 5 กลุ่ม

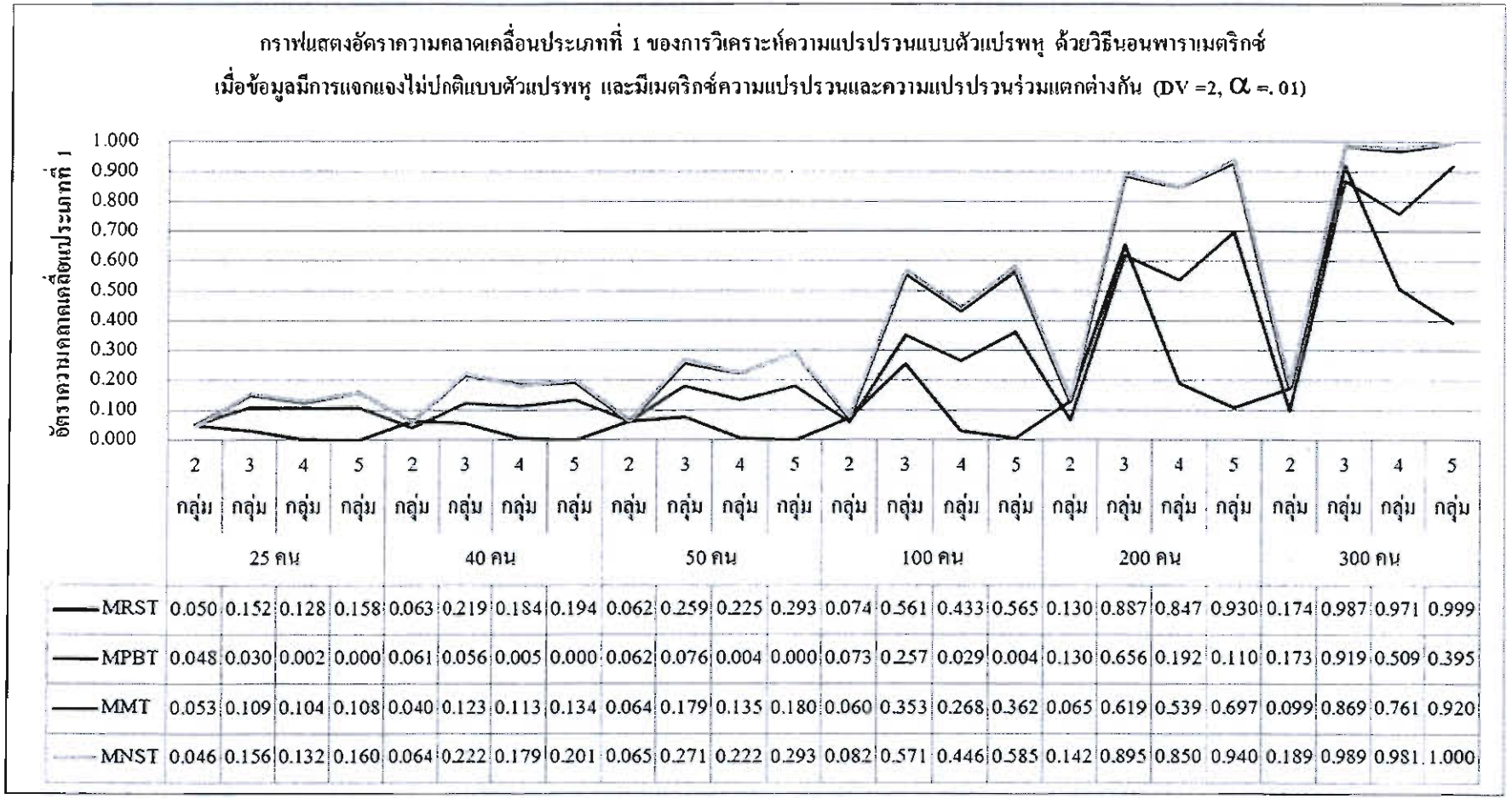
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปดามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 และจะไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ในขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 200 ในขณะที่สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ในขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40, 50, 100, 200 และ 300 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 3 และ 4 กลุ่ม ในขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40, และ 50 ดังภาพที่ 47 และ 48



ภาพที่ 47 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .05)



ภาพที่ 48 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2, α = .01)

ตารางที่ 30 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.006	.006	.009	.007	.050	.045	.048	.053
	3	.053	.001	.050	.052	.174	.024	.156	.177
	4	.034	.000	.032	.032	.144	.001	.118	.146
	5	.410	.000	.230	.405	.689	.001	.463	.686
40	**2**	.017	.016	.011	.017	.067	.066	.058	.071
	3	.085	.005	.065	.085	.244	.044	.182	.251
	4	.065	.000	.059	.069	.204	.005	.159	.200
	5	.772	.000	.489	.772	.921	.017	.745	.925
50	**2**	.021	.020	.015	.016	.066	.066	.068	.069
	3	.134	.010	.085	.130	.292	.068	.246	.302
	4	.093	.000	.060	.096	.251	.002	.204	.251
	5	.887	.005	.639	.880	.960	.057	.847	.967
100	**2**	.020	.020	.019	.024	.110	.107	.088	.108
	3	.411	.092	.288	.427	.670	.294	.535	.676
	4	.277	.005	.170	.283	.539	.026	.396	.545
	5	1.000	.465	.990	1.000	1.000	.840	.998	1.000
200	**2**	.031	.031	.026	.037	.140	.138	.116	.151
	3	.880	.525	.716	.896	.971	.812	.899	.980
	4	.753	.056	.592	.782	.913	.248	.794	.916
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	.051	.050	.043	.052	.191	.189	.143	.196
	3	.987	.876	.948	.991	1.000	.982	.992	1.000
	4	.976	.260	.879	.982	.997	.634	.968	.998
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 30 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2 ตัว มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .001-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข และสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมความน่าจะเป็นในการเกิดความเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 และ 5 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปดามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข และสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข และสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม

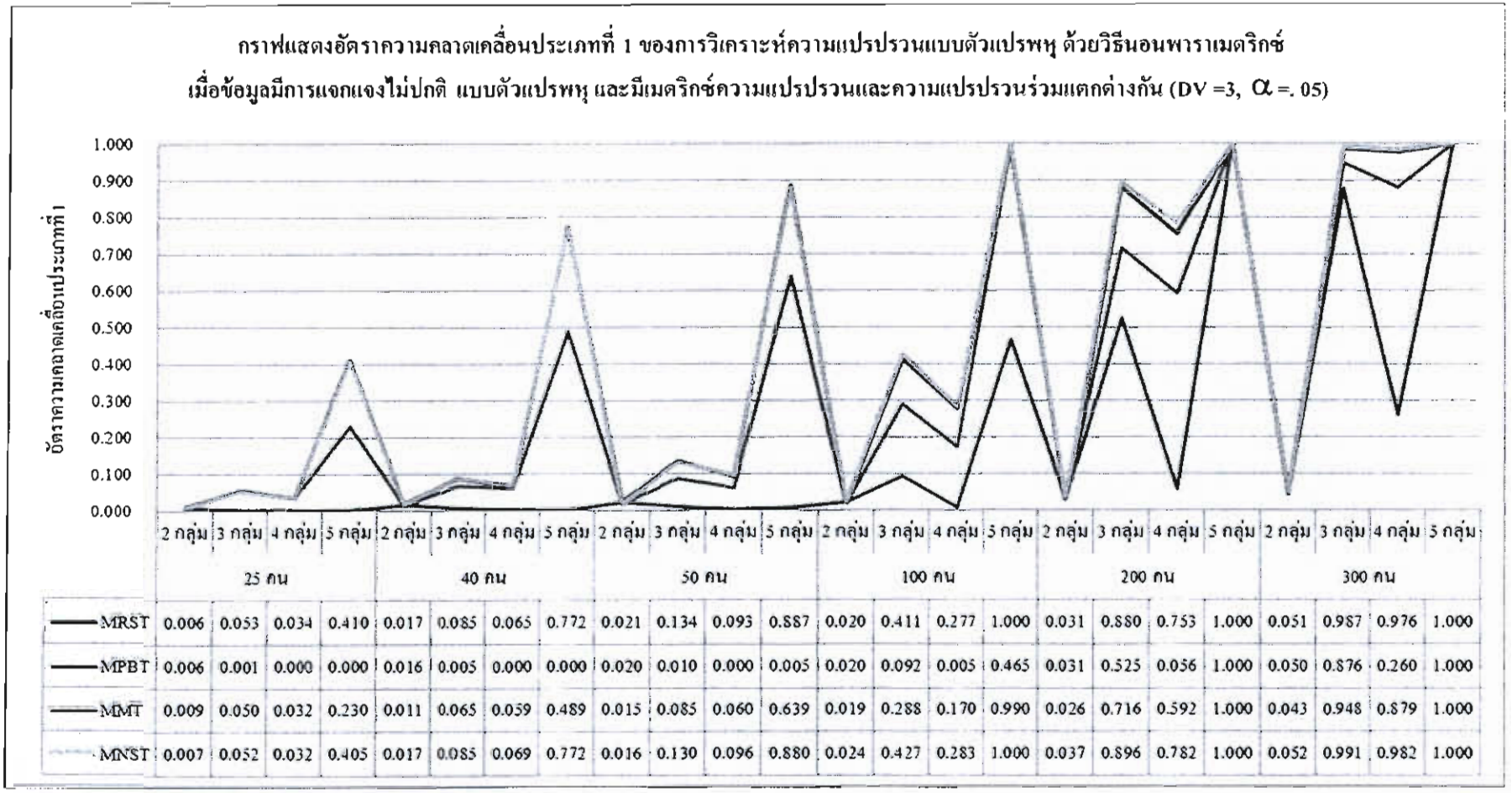
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม และสถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมความน่าจะเป็นในการเกิดความเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อข้อมูลมี 2 และ 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

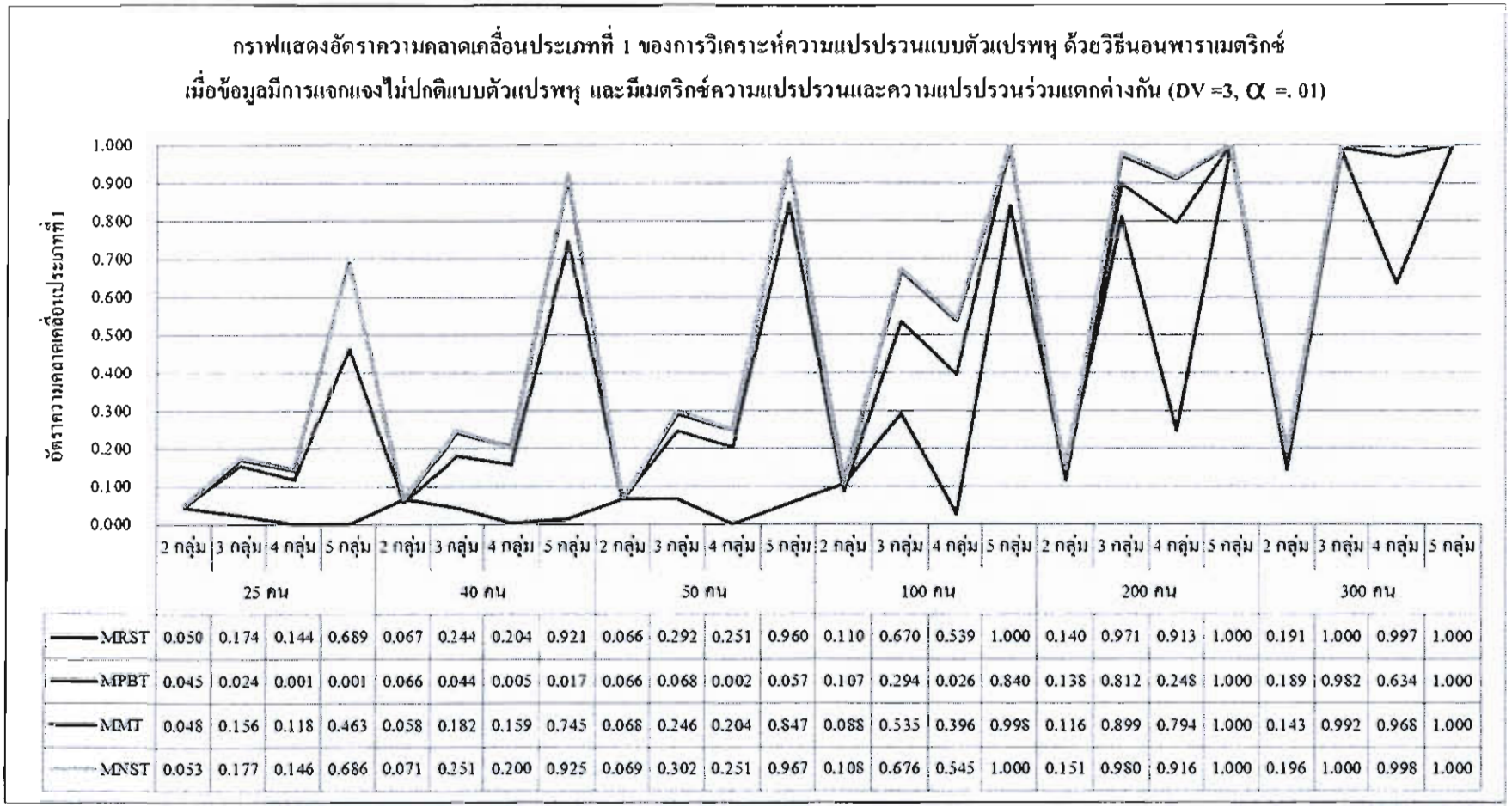
ให้เป็นไปดามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม และสถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมความน่าจะเป็นในการเกิดความเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อข้อมูลมี 2 และ 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมความน่าจะเป็นในการเกิดความเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40 และ 50 ในขณะที่สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปดามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 5 กลุ่ม เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น จะมีความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ ในทุกเงื่อนไขของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 2 กลุ่ม ดังภาพที่ 49 และ 50



ภาพที่ 49 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.050	0.174	0.144	0.689	0.067	0.244	0.204	0.921	0.066	0.292	0.251	0.960	0.110	0.670	0.539	1.000	0.140	0.971	0.913	1.000	0.191	1.000	0.997	1.000
MPBT	0.045	0.024	0.001	0.001	0.066	0.044	0.005	0.017	0.066	0.068	0.002	0.057	0.107	0.294	0.026	0.840	0.138	0.812	0.248	1.000	0.189	0.982	0.634	1.000
MMT	0.048	0.156	0.118	0.463	0.058	0.182	0.159	0.745	0.068	0.246	0.204	0.847	0.088	0.535	0.396	0.998	0.116	0.899	0.794	1.000	0.143	0.992	0.968	1.000
MNST	0.053	0.177	0.146	0.686	0.071	0.251	0.200	0.925	0.069	0.302	0.251	0.967	0.108	0.676	0.545	1.000	0.151	0.980	0.916	1.000	0.196	1.000	0.998	1.000

ภาพที่ 50 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3, α = .01)

ตารางที่ 31 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.010	.010	.012	.011	.073	.068	.065	.067
	3	.064	.002	.043	.055	.199	.013	.173	.191
	4	.042	.000	.040	.037	.134	.000	.146	.133
	5	.879	.000	.569	.872	.972	.004	.836	.970
40	**2**	.011	.011	.011	.010	.068	.065	.068	.073
	3	.128	.013	.099	.126	.325	.055	.261	.329
	4	.093	.000	.058	.105	.261	.000	.171	.274
	5	.998	.025	.916	.998	1.000	.228	.982	1.000
50	**2**	.014	.014	.014	.015	.065	.061	.058	.071
	3	.171	.012	.125	.184	.434	.071	.318	.435
	4	.136	.000	.096	.130	.333	.001	.264	.334
	5	1.000	.167	.983	1.000	1.000	.597	.998	1.000
100	**2**	.025	.023	.019	.032	.102	.100	.077	.109
	3	.534	.143	.392	.554	.783	.387	.618	.787
	4	.450	.003	.307	.456	.693	.026	.565	.717
	5	1.000	.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	**2**	.047	.047	.023	.047	.172	.169	.131	.175
	3	.964	.645	.852	.970	.993	.905	.956	.995
	4	.903	.065	.720	.903	.976	.311	.898	.979
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	.079	.079	.049	.080	.243	.241	.165	.260
	3	1.000	.966	.981	.999	1.000	.995	.998	1.000
	4	.999	.471	.968	.999	.999	.831	.996	.999
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 31 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 4 ตัวแปร มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 และ 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปดามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 4 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีเยี่ยม เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม

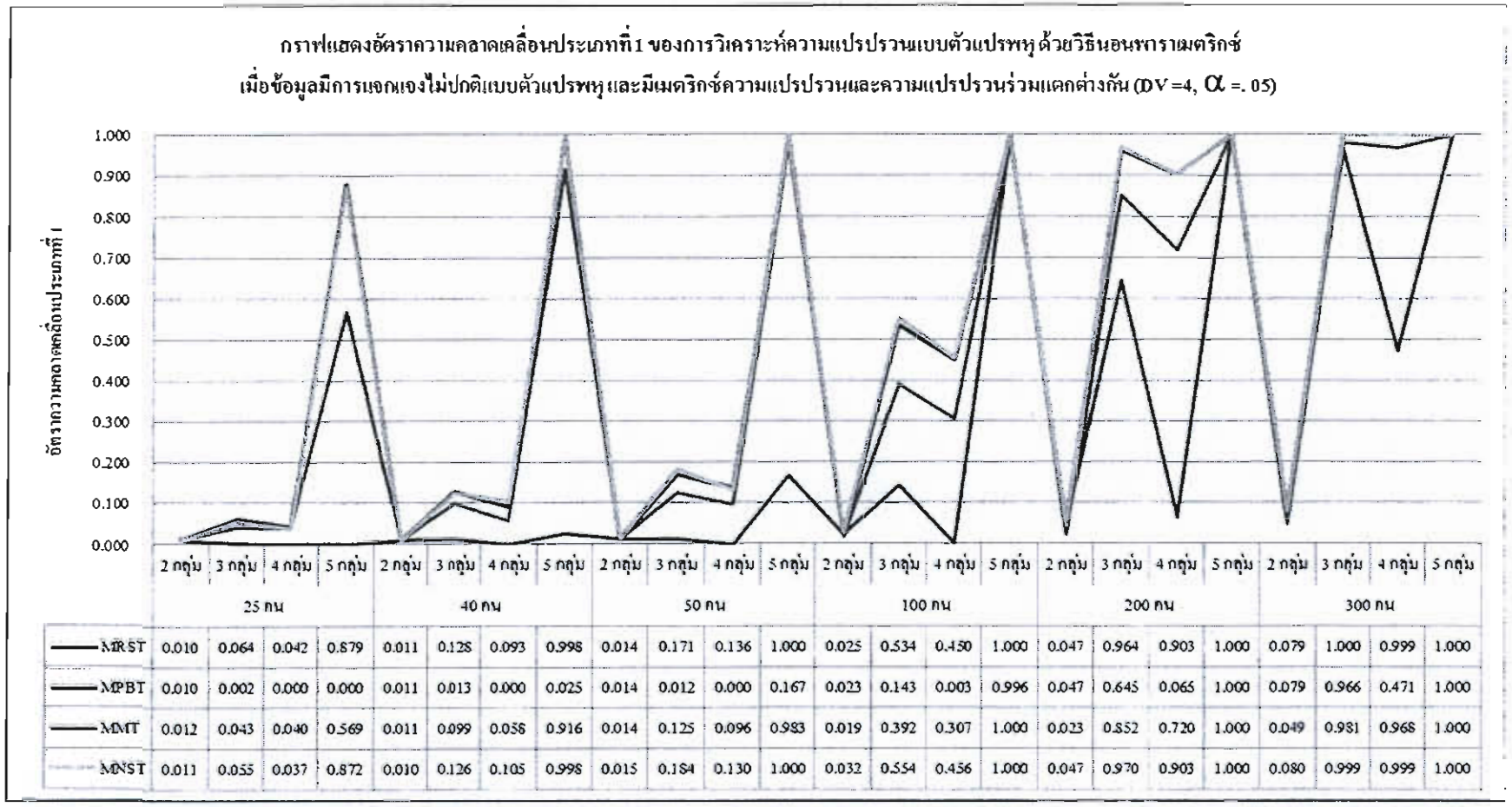
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 และ 4 กลุ่ม ส่วนระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถ

ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

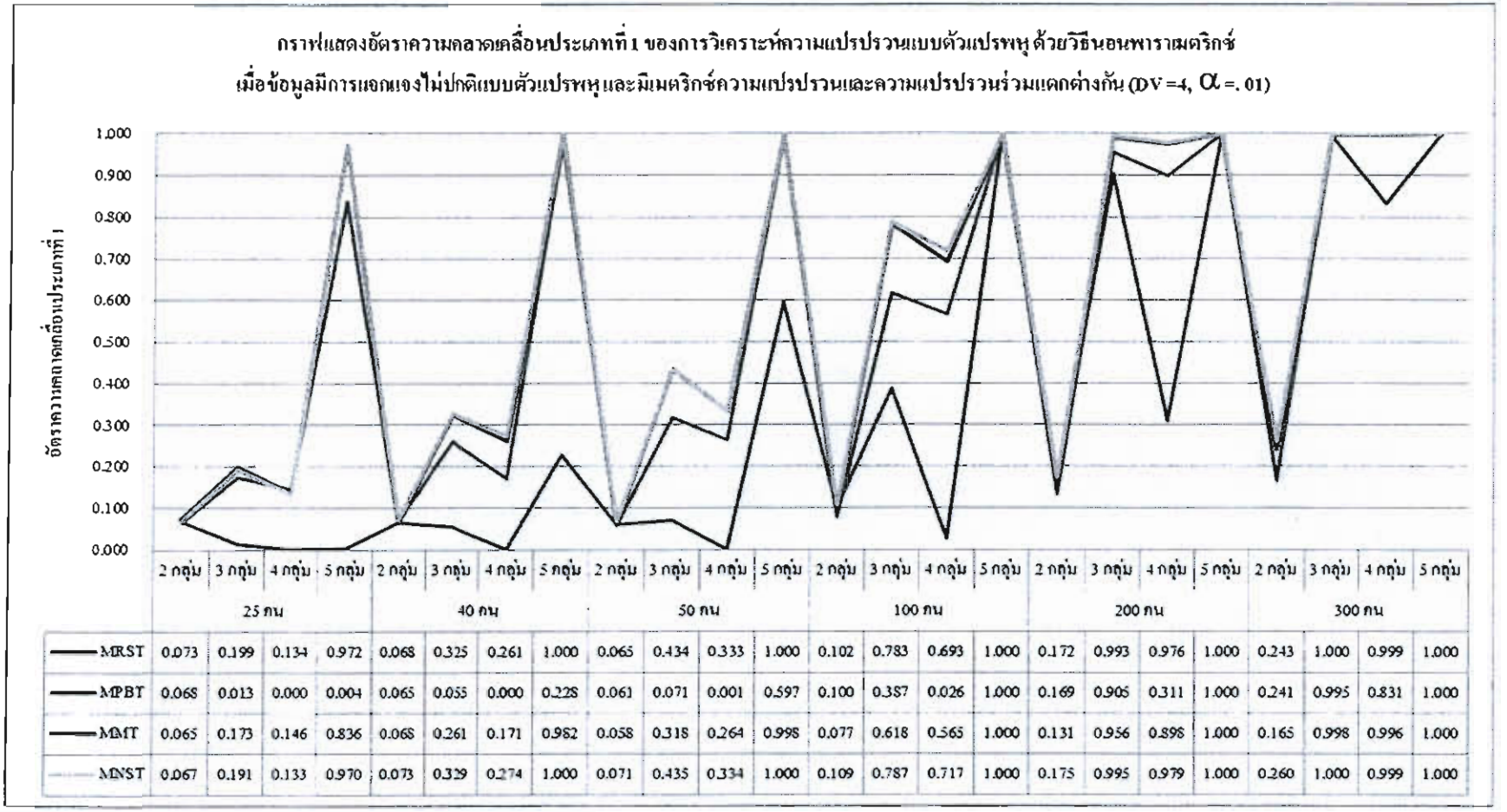
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ไม่เป็นไปดามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม และ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40, 50, 100 และ 200 ภายใต้เงื่อนไข 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 4 กลุ่ม ภายใต้เงื่อนไขขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม ดังภาพที่ 51 และ 52



ภาพที่ 51 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .05)



	25 คน				40 คน				50 คน				100 คน				200 คน				300 คน			
	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม	2 กลุ่ม	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม	5 กลุ่ม
MRST	0.073	0.199	0.134	0.972	0.068	0.325	0.261	1.000	0.065	0.434	0.333	1.000	0.102	0.783	0.693	1.000	0.172	0.993	0.976	1.000	0.243	1.000	0.999	1.000
MPBT	0.068	0.013	0.000	0.004	0.065	0.055	0.000	0.228	0.061	0.071	0.001	0.597	0.100	0.387	0.026	1.000	0.169	0.906	0.311	1.000	0.241	0.995	0.831	1.000
MAT	0.065	0.173	0.146	0.836	0.068	0.261	0.171	0.982	0.058	0.318	0.264	0.998	0.077	0.618	0.565	1.000	0.131	0.956	0.898	1.000	0.165	0.998	0.996	1.000
MNST	0.067	0.191	0.133	0.970	0.073	0.329	0.274	1.000	0.071	0.435	0.334	1.000	0.109	0.787	0.717	1.000	0.175	0.995	0.979	1.000	0.260	1.000	0.999	1.000

ภาพที่ 52 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4, α = .01)

ตารางที่ 32 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05				ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.010	.008	.013	.012	.050	.048	.053	.046
	3	.046	.002	.037	.041	.171	.011	.151	.158
	4	.073	.000	.052	.065	.210	.000	.170	.210
	5	.853	.000	.474	.851	.960	.001	.725	.953
40	**2**	.013	.013	.008	.013	.063	.061	.040	.064
	3	.117	.006	.086	.128	.333	.032	.268	.326
	4	.098	.000	.059	.103	.304	.000	.204	.314
	5	.993	.004	.844	.995	.999	.084	.958	.999
50	**2**	.012	.012	.010	.011	.062	.062	.064	.065
	3	.194	.009	.120	.189	.432	.067	.334	.426
	4	.162	.000	.089	.166	.407	.002	.270	.411
	5	1.000	.083	.940	1.000	1.000	.412	.990	1.000
100	**2**	.023	.023	.015	.024	.074	.073	.060	.082
	3	.567	.124	.395	.584	.781	.344	.631	.801
	4	.540	.003	.326	.562	.791	.038	.576	.825
	5	1.000	.994	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	**2**	.041	.041	.022	.039	.130	.130	.065	.142
	3	.981	.713	.907	.986	.999	.916	.984	.998
	4	.971	.169	.847	.975	.993	.501	.951	.996
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	.048	.048	.016	.054	.174	.173	.099	.189
	3	1.000	.980	.996	1.000	1.000	.997	.999	1.000
	4	1.000	.718	.988	1.000	1.000	.945	.999	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 32 พบว่า เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 5 ตัวแปร มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ระหว่าง .000-.1.000 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง .000-1.000

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 25 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBTสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข และสถิติทดสอบ MMT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 และ 3 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 3, 4 และ 5 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 40 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBTสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม และสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 50 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2, 3 และ 4 กลุ่ม และสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 4 กลุ่ม นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

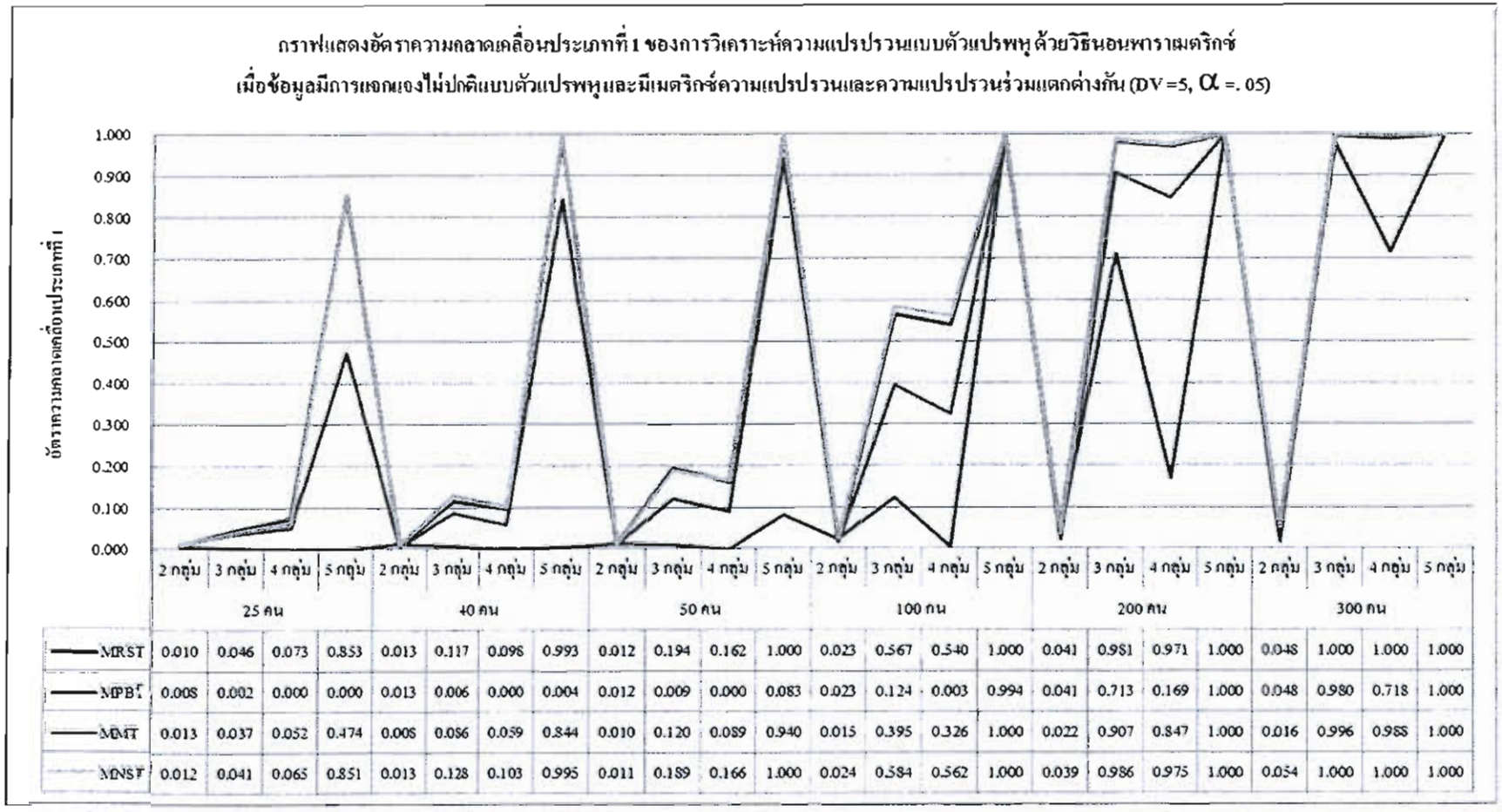
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 100 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 และ 4 กลุ่ม และสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST สามารถควบคุม

อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

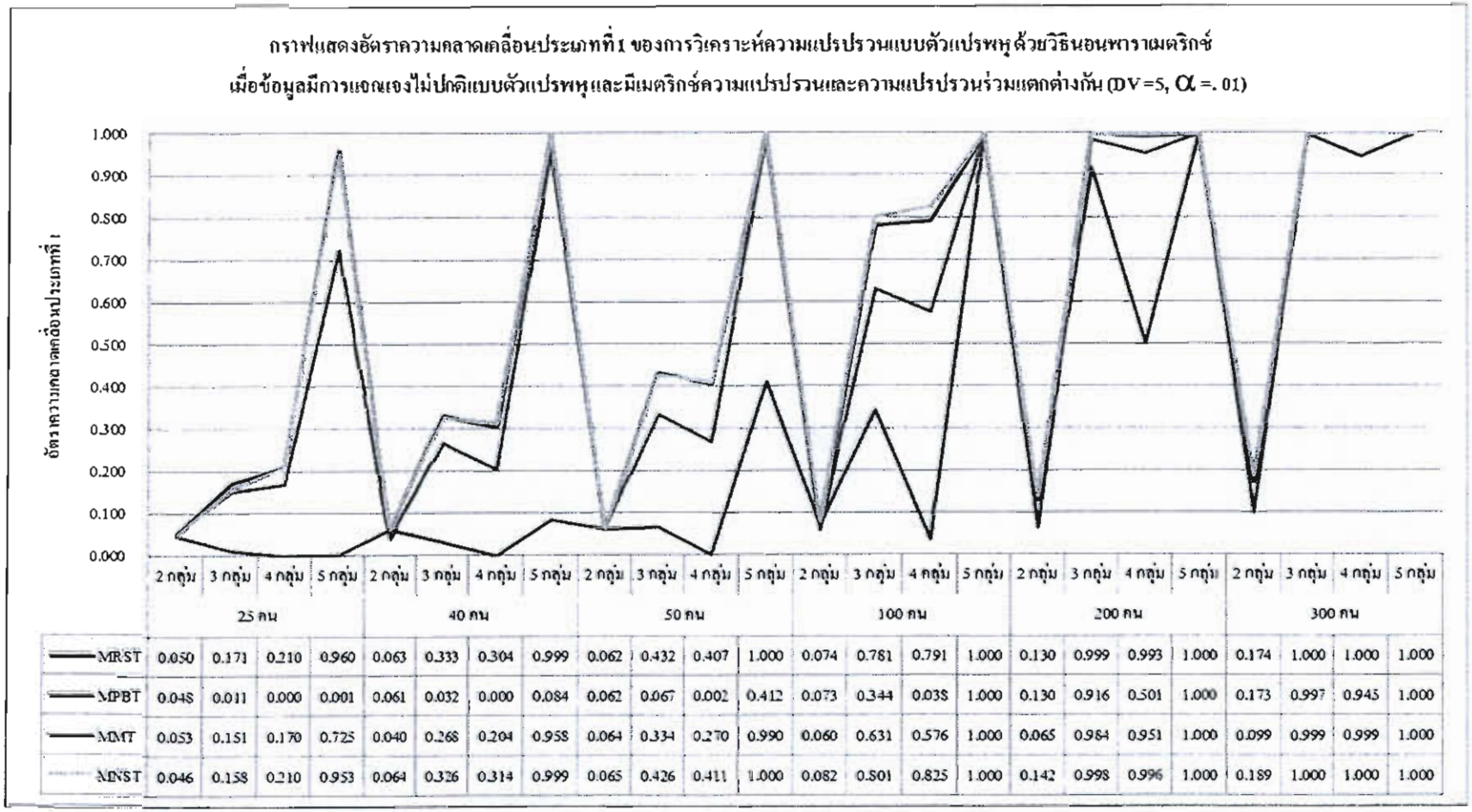
เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 200 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

เมื่อพิจารณาที่เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 300 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมี 2 กลุ่ม ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข นอกนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

สรุปได้ว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 สถิติทดสอบ MRST, MMT, MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST, MMT, MNST สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เมื่อข้อมูลขนาดตัวออย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลขนาดตัวออย่างเท่ากับ 25 ภายใต้เงื่อนไขจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม ดังภาพที่ 53 และ 54



ภาพที่ 53 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .05)



ภาพที่ 54 กราฟแสดงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5, α = .01)

ตอนที่ 3 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี

การวิเคราะห์ในตอนนี้ ผู้วิจัยนำเสนอประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี โดยพิจารณาจากอำนาจการทดสอบต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ .80 และอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต้องมีค่าน้อยหว่าหรือเท่ากับ .057 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 และมีค่าน้อยหว่าหรือเท่ากับ .013 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 ภายใต้สภาพเงื่อนไข ดังนี้

1. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 33-36

2. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 37-40

3. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 41-44

ตารางที่ 33 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.947	.945	.884	.939	.006	.006	.009	.007
	3	.973	.850	.897	.976	.010	.000	.009	.008
	4	.976	.498	.884	.980	.007	.000	.008	.008
	5	.978	.123	.893	.985	.007	.000	.005	.009
40	**2**	.998	.998	.978	.998	.010	.009	.006	.006
	3	.999	.988	.988	1.000	.005	.000	.005	.002
	4	1.000	.930	.989	1.000	.007	.000	.011	.011
	5	.999	.687	.990	1.000	.005	.000	.009	.005
50	**2**	1.000	1.000	.995	1.000	.009	.009	.010	.008
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.000	.004	.002
	4	1.000	.989	.998	1.000	.007	.000	.011	.007

ตารางที่ 33 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	5	1.000	.905	1.000	1.000	.001	.000	.002	.004
100	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.009	.009	.003	.006
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.007	.000	.010	.008
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.000	.003	.004
	5	1.000	.999	1.000	1.000	.001	.000	.003	.000
200	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.003	.003	.002	.002
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.003	.000	.002	.002
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.003	.000	.000	.001
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.002	.001
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.001	.001	.000	.001
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.000	.002	.001
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.001	.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.001	.000	.000	.000

จากตารางที่ 33 พบว่า สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข แสดงว่าสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีประสิทธิภาพภาพในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ 2 ตัวแปร เมื่อข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

ตารางที่ 34 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.824	.817	.697	.817	.043	.042	.054	.046
	3	.889	.560	.721	.902	.042	.006	.047	.043
	4	.898	.133	.700	.912	.040	.000	.036	.043
	5	.912	.006	.676	.929	.045	.000	.037	.050
40	**2**	.991	.989	.921	.990	.042	.040	.039	.041
	3	.991	.930	.951	.994	.037	.002	.039	.032
	4	.995	.666	.945	.996	.044	.000	.043	.037
	5	.997	.249	.945	.996	.038	.000	.028	.037
50	**2**	.996	.995	.972	.994	.041	.038	.041	.044
	3	1.000	.992	.996	1.000	.042	.001	.041	.039
	4	.999	.892	.986	1.000	.040	.000	.043	.035
	5	1.000	.549	.988	1.000	.030	.000	.029	.030
100	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.032	.032	.033	.032
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.036	.005	.036	.038
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.032	.000	.023	.031
	5	1.000	.998	1.000	1.000	.020	.000	.028	.021
200	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.023	.023	.020	.020
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.014	.001	.016	.019
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.015	.000	.016	.013
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.008	.000	.016	.009
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.013	.013	.016	.008
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.011	.000	.014	.013
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.009	.000	.008	.006
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.006	.000	.007	.006

จากตารางที่ 34 พบว่า สถิติทดสอบ MRST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 3 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และ 300 ทุกเงื่อนไข

สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม

สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

ตารางที่ 35 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.947	.946	.884	.950	.008	.008	.007	.007
	3	.974	.783	.927	.984	.008	.000	.005	.008
	4	.961	.274	.888	.969	.005	.000	.006	.004
	5	.963	.021	.882	.969	.011	.000	.008	.008
40	2	.997	.997	.990	.997	.005	.005	.005	.004
	3	.999	.989	.995	.999	.007	.000	.006	.008
	4	.999	.844	.995	1.000	.006	.000	.002	.005
	5	1.000	.390	.997	1.000	.009	.000	.006	.006
50	2	.999	.999	.996	.999	.005	.005	.009	.003
	3	1.000	.999	.999	1.000	.006	.000	.005	.007
	4	1.000	.979	1.000	1.000	.004	.000	.003	.006

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	5	1.000	.756	.999	1.000	.011	.000	.007	.009
100	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.005	.005	.003	.006
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.001	.008	.003
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.000	.004	.001
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.007	.000	.007	.006
200	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.002	.004	.002
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.001	.000	.001	.001
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.000	.001	.003
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.000	.002	.001
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.000	.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.001	.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.001	.000	.001	.001
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.000	.000

จากตารางที่ 35 พบว่า สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข แสดงว่าสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีประสิทธิภาพภาพในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ 3 ตัว เมื่อข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

ตารางที่ 36 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาด	จำนวน	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม	MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.843	.832	.713	.832	.049	.046	.041	.044
	3	.880	.455	.768	.881	.050	.001	.046	.043
	4	.853	.040	.677	.875	.038	.000	.049	.035
	5	.881	.001	.680	.909	.047	.000	.039	.040
40	**2**	.982	.982	.944	.983	.039	.039	.035	.041
	3	.994	.914	.975	.995	.039	.004	.039	.047
	4	.996	.490	.970	.998	.037	.000	.035	.043
	5	.994	.061	.951	.996	.039	.000	.044	.036
50	**2**	.995	.994	.983	.996	.048	.046	.048	.048
	3	.999	.987	.999	.999	.034	.003	.033	.040
	4	1.000	.825	.997	1.000	.031	.000	.037	.032
	5	1.000	.305	.990	1.000	.042	.000	.034	.045
100	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.030	.030	.035	.039
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.027	.002	.035	.022
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.025	.000	.032	.022
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.026	.000	.034	.024
200	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.019	.019	.024	.012
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.019	.001	.018	.016
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.013	.000	.010	.012
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.015	.000	.014	.017
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.008	.008	.011	.011
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.005	.000	.007	.008
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.003	.000	.002	.003
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.005	.000	.004	.007

จากตารางที่ 36 พบว่า สถิติทดสอบ MRST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 กับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม และเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 2 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

ตารางที่ 37 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.955	.949	.916	.955	.003	.001	.006	.004
	3	.980	.795	.951	.981	.009	.000	.006	.009
	4	.974	.195	.912	.980	.008	.000	.011	.008
	5	.975	.009	.895	.988	.007	.000	.007	.010
40	2	.999	.999	.997	.999	.006	.006	.006	.006
	3	1.000	.993	.996	1.000	.008	.000	.008	.005
	4	1.000	.795	.995	1.000	.009	.000	.009	.006
	5	.999	.308	.995	.999	.005	.000	.005	.009
50	2	1.000	1.000	.999	.999	.006	.005	.011	.005
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.008	.000	.009	.006

ตารางที่ 37 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	4	1.000	.968	1.000	1.000	.004	.000	.006	.003
	5	1.000	.674	1.000	1.000	.007	.000	.005	.010
100	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.003	.003	.002	.004
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.006	.000	.004	.004
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.000	.006	.003
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.007	.000	.004	.006
200	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.003	.003	.002	.002
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.001	.000	.004	.002
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.001	.001
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.002	.001
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.000	.000
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.001	.000	.001	.001
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.000	.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.001	.000	.000	.000

จากตารางที่ 37 พบว่า สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข แสดงว่าสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีประสิทธิภาพภาพในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ 3 ตัว เมื่อข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

ตารางที่ 38 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.835	.829	.763	.830	.047	.042	.036	.043
	3	.920	.418	.805	.920	.043	.003	.043	.045
	4	.889	.016	.705	.902	.039	.000	.039	.039
	5	.906	.000	.704	.921	.042	.000	.046	.037
40	2	.990	.988	.979	.989	.037	.033	.045	.033
	3	.999	.923	.979	.998	.040	.002	.031	.035
	4	1.000	.399	.964	1.000	.037	.000	.041	.037
	5	.998	.036	.965	.999	.045	.000	.046	.034
50	2	.999	.999	.995	.999	.039	.037	.037	.037
	3	1.000	.992	.999	1.000	.038	.001	.047	.034
	4	1.000	.782	.997	1.000	.028	.000	.031	.029
	5	1.000	.230	.997	1.000	.043	.000	.032	.041
100	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.031	.030	.033	.029
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.044	.001	.037	.044
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.030	.000	.032	.033
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.030	.000	.038	.028
200	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.019	.019	.018	.025
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.018	.001	.021	.013
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.011	.000	.012	.012
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.013	.000	.008	.011
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.009	.009	.009	.006
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.007	.000	.007	.009
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.000	.004	.001
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.006	.000	.004	.007

จากตารางที่ 38 พบว่า สถิติทดสอบ MRST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 กับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

ตารางที่ 39 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.947	.945	.884	.939	.006	.006	.009	.007
	3	.980	.751	.946	.982	.010	.009	.006	.006
	4	.976	.103	.891	.984	.009	.009	.010	.008
	5	.978	.004	.912	.987	.009	.009	.003	.006
40	**2**	.998	.998	.978	.998	.003	.003	.002	.002
	3	1.000	.981	.995	1.000	.001	.001	.000	.001
	4	1.000	.730	.995	1.000	.010	.000	.011	.011
	5	1.000	.165	.997	1.000	.005	.000	.004	.001
50	**2**	1.000	1.000	.995	1.000	.007	.000	.009	.008
	3	1.000	.999	.999	1.000	.002	.000	.004	.001
	4	1.000	.942	1.000	1.000	.003	.000	.000	.002

ตารางที่ 39 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	5	1.000	.499	1.000	1.000	.000	.000	.000	.000
100	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.004	.000	.009	.002
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.007	.000	.011	.006
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.006	.000	.007	.003
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.001	.000	.001	.001
200	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.003	.000	.000	.001
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.001	.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.015	.000	.010	.013
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.005	.000	.002	.004
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.004	.000	.008	.003
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.003	.000	.004	.003
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.000	.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.000	.000	.001	.000

จากตารางที่ 39 พบว่า สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข แสดงว่าสถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีประสิทธิภาพภาพในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ 3 ตัว เมื่อข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

ตารางที่ 40 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพารามเตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.824	.817	.697	.817	.043	.042	.054	.046
	3	.915	.329	.811	.912	.042	.040	.039	.041
	4	.885	.006	.717	.905	.041	.038	.041	.044
	5	.898	.000	.728	.924	.032	.032	.033	.032
40	2	.991	.989	.921	.990	.023	.023	.020	.020
	3	.994	.918	.982	.995	.013	.013	.016	.008
	4	.997	.290	.955	.998	.039	.002	.041	.038
	5	1.000	.008	.964	1.000	.039	.000	.042	.037
50	2	.996	.995	.972	.994	.042	.001	.050	.040
	3	1.000	.988	.997	1.000	.022	.000	.029	.021
	4	1.000	.716	.996	1.000	.016	.000	.009	.014
	5	1.000	.129	.997	1.000	.004	.000	.001	.005
100	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.033	.000	.041	.027
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.035	.000	.038	.037
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.040	.000	.031	.034
	5	1.000	.999	1.000	1.000	.020	.000	.016	.022
200	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.008	.000	.011	.014
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.003	.000	.003	.003
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.054	.000	.048	.052
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.035	.000	.038	.034
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.031	.000	.032	.034
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.024	.000	.028	.023
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.011	.000	.007	.013
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.002	.000	.002	.004

จากตารางที่ 40 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 41 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.540	.533	.380	.557	.073	.063	.069	.067
	3	.498	.219	.277	.542	.139	.020	.107	.134
	4	.485	.038	.247	.569	.111	.000	.096	.117
	5	.452	.002	.213	.577	.156	.000	.107	.160
40	**2**	.742	.737	.480	.773	.060	.057	.056	.063
	3	.686	.426	.386	.758	.228	.061	.156	.234
	4	.702	.157	.408	.796	.192	.002	.134	.208
	5	.662	.020	.333	.798	.217	.000	.128	.232
50	**2**	.857	.855	.620	.882	.076	.074	.065	.076
	3	.831	.566	.491	.883	.274	.083	.181	.278
	4	.809	.269	.493	.896	.221	.004	.146	.216
	5	.792	.046	.445	.898	.288	.001	.190	.299
100	**2**	.994	.994	.903	.996	.091	.088	.067	.081
	3	.992	.941	.834	.997	.529	.245	.358	.531
	4	.989	.803	.827	.998	.455	.035	.271	.471
	5	.988	.451	.771	1.000	.551	.008	.337	.570
200	**2**	1.000	1.000	.997	1.000	.117	.117	.078	.129
	3	1.000	1.000	.997	1.000	.887	.673	.650	.912
	4	1.000	.999	.998	1.000	.842	.189	.536	.857
	5	1.000	.983	.998	1.000	.925	.075	.652	.931
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.182	.181	.098	.193
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.992	.924	.869	.991

ตารางที่ 41 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.968	.509	.765	.976
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.996	.403	.910	.999

จากตารางที่ 41 พบว่า สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

นอกนั้นมีประสิทธิภาพ ในการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 42 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.283	.269	.178	.282	.015	.015	.010	.009
	3	.272	.059	.100	.296	.034	.003	.027	.033
	4	.258	.003	.087	.342	.038	.000	.020	.033
	5	.247	.000	.068	.347	.050	.000	.022	.050
40	2	.522	.516	.283	.528	.013	.013	.017	.014
	3	.485	.165	.188	.541	.087	.008	.046	.088
	4	.485	.032	.180	.612	.057	.000	.040	.059
	5	.428	.002	.137	.605	.074	.000	.031	.069
50	2	.660	.656	.358	.680	.018	.016	.011	.013
	3	.636	.284	.273	.713	.111	.015	.060	.115

ตารางที่ 42 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	4	.635	.070	.254	.758	.077	.001	.041	.075
	5	.586	.003	.226	.757	.116	.000	.066	.124
100	2	.968	.968	.738	.980	.021	.020	.012	.020
	3	.958	.797	.618	.986	.298	.071	.159	.293
	4	.969	.511	.644	.992	.228	.002	.092	.238
	5	.951	.148	.556	.997	.310	.000	.128	.328
200	2	1.000	1.000	.986	1.000	.026	.026	.013	.037
	3	1.000	.999	.971	1.000	.718	.343	.409	.738
	4	1.000	.992	.988	1.000	.599	.039	.279	.631
	5	1.000	.918	.974	1.000	.764	.006	.399	.795
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.052	.052	.026	.059
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.939	.718	.667	.955
	4	1.000	1.000	.999	1.000	.885	.155	.534	.895
	5	1.000	.999	1.000	1.000	.978	.089	.744	.979

จากตารางที่ 42 พบว่า สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม

นอกนั้นมีประสิทธิภาพ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 43 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.523	.509	.343	.520	.053	.050	.049	.055
	3	.473	.166	.267	.515	.172	.015	.137	.170
	4	.469	.020	.235	.568	.151	.001	.114	.148
	5	.803	.004	.456	.840	.669	.001	.465	.662
40	**2**	.741	.735	.518	.760	.055	.054	.064	.058
	3	.724	.366	.398	.778	.275	.045	.209	.284
	4	.733	.093	.383	.825	.185	.000	.144	.189
	5	.984	.075	.728	.991	.906	.011	.728	.903
50	**2**	.855	.852	.663	.882	.080	.078	.075	.077
	3	.851	.559	.538	.893	.302	.070	.231	.318
	4	.858	.223	.522	.923	.276	.001	.222	.285
	5	.995	.251	.836	.998	.978	.057	.854	.974
100	**2**	.996	.996	.926	.996	.086	.086	.084	.090
	3	.989	.959	.877	.999	.666	.294	.507	.670
	4	.997	.805	.869	1.000	.547	.027	.420	.556
	5	1.000	.961	.998	1.000	1.000	.833	.998	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.998	1.000	.157	.157	.125	.155
	3	1.000	1.000	.996	1.000	.974	.809	.892	.981
	4	1.000	1.000	.999	1.000	.934	.275	.829	.943
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.201	.201	.165	.213
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.998	.978	.987	.999
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.996	.659	.964	.997
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 43 พบว่า สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม

นอกนั้นมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 44 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.262	.246	.149	.240	.008	.007	.011	.008
	3	.258	.029	.097	.278	.042	.001	.031	.040
	4	.250	.003	.078	.317	.041	.000	.030	.049
	5	.576	.000	.234	.644	.396	.000	.230	.393
40	2	.491	.481	.269	.501	.007	.006	.008	.008
	3	.501	.128	.163	.549	.108	.006	.060	.098
	4	.498	.015	.167	.619	.060	.000	.051	.062
	5	.895	.007	.472	.941	.752	.001	.478	.745
50	2	.675	.671	.384	.688	.018	.018	.017	.014
	3	.682	.248	.270	.734	.128	.013	.078	.124
	4	.695	.047	.277	.805	.110	.000	.086	.112
	5	.967	.056	.626	.982	.902	.003	.673	.905
100	2	.982	.982	.800	.989	.021	.020	.015	.022
	3	.976	.837	.683	.986	.401	.082	.276	.400
	4	.986	.491	.680	.998	.289	.001	.212	.303
	5	1.000	.802	.979	1.000	1.000	.494	.986	1.000
200	2	1.000	1.000	.994	1.000	.047	.046	.030	.039
	3	1.000	1.000	.980	1.000	.891	.494	.707	.895
	4	1.000	.990	.983	1.000	.805	.057	.616	.812

ตารางที่ 44 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.079	.079	.046	.081
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.988	.871	.947	.991
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.963	.253	.878	.970
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 44 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 45 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.463	.444	.307	.465	.064	.057	.054	.063
	3	.440	.101	.250	.472	.195	.020	.165	.201
	4	.433	.006	.214	.495	.158	.000	.149	.161
	5	.967	.018	.763	.971	.962	.002	.801	.966
40	2	.711	.701	.465	.734	.059	.056	.068	.061
	3	.662	.270	.386	.722	.336	.047	.251	.345
	4	.675	.038	.388	.762	.279	.002	.208	.277
	5	1.000	.352	.969	1.000	.998	.217	.983	.998
50	2	.809	.802	.557	.835	.081	.072	.069	.077
	3	.797	.420	.475	.846	.417	.075	.324	.433
	4	.803	.102	.460	.886	.298	.001	.243	.309
	5	1.000	.707	.996	1.000	1.000	.585	.997	1.000

ตารางที่ 45 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
100	**2**	.986	.985	.891	.994	.117	.115	.083	.119
	3	.990	.924	.829	.995	.756	.355	.613	.784
	4	.995	.626	.833	.998	.702	.029	.549	.705
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.996	1.000	.171	.167	.132	.181
	3	1.000	1.000	.997	1.000	.986	.891	.943	.991
	4	1.000	.998	.996	1.000	.977	.330	.898	.985
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.242	.240	.157	.267
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.996	.998	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	.837	.994	.999
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 45 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 46 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.199	.190	.120	.203	.009	.008	.015	.009
	3	.212	.018	.083	.227	.068	.002	.051	.069
	4	.189	.000	.065	.253	.046	.000	.040	.042

ตารางที่ 46 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	5	.886	.000	.519	.896	.867	.000	.555	.855
40	2	.426	.414	.214	.441	.020	.019	.011	.016
	3	.420	.077	.161	.482	.125	.007	.089	.118
	4	.456	.003	.160	.563	.093	.000	.061	.099
	5	.998	.068	.903	.999	.996	.022	.922	.996
50	2	.583	.576	.333	.587	.014	.012	.008	.019
	3	.591	.172	.233	.647	.181	.010	.118	.182
	4	.588	.010	.218	.714	.123	.000	.078	.120
	5	1.000	.300	.967	1.000	1.000	.150	.984	1.000
100	2	.939	.938	.722	.961	.034	.032	.021	.036
	3	.966	.731	.612	.986	.539	.118	.354	.548
	4	.963	.311	.615	.993	.424	.001	.271	.452
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	2	1.000	1.000	.983	1.000	.052	.051	.025	.052
	3	1.000	1.000	.977	1.000	.954	.667	.833	.958
	4	1.000	.969	.977	1.000	.901	.088	.730	.918
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.082	.082	.040	.086
	3	1.000	1.000	.999	1.000	1.000	.973	.988	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.996	.504	.967	.997
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 46 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 47 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.540	.533	.380	.557	.073	.063	.069	.067
	3	.471	.084	.243	.501	.194	.014	.173	.196
	4	.473	.004	.217	.543	.192	.000	.135	.199
	5	.972	.004	.735	.981	.953	.000	.733	.963
40	**2**	.742	.737	.480	.773	.060	.057	.056	.063
	3	.730	.293	.390	.780	.356	.047	.268	.356
	4	.750	.029	.359	.852	.293	.000	.209	.318
	5	1.000	.182	.950	1.000	1.000	.121	.947	1.000
50	**2**	.857	.855	.620	.882	.076	.074	.065	.076
	3	.845	.447	.488	.894	.427	.069	.328	.429
	4	.846	.083	.508	.922	.387	.002	.277	.412
	5	1.000	.555	.989	1.000	1.000	.408	.992	1.000
100	**2**	.994	.994	.903	.996	.091	.088	.067	.081
	3	.994	.946	.856	.999	.815	.396	.666	.824
	4	.997	.689	.865	1.000	.806	.036	.621	.826
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.997	1.000	.117	.117	.078	.129
	3	1.000	1.000	.997	1.000	.999	.930	.979	.999
	4	1.000	1.000	.998	1.000	.995	.504	.941	.995
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.182	.181	.098	.193
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.940	1.000	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 47 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 48 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.283	.269	.178	.282	.015	.015	.010	.009
	3	.230	.012	.069	.245	.050	.000	.043	.048
	4	.249	.000	.072	.307	.054	.000	.039	.063
	5	.895	.001	.465	.911	.847	.000	.466	.844
40	2	.522	.516	.283	.528	.013	.013	.017	.014
	3	.519	.083	.165	.558	.136	.009	.112	.129
	4	.514	.007	.136	.643	.124	.000	.065	.123
	5	.999	.031	.820	1.000	.996	.016	.848	.995
50	2	.660	.656	.358	.680	.018	.016	.011	.013
	3	.660	.172	.218	.737	.190	.010	.140	.194
	4	.684	.017	.228	.801	.154	.000	.091	.162
	5	1.000	.197	.942	1.000	1.000	.075	.954	1.000
100	2	.968	.968	.738	.980	.021	.020	.012	.020
	3	.979	.830	.675	.990	.584	.123	.411	.607
	4	.989	.383	.673	.997	.573	.005	.340	.602
	5	1.000	.997	1.000	1.000	1.000	.995	1.000	1.000
200	2	1.000	1.000	.986	1.000	.026	.026	.013	.037
	3	1.000	1.000	.986	1.000	.980	.731	.901	.987
	4	1.000	.988	.980	1.000	.976	.179	.828	.985
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.052	.052	.026	.059
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.989	.997	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.718	.989	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 48 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 49 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.517	.507	.362	.532	.010	.008	.013	.012
	3	.494	.213	.266	.536	.043	.003	.034	.037
	4	.508	.043	.244	.596	.045	.000	.031	.040
	5	.454	.002	.231	.578	.049	.000	.023	.049
40	**2**	.749	.745	.490	.776	.013	.013	.008	.013
	3	.741	.427	.408	.811	.075	.008	.044	.074
	4	.710	.144	.368	.812	.062	.000	.025	.059
	5	.698	.036	.356	.812	.059	.000	.041	.056
50	**2**	.830	.826	.581	.850	.012	.012	.010	.011
	3	.798	.548	.482	.863	.098	.013	.056	.102
	4	.840	.265	.512	.921	.074	.000	.036	.075
	5	.776	.051	.446	.895	.106	.000	.053	.111
100	**2**	.990	.990	.884	.996	.023	.023	.015	.024
	3	.994	.950	.839	.999	.307	.062	.131	.319
	4	.991	.828	.860	.999	.206	.000	.088	.210
	5	.989	.456	.810	.999	.324	.000	.170	.335
200	**2**	1.000	1.000	.998	1.000	.041	.041	.022	.039
	3	1.000	1.000	.999	1.000	.705	.331	.369	.731
	4	1.000	.998	.999	1.000	.614	.044	.271	.640
	5	1.000	.990	.994	1.000	.780	.012	.425	.814
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.048	.048	.016	.054
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.939	.715	.659	.954
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.901	.186	.499	.914
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	.979	.085	.748	.985

จากตารางที่ 49 พบว่า สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 5 กลุ่ม

สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100, 200 และ 300 ภายใต้เงื่อนไขจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม

สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข ยกเว้นเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 ภายใต้เงื่อนไขจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม

ตารางที่ 50 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 2) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.279	.274	.148	.276	.050	.048	.053	.046
	3	.259	.051	.093	.283	.152	.030	.109	.156
	4	.264	.006	.089	.336	.128	.002	.104	.132
	5	.250	.000	.072	.352	.158	.000	.108	.160
40	**2**	.512	.500	.278	.522	.063	.061	.040	.064
	3	.487	.178	.183	.560	.219	.056	.123	.222
	4	.475	.037	.177	.608	.184	.005	.113	.179
	5	.453	.003	.151	.633	.194	.000	.134	.201
50	**2**	.631	.622	.340	.636	.062	.062	.064	.065
	3	.593	.275	.268	.677	.259	.076	.179	.271
	4	.644	.067	.248	.776	.225	.004	.135	.222
	5	.591	.006	.207	.760	.293	.000	.180	.293
100	**2**	.962	.959	.733	.978	.074	.073	.060	.082
	3	.957	.810	.639	.990	.561	.257	.353	.571

ตารางที่ 50 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	4	.959	.531	.660	.993	.433	.029	.268	.446
	5	.957	.142	.589	.994	.565	.004	.362	.585
200	2	1.000	1.000	.990	1.000	.130	.130	.065	.142
	3	1.000	1.000	.978	1.000	.887	.656	.619	.895
	4	1.000	.993	.979	1.000	.847	.192	.539	.850
	5	1.000	.902	.969	1.000	.930	.110	.697	.940
300	2	1.000	1.000	.999	1.000	.174	.173	.099	.189
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.987	.919	.869	.989
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.971	.509	.761	.981
	5	1.000	.999	1.000	1.000	.999	.395	.920	1.000

จากตารางที่ 50 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 51 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.501	.486	.329	.500	.006	.006	.009	.007
	3	.522	.175	.265	.563	.053	.001	.050	.052
	4	.498	.016	.251	.568	.034	.000	.032	.032
	5	.809	.009	.473	.841	.410	.000	.230	.405
40	2	.741	.738	.510	.761	.017	.016	.011	.017
	3	.735	.376	.428	.783	.085	.005	.065	.085
	4	.753	.102	.408	.839	.065	.000	.059	.069

ตารางที่ 51 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	5	.972	.100	.724	.983	.772	.000	.489	.772
50	2	.845	.838	.628	.858	.021	.020	.015	.016
	3	.856	.545	.531	.898	.134	.010	.085	.130
	4	.845	.192	.472	.923	.093	.000	.060	.096
	5	.988	.260	.857	.997	.887	.005	.639	.880
100	2	.995	.995	.924	.995	.020	.020	.019	.024
	3	.997	.963	.870	1.000	.411	.092	.288	.427
	4	.999	.784	.855	1.000	.277	.005	.170	.283
	5	1.000	.966	.996	1.000	1.000	.465	.990	1.000
200	2	1.000	1.000	.999	1.000	.031	.031	.026	.037
	3	1.000	1.000	.999	1.000	.880	.525	.716	.896
	4	1.000	.999	.998	1.000	.753	.056	.592	.782
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.051	.050	.043	.052
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	.987	.876	.948	.991
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.976	.260	.879	.982
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 51 พบว่า สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม นอกจากนั้น สถิติทดสอบ MPBT ยังมีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 4 กลุ่ม

ตารางที่ 52 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 3) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.262	.246	.149	.240	.050	.045	.048	.053
	3	.258	.029	.097	.278	.174	.024	.156	.177
	4	.250	.003	.078	.317	.144	.001	.118	.146
	5	.576	.000	.234	.644	.689	.001	.463	.686
40	**2**	.491	.481	.269	.501	.067	.066	.058	.071
	3	.501	.128	.163	.549	.244	.044	.182	.251
	4	.498	.015	.167	.619	.204	.005	.159	.200
	5	.895	.007	.472	.941	.921	.017	.745	.925
50	**2**	.675	.671	.384	.688	.066	.066	.068	.069
	3	.682	.248	.270	.734	.292	.068	.246	.302
	4	.695	.047	.277	.805	.251	.002	.204	.251
	5	.967	.056	.626	.982	.960	.057	.847	.967
100	**2**	.982	.982	.800	.989	.110	.107	.088	.108
	3	.976	.837	.683	.986	.670	.294	.535	.676
	4	.986	.491	.680	.998	.539	.026	.396	.545
	5	1.000	.802	.979	1.000	1.000	.840	.998	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.994	1.000	.140	.138	.116	.151
	3	1.000	1.000	.980	1.000	.971	.812	.899	.980
	4	1.000	.990	.983	1.000	.913	.248	.794	.916
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.191	.189	.143	.196
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.982	.992	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.997	.634	.968	.998
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 52 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 53 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.463	.444	.307	.465	.010	.010	.012	.011
	3	.440	.101	.250	.472	.064	.002	.043	.055
	4	.433	.006	.214	.495	.042	.000	.040	.037
	5	.967	.018	.763	.971	.879	.000	.569	.872
40	**2**	.711	.701	.465	.734	.011	.011	.011	.010
	3	.662	.270	.386	.722	.128	.013	.099	.126
	4	.675	.038	.388	.762	.093	.000	.058	.105
	5	1.000	.352	.969	1.000	.998	.025	.916	.998
50	**2**	.809	.802	.557	.835	.014	.014	.014	.015
	3	.797	.420	.475	.846	.171	.012	.125	.184
	4	.803	.102	.460	.886	.136	.000	.096	.130
	5	1.000	.707	.996	1.000	1.000	.167	.983	1.000
100	**2**	.986	.985	.891	.994	.025	.023	.019	.032
	3	.990	.924	.829	.995	.534	.143	.392	.554
	4	.995	.626	.833	.998	.450	.003	.307	.456
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.996	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.996	1.000	.047	.047	.023	.047
	3	1.000	1.000	.997	1.000	.964	.645	.852	.970
	4	1.000	.998	.996	1.000	.903	.065	.720	.903
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.079	.079	.049	.080
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.966	.981	.999
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	.471	.968	.999
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 53 พบว่า สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 50, 100 และ 200 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ในขณะที่สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่าง เท่ากับ100, 200 และ 300 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม

ตารางที่ 54 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 4) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.199	.190	.120	.203	.073	.068	.065	.067
	3	.212	.018	.083	.227	.199	.013	.173	.191
	4	.189	.000	.065	.253	.134	.000	.146	.133
	5	.886	.000	.519	.896	.972	.004	.836	.970
40	2	.426	.414	.214	.441	.068	.065	.068	.073
	3	.420	.077	.161	.482	.325	.055	.261	.329
	4	.456	.003	.160	.563	.261	.000	.171	.274
	5	.998	.068	.903	.999	1.000	.228	.982	1.000
50	2	.583	.576	.333	.587	.065	.061	.058	.071
	3	.591	.172	.233	.647	.434	.071	.318	.435
	4	.588	.010	.218	.714	.333	.001	.264	.334
	5	1.000	.300	.967	1.000	1.000	.597	.998	1.000
100	2	.939	.938	.722	.961	.102	.100	.077	.109
	3	.966	.731	.612	.986	.783	.387	.618	.787
	4	.963	.311	.615	.993	.693	.026	.565	.717
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	2	1.000	1.000	.983	1.000	.172	.169	.131	.175
	3	1.000	1.000	.977	1.000	.993	.905	.956	.995
	4	1.000	.969	.977	1.000	.976	.311	.898	.979
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 54 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.243	.241	.165	.260
	3	1.000	1.000	.999	1.000	1.000	.995	.998	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	.999	.831	.996	.999
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 54 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 55 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพารามเตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	2	.540	.533	.380	.557	.010	.008	.013	.012
	3	.471	.084	.243	.501	.046	.002	.037	.041
	4	.473	.004	.217	.543	.073	.000	.052	.065
	5	.972	.004	.735	.981	.853	.000	.474	.851
40	2	.742	.737	.480	.773	.013	.013	.008	.013
	3	.730	.293	.390	.780	.117	.006	.086	.128
	4	.750	.029	.359	.852	.098	.000	.059	.103
	5	1.000	.182	.950	1.000	.993	.004	.844	.995
50	2	.857	.855	.620	.882	.012	.012	.010	.011
	3	.845	.447	.488	.894	.194	.009	.120	.189
	4	.846	.083	.508	.922	.162	.000	.089	.166
	5	1.000	.555	.989	1.000	1.000	.083	.940	1.000

ตารางที่ 55 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
100	**2**	.994	.994	.903	.996	.023	.023	.015	.024
	3	.994	.946	.856	.999	.567	.124	.395	.584
	4	.997	.689	.865	1.000	.540	.003	.326	.562
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.994	1.000	1.000
200	**2**	1.000	1.000	.997	1.000	.041	.041	.022	.039
	3	1.000	1.000	.997	1.000	.981	.713	.907	.986
	4	1.000	1.000	.998	1.000	.971	.169	.847	.975
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	**2**	1.000	1.000	1.000	1.000	.048	.048	.016	.054
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.980	.996	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.718	.988	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 55 พบว่า สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ในขณะที่สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100, 200 และ 300 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม

ตารางที่ 56 ประสิทธิภาพ ของการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริกซ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน (DV = 5) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
25	**2**	.283	.269	.178	.282	.050	.048	.053	.046
	3	.230	.012	.069	.245	.171	.011	.151	.158

ตารางที่ 56 (ต่อ)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่ม	อำนาจการทดสอบ				อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1			
		MRST	MPBT	MMT	MNST	MRST	MPBT	MMT	MNST
	4	.249	.000	.072	.307	.210	.000	.170	.210
	5	.895	.001	.465	.911	.960	.001	.725	.953
40	2	.522	.516	.283	.528	.063	.061	.040	.064
	3	.519	.083	.165	.558	.333	.032	.268	.326
	4	.514	.007	.136	.643	.304	.000	.204	.314
	5	.999	.031	.820	1.000	.999	.084	.958	.999
50	2	.660	.656	.358	.680	.062	.062	.064	.065
	3	.660	.172	.218	.737	.432	.067	.334	.426
	4	.684	.017	.228	.801	.407	.002	.270	.411
	5	1.000	.197	.942	1.000	1.000	.412	.990	1.000
100	2	.968	.968	.738	.980	.074	.073	.060	.082
	3	.979	.830	.675	.990	.781	.344	.631	.801
	4	.989	.383	.673	.997	.791	.038	.576	.825
	5	1.000	.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
200	2	1.000	1.000	.986	1.000	.130	.130	.065	.142
	3	1.000	1.000	.986	1.000	.999	.916	.984	.998
	4	1.000	.988	.980	1.000	.993	.501	.951	.996
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
300	2	1.000	1.000	1.000	1.000	.174	.173	.099	.189
	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.997	.999	1.000
	4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.945	.999	1.000
	5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 56 พบว่า ประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาในครั้งนี้มีมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง คือ สถิติทดสอบมัธยฐาน (MMT) สถิติทดสอบคะแนนปกติ (MNST) สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ (MRST) และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ (MPBT) ข้อมูลมีการแจกแจง 2 ลักษณะ ได้แก่ การแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และการแจกแจงปกติไม่แบบตัวแปรพหุ, ความเท่ากันและไม่เท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม, ตัวแปรตาม จำนวน 5 ตัว, จำนวนกลุ่มของประชากร 5 กลุ่ม ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40, 50, 100, 200 และ 300 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ . 05 และ .01 โดยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation technique) ในการจำลองสถานการณ์ โดยดำเนินการจำลองสถานการณ์เงื่อนไขละ 1,000 รอบ ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดค่าอำนาจการทดสอบที่ยอมรับได้ มีค่าตั้งแต่ .80 เป็นต้นไป และกำหนดช่วงที่ยอมรับอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และน้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

สรุปผลการวิจัย

1. อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ภายใต้สภาพเงื่อนไขต่าง ๆ สรุปผลได้ดังนี้

1.1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

1.1.1 เมื่อมีตัวแปรตาม 2 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 50 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 100 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ต้องมีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม ในขณะที่สถิติทดสอบ MMT ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 100 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 2 กลุ่ม ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 จะมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม

1.1.2 เมื่อมีตัวแปรตาม 3 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 100 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ต้องมีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 100 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ต้องมีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม เมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ต้องมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม เมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ต้องมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 4 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MMT จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 40 ขึ้นไป หากมีขนาตัวอย่างน้อยกว่า 40 จะมีอำนาจการการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข

1.1.3 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 100 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ต้องมีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 100 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ต้องมีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม เมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ต้องมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม ในขณะที่สถิติทดสอบ MMT จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 40 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 40 จะมีอำนาจการการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข

1.1.4 เมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 5 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 100 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ต้องมีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 100 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ต้องมีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม เมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ต้องมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม ในขณะที่สถิติทดสอบ MMT จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 40 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 40 จะมีอำนาจการการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข

1.2 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน

1.2.1 เมื่อมีตัวแปรตาม 2 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป ในขณะที่สถิติทดสอบ MRST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่

200 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 จะมีอำนาจการการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม และเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 จำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป หากมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป ซึ่งในสถิติทดสอบยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 2 กลุ่มด้วย

1.2.2 เมื่อมีตัวแปรตาม 3 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป โดยสถิติทดสอบ MRST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่าง 50 ด้วย หากมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 จะมีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อมีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่าง 50 ด้วย หากข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ซึ่งสถิติทดสอบ MRST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป ซึ่งในสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 5 กลุ่มด้วย สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 2 และ 5 กลุ่มด้วย

1.2.3 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST MPBT, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป โดยสถิติทดสอบ MRST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2, 4 และ5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 มีจำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป และเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป ซึ่งในสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 2 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40, 50 และ 100 ที่จำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม

1.2.4 เมื่อมีตัวแปรตาม 5 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป และยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป โดยสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป และเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม นอกจากนี้สถิติทดสอบ

MRST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 จำนวนกลุ่ม 2 กลุ่มด้วย ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป ซึ่งในสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

1.3 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

1.3.1 เมื่อมีตัวแปรตาม 2 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป โดยสถิติทดสอบ MRST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 และ 3 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ทุกเงื่อนไข และในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป และอำนาจการทดสอบเป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 มีจำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 4 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป ซึ่งในสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 2 และ 3 กลุ่ม

1.3.2 เมื่อมีตัวแปรตาม 3 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป โดยสถิติทดสอบ MRST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป โดยสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจ

การทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2กลุ่ม และสถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป และยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป ซึ่งในสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 2 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

1.3.3 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป โดยสถิติทดสอบ MRST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป และยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป ซึ่งในสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40, 50 และ 100 จำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

1.3.4 เมื่อมีตัวแปรตาม 5 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป และยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาด

ตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป และยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป และยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม และเมื่อข้อมูลที่มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 5 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป และยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาตตัวอย่างตั้งแต่ 200 ขึ้นไป ซึ่งในสถิติทดสอบ MPBT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 จำนวนกลุ่ม 2, 3 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังให้อำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40, 50 และ 100 จำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

2. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริก โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบ ผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ภายใต้สภาพเงื่อนไขต่าง ๆ สรุปผลได้ดังนี้

2.1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

2.1.1 เมื่อมีตัวแปรตาม 2 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40, 50, 100 และ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปดามเกณฑ์ที่

กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม

2.1.2 เมื่อมีตัวแปรตาม 3 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 โดยสถิติทดสอบ MRST และ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40, 50, 100 และ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม

2.1.3 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 โดยสถิติทดสอบ MRST และ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40, 50, 100 และ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม

2.1.4 เมื่อมีตัวแปรตาม 5 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MPBT, MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม

เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 และ 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 300 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 และ 3 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 ขึ้นไป และเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป 5 กลุ่ม

2.2 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน

2.2.1 เมื่อมีตัวแปรตาม 2 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 25, 40, 50, และ 100 ขึ้นไป และเมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 5 กลุ่ม

ณ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 50 และ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดดัวอย่างเท่ากับ 40 และอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุก เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

2.2.2 เมื่อมีตัวแปรตาม 3 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างไม่เกิน 40 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

ณ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ 40 อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุก เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่มตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 4 กลุ่ม

2.2.3 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างไม่เกิน 25 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

ณ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุก เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 3 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม

2.2.4 เมื่อมีตัวแปรตาม 5 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ

25 และ 40 ที่มีจำนวนกลุ่มตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MRST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40, 50, 100 และ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาตตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 3 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

2.3 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

2.3.1 เมื่อมีตัวแปรตาม 2 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MPBT และ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างไม่เกิน 50 โดยสถิติทดสอบ MPBT ยังมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 200 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT ยังมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100, 200 และ 300 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และ มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาตตัวอย่างเท่ากับ 40, 50, 100, 200 และ 300 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

2.3.2 เมื่อมีตัวแปรตาม 3 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกตัวอย่าง เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม นอกจากนี้สถิติทดสอบ MRST ยังอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT และ MNST ยังมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างไม่เกิน 50 และ มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ มี เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 200 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 และ 4 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25, 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม

2.3.3 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MPBT อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างไม่เกิน 40 และ ยังมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40, 50, 100 และ 200 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปดามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2, 3 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40, 50, 100, 200 และ 300 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2, 3 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดดัวอย่างเท่ากับ 40, 50, 100 และ 200 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25ที่มีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม

2.3.4 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบ MPBT อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกเงื่อนไขจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างไม่เกิน 40 และ ยังมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่มไม่เกิน 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และ 300 ที่มีจำนวน

กลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2, 3 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40, 50, 100, 200 และ 300 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST และ MNST มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 และ 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40, 50, 100, 200 และ 300 ที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่ม

ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบ MPBT มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม

3. ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ ด้วยวิธีนอนพาราเมตริก โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ภายใต้สภาพเงื่อนไขต่าง ๆ สรุปผลได้ดังนี้

3.1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

3.1.1 เมื่อมีตัวแปรตาม 2 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข คือ สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST ส่วนสถิติทดสอบ MPBT พบได้ในเงื่อนไขข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 3 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และ 300 ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MMT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม และสถิติทดสอบ MNST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

3.1.2 เมื่อมีตัวแปรตาม 3 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057

ทุกเงื่อนไข คือ สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST ส่วนสถิติทดสอบ MPBT ไม่พบในเงื่อนไข ข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และ 50 มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 กับ200 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไขสถิติทดสอบ MMT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MNST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 2 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

3.1.3 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข คือ สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST ส่วนสถิติทดสอบ MPBT ไม่พบในเงื่อนไข ข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม และ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 กับ200 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MMT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม และเมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข สถิติทดสอบ MNST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ทุกเงื่อนไข

3.1.4 เมื่อมีตัวแปรตาม 5 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ทุกเงื่อนไข คือ สถิติทดสอบ MRST, MMT และ MNST ส่วนสถิติทดสอบ MPBT ไม่พบในเงื่อนไข ข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ

40 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 2 และ 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ300 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ทุกจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 2 และ 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และมีจำนวนกลุ่ม 3, 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 3 และ 4 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 2 และ 3 กลุ่ม สถิติทดสอบ MRST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม

3.2 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน

3.2.1 เมื่อมีตัวแปรตาม 2 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ได้แก่ สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม และ สถิติทดสอบ MMT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 25 ที่มีจำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 40 และมีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวนกลุ่ม 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ที่มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม

3.2.2 เมื่อมีตัวแปรตาม 3 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ได้แก่ สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม ในขณะที่

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ไม่มีสถิติทดสอบใดที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013

3.2.3 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ไม่มีสถิติทดสอบใดที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 และทางเดียวกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ไม่มีสถิติทดสอบใดที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013

3.2.4 เมื่อมีตัวแปรตาม 5 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ไม่มีสถิติทดสอบใดที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 และทางเดียวกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ไม่มีสถิติทดสอบใดที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013

3.3 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ ที่มีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

3.3.1 เมื่อมีตัวแปรตาม 2 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวน 2 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวน 2 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และมีจำนวน 2 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และ 300 สถิติทดสอบ MNST เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 ในที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ไม่มีสถิติทดสอบใดที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013

3.3.2 เมื่อมีตัวแปรตาม 3 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST และ MNST เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50, 200 และ 300 สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50, 100 และ 300 เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวน 2 และ 4 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และ 300 ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ไม่มีสถิติทดสอบใดที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013

3.3.3 เมื่อมีตัวแปรตาม 4 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST,MPBT, MMT และ MNST เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ในขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 200 ส่วนสถิติทดสอบ MRST,MPBT และ MNST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ไม่มีสถิติทดสอบใดที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013

3.3.4 เมื่อมีตัวแปรตาม 5 ตัว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .057 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST, MPBT และ MNST เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ในขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 ส่วนสถิติทดสอบ MRST, MPBT และ MNST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เมื่อข้อมูลมีจำนวน 2 กลุ่ม ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ไม่มีสถิติทดสอบใดที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า .80 และมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ .013 ได้แก่ สถิติทดสอบ MRST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวน 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MPBT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และมีจำนวน 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และ 300 ในทุกจำนวนกลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MMT เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวน 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม สถิติทดสอบ MNST เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และมีจำนวน 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 และมีจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และมีจำนวน 4 และ 5 กลุ่ม

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษามีประเด็นสำคัญที่ควรนำมาอภิปราย ดังนี้

1. อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้วิธีนอนพาราเมตริกซ์ 4 วิธี ได้แก่ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบ ผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีจะมีอำนาจการทดสอบเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีขนาดตัวอย่างและจำนวนตัวแปรตามเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี พบข้อสรุป ดังนี้

1.1 ภายใต้เงื่อนไขการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ มีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขณะที่สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ จะมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ มีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขณะที่สถิติทดสอบมัธยฐานจะมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 40 คนขึ้นไป และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ จะมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป

1.2 ภายใต้เงื่อนไขการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบคะแนนปกติและสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ มีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป ในขณะที่สถิติทดสอบมัธยฐานและสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ จะมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ มีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขณะที่สถิติทดสอบมัธยฐานจะมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 40 คนขึ้นไป และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ จะมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป

1.3 ภายใต้เงื่อนไขการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบคะแนนปกติและสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ มีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 40 คนขึ้นไป ในขณะที่สถิติทดสอบมัธยฐานและสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ จะมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี จะมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป

สรุปได้ว่าสถิติทดสอบคะแนนปกติ และสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ มีค่าอำนาจการทดสอบตั้งแต่ .80 ขึ้นไปทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 คนขึ้นไป ในขณะที่ระดับ

นัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบมัธยฐาน และสถิติทดสอบคะแนนปกติ มีค่าอำนาจการทดสอบตั้งแต่ .80 ขึ้นไปทุกเงื่อนไข เมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป แสดงให้เห็นว่าสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีมีความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานกลาง (H_A) เมื่อสมมติฐานกลางนั้นเป็นเท็จ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับ รันยอนและคนอื่น ๆ (Runyon, 1996, p. 419-420) ที่กล่าวว่า ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีความสำคัญต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากร กล่าวคือ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น การประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรจะมีความแม่นยำมากขึ้น

2. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้นอนพาราเมตริกซ์ 4วิธี ได้แก่ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (ไม่เกิน 100 คน) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี พบข้อสรุป ดังนี้

2.1 ภายใต้เงื่อนไขการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบของพิลไล - บาร์ทเลท เทรซ มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีจำนวนกลุ่มตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดได้

2.2 ภายใต้เงื่อนไขการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เกิน 100 คน และมีจำนวนตัวแปรตามเท่ากับ 2 ตัวแปร หากมีจำนวนตัวแปรตามมากกว่า 2 ตัวแปร สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ยังสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไขได้ เมื่อข้อมูลมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เกิน 100 คน ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เกิน 100 คน ส่วนสถิติทดสอบอื่น ๆ ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดได้

2.3 ภายใต้เงื่อนไขการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตรา

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เกิน 100 คน และมีจำนวนตัวแปรตามเท่ากับ 2 ตัวแปร หากเมื่อมีตัวแปรตามมากกว่า 2 ตัวแปร สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างไม่เกิน 100 คน และมีจำนวนกลุ่ม ไม่เกิน 3 กลุ่ม ส่วนสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ยังสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไขได้ เมื่อข้อมูลมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เกิน 100 คน ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .01 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ทุกเงื่อนไข

สรุปได้ว่า ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เมื่อมีการละเมิดข้อตกลงของเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเพียงอย่างเดียว สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ทุกเงื่อนไข ส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี ยังสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ เมื่อมีจำนวนตัวแปรตาม 3 ตัวขึ้นไป แต่เมื่อมีการละเมิดข้อตกลงของการแจกแจงข้อมูล พบว่า ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เกิน100 คน และมีจำนวนตัวแปรตาม 2 ตัว ในขณะที่สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ ยังสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไขได้ เมื่อข้อมูลมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เกิน 100 คน ในทางเดียวกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกเงื่อนไข เมื่อข้อมูลมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เกิน 100 คน ภายใต้เงื่อนไขการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าในขณะที่สถิติทดสอบอื่น ๆ ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ มีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานกลางเมื่อสมมติฐานกลางเป็นจริงได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับออลสัน (Olson, 1976 อ้างถึงใน บุญเรียง ขจรศิลป์, 2533, หน้า 212) ที่กล่าวว่าสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลทท์ มีความแกร่งมากที่สุด และผลการศึกษาของฟินน์ (Finch, 2005) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีนอนพาราเมตริกและพาราเมตริกในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุเมื่อมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ยังพบว่าเมื่อเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ จะมีอัตราความผิดพลาดประเภทที่ 1 ต่ำกว่า นอกจากนี้จากผลการศึกษายัง พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี จะไม่สามารถควบคุมอัตราความผิดพลาดประเภทที่ 1

ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดได้เมื่อมีขนาดตัวอย่างมากกว่า 100 คน สอดคล้องกับลักษณะเด่นของสถิติทดสอบแบบนอนพารา-เมตริกที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2533, หน้า 212)

3. ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ โดยใช้นอนพารา-เมตริกซ์ 4 วิธี ได้แก่ สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

ในการเลือกใช้สถิติทดสอบ ผู้วิจัยจำเป็นต้องพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และสถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด สำหรับในงานวิจัยนี้เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ และสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบตั้งแต่ .80 ขึ้นไป ทุกเงื่อนไข ส่วนสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบตั้งแต่ .80 ขึ้นไป ทุกตัวแปรและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 300 ขึ้นไป แสดงให้เห็นว่าขนาดตัวอย่างมีอิทธิพลต่อการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ (Runyon, 1996, p. 419-420) และเมื่อมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในขณะที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ และสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบตั้งแต่ .80 ขึ้นไปทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อข้อมูลมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 300 ขึ้นไป และมีตัวแปรตามไม่เกิน 4 ตัว รองลงมา คือ สถิติทดสอบมัธยฐาน ทั้งนี้เนื่องจากสถิติทดสอบมัธยฐานจะให้อำนาจการทดสอบต่ำ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ (Taylor, n.d.)

เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และ .01 สถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อข้อมูลมีตัวแปรตาม 2 ตัว ในขณะที่เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สถิติทดสอบของสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีค่าอำนาจการทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดมากที่สุด รองลงมา คือ สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบมัธยฐาน และสถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ ตามลำดับ แสดงว่าสถิติทดสอบของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ มีความแกร่งต่อการละเมิด

ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากร (Levine & Dunlap, 1982, p. 272-280) สอดคล้องกับการศึกษาของฟินน์ (Finch, 2005) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีนอนพาราเมตริกและพาราเมตริกในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุเมื่อมีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ผลการศึกษาพบว่า เมื่อการแจกแจงของตัวแปรพหุไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ วิธีพาราเมตริกมีความแกร่งมากกว่าวิธีนอนพาราเมตริกในเรื่องของความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจในการทดสอบส่วนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ไม่มีสถิติทดสอบใดมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่า สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี ไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและ ความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการวิจัยไปใช้

1. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน ถ้าผู้วิจัยยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ร้อยละ 5 สามารถเลือกใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติได้ หากยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ร้อยละ 1 สามารถเลือกใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบผลรวมของข้อมูลลำดับที่ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติได้

2. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน มีจำนวนกลุ่มของประชากรไม่เกินสองกลุ่ม และยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ร้อยละ 5 ผู้วิจัยควรเลือกใช้สถิติทดสอบ ของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

3. เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ และมีเมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน มีจำนวนกลุ่มของประชากรไม่เกินสองกลุ่ม และยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ร้อยละ 5 ผู้วิจัยควรเลือกใช้สถิติทดสอบ ของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ

ข้อเสนอแนะสำหรับทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุด้วยวิธีนอนพาราเมตริก โดยใช้สถิติทดสอบมัธยฐาน สถิติทดสอบคะแนนปกติ สถิติทดสอบ ผลรวมของข้อมูลลำดับที่ในการทดสอบ และสถิติทดสอบ ของพิลไล-บาร์ทเลท เทรซ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงในลักษณะอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุ เช่น การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม การแจกแจงแบบแบบโลจิสติก เป็นต้น

2. เนื่องจากการวิจัยนี้ศึกษาข้อมูลจากการจำลองข้อมูลเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงควรศึกษางานวิจัยครั้งต่อไปในโดยใช้ข้อมูลจริง

บรรณานุกรม

กมลทิพย์ ปรัชญชรินกร. (2541). *การศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรหลายกลุ่ม.* วิทยานิพนธ์พาณิชยศาสตรและการบัญชีศาสตรมหาบันฑิต, สาขาวิชาสถิติ, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

คมศร วงษ์รักษา. (2549). *การสร้างผลงานวิชาการจากงานในหน้าที่.* วันที่ค้นข้อมูล 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2556, เข้าถึงได้จาก http://netra.lpru.ac.th/~phaitoon/carnew/concept%20car.ppt

ชวาล แพรัตกุล. (2509). *เทคนิคการวัดผล* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2545). *Type I error, type II error และอำนาจการทดสอบ.* วันที่ค้นข้อมูล 14 สิงหาคม พ.ศ. 2553, เข้าถึงได้จาก http://www. watpon.com/Elearning/stat19.htm

ฉัดรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2545). *การวิจัยเชิงทดลอง.* วันที่ค้นข้อมูล 29 มกราคม พ.ศ. 2554, เข้าถึงได้จาก http://www. Watpon.com/Elearning/res16.htm

ต่าย เซี่ยงฉี. (2534). *การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจากการทดสอบเทเลอร์รูปปีรามิดที่มีรูปแบบ จำนวนขั้นและวิธีการให้คะแนนที่แตกต่างกันโดยใช้วิธีมอนติคาร์โล.* ดุษฎีนิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2543). แผนแบบการวิจัย. ใน *พรมแดนความรู้ด้านการวิจัยและสถิติ รวมบทความ ทางวิชาการของ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย.* (หน้า 9-11). ชลบุรี:วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ.

นิภา ศรีไพโรจน์. (2533). *เอกสารประกอบคำสอน เรื่อง ประเภทของการวิจัย.* วันที่ค้นข้อมูล 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2556, เข้าถึงได้จาก http://www.watpon.com/Elearning/res16.htm

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *ลักษณะที่ดีและลักษณะที่บกพร่องของวิจัยเชิงปริมาณที่เป็นปริญญานิพนธ์ (วิทยานิพนธ์)* . วันที่ค้นข้อมูล 22 มกราคม พ.ศ. 2554, เข้าถึงได้จาก http://www.kroobannok.com/17032

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2545). *การวัดประเมินการเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2540). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญเรียง ขจรศิลป์. (2533). *สถิติวิจัย.* กรุงเทพฯ: พี. เอ็น. การพิมพ์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พิมเพ็ญ กลับอุดม. (2534). *การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบเอ็ชของครัสคอล-วอลลิส กับสถิติทดสอบไคสแควร์*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

ไพรัตน์ วงษ์นาม. (2542). *เอกสารคำสอนวิชา 435751 สถิติประยุกต์ทางพฤติกรรมศาสตร์*. ชลบุรี: ภาควิชาวิจัยและวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ไพศาล วรคำ. (2550). *การพัฒนาวิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ทำให้เรียบสำหรับทดสอบการแจกแจงปกพหุตัวแปรโดยประยุกต์วิธีการทดสอบของเฮนซ์-เซอร์คลอร์*. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

มนตรี สังข์ทอง. (2557). ความแกร่งและอำนาจการทดสอบของสถิติอิงพารามิเตอร์และสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ในการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางระหว่างประชากรสองกลุ่มสำหรับข้อมูลแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22*(5), 605-619.

ศิริรัตน์ วงศ์ประกรณ์กุล. (2539). การจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล. *วารสารวิทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 24*(4), 240-246.

ศูนย์พัฒนาทรัพยากรการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. (2554). *สถิตินอนพารามเตตริกคืออะไร*. วันที่ค้นข้อมูล 22 มกราคม พ.ศ. 2554, เข้าถึงได้จาก http://www.elearning.msu.ac.th/opencourse/0504%20854/unit1_5.htm

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2555). *ค่าสถิติพื้นฐานผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O - NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554*. วันที่ค้นข้อมูล 22 มกราคม พ.ศ. 2556, เข้าถึงได้จาก file:///C:/Users/user/Downloads/Basic_Stat_BY_Grade_2554_M6.pdf

สำราญ กำจัดภัย. (2542). การลดระดับนัยสำคัญส่งผลต่ออำนาจในการทดสอบอย่างไร. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 4*(1), 69-74.

สุพัตรา ชะมะบูรณ์. (2546). *การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพรรณี อึ้งปัญสัตวงศ์. (2541). แนวคิดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยใช้การจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล. *วารสารวิทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 26*(1), 7-11.

สุรีพร อนุศาสนนันท์. (2553). *การวัดและการประเมินชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ชลบุรี: ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุวิมล ติรกานันท์. (2553). *สถิตินันพารามเตริก*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทวัฒน์ ขัตติยะมาน และฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2553). *การปรับปรุงจุดมุ่งหมายของการศึกษาของบลูม (Revised Bloom's taxonomy)*. วันที่ค้นข้อมูล 22 มกราคม พ.ศ. 2554, เข้าถึงได้จาก http://watpon.com/www/mod/resource/view.php?id=6

วิสาข์ เกษประทุม. (2545). *สถิตินอนพารามเตริก*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา.

อำนวย เลิศชยันตี. (2539). *หลักสถิติ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศิลปะสนองการพิมพ์.

อำนาจ วังจีน และพรรณี บุญสุยา. (2548). *สถิติทั่วไป*. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา ฝ่ายเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

อุมาพร จันทรศร. (2542). *สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พีสิกส์เซ็นเตอร์.

Bartlett, M. S. (1939). A note on tests of significance in multivariate analysis. *Proc Camb Philos Soc, 35*, 180-185.

Bloom, B. S. (1972). *Taxonomy of education objectives: Cognitive and effective domains* (7th ed.). New York: David McKay Company.

Brown, E. S., & Mood, T. (1998). Symptoms during corticosteroid therapy: A review. *Harv Rev Psychiatry, 5*, 239-246.

Chapman, A. (2010). *Bloom's taxonomy-learning domains*. Retrieved December 31, 2010, from http://www.businessballs.com/bloomstaxonomyoflearningdomains.htm

Conover, W. J. (1980). *Practical nonparametric statistics* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.

Cohen, J. (1973). *Statistical power analysis*. New Jersey: Hillsdale Erlbaum.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis* (2nd ed.). New Jersey: Hillsdale Erlbaum.

Creswell, J. W. (2005). *Education reseach* (2nd ed.). New Jersey: Hillsdale Erlbaum.

Dunlap, W. P., Burke, M. J., & Greer, T. (1995). The effect of skew on the magnitude of product moment correlations. *Journal of General Psychology,* (122), 365-377.

Freemana, J. B., & Modarresb, R. (2004). Efficiency of test for independent after Box-Cox transformation, Retrieved January 27, 2011, from http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047259X04001605

Finch, H. W. (2005). Comparison of the performance of nonparametric and parametric MANOVA test statistics when assumptions are violated. *Methodology, 1*(1), 27-38.

Finch, H. W., & Davenport, T. (2009). Performance of monte carlo permutation and approximate tests for multivariate means comparisons with small sample sizes when parametric assumption are violate. *European Journal of Research Methods for the Behavior and Social Science, 5*(2), 60-70.

Geon, S. M. (1986). *A monte carlo investigation of nonparametric multivariate analysis of variance (rank transformation, normal scores, MANOVA test, robustness).* Retrieved November 27, 2009, from http://www.proquest.umi.com/749573391

Gibbons, J. D., & Chakraborti, S. (2003). *Nonparametric statistical inference* (4th ed.). New York: Marcel Dekker.

Greene, W. H. (2000). *Econometric analysis* (4th ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Hair, J. F. (1995). *Multivariate data analysis with readings* (4th ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Hájek, J., & Šidák, Z. (1967). *Theory of rank tests.* New York: Academic Press.

Kalos, M. H., & Whitlock, P. (1986). *Monte carlo method volume I: Basics.* New York: Wiley-Interscience.

Katz, B. M., & McSweeney, M. (1980). A multivariate Kruskal-Wallis test with post hoc procedures. *Multivariate Behavioral Research, 15*, 281-297.

Lehmann, E. L. (2006). *Nonparametrics statistical methods based on ranks.* New York: Prentice-Hall.

Levine, D. W., & Dunlap, W. P. (1982). Power of the F test with skewed data: Should one transform of not ?. *Psychological Bulletin, 92*(1), 272-280.

Liu, Q. (2011). *Item purification in differential item functioning using generalized linear mixed models.* Florida: The Florida State University.

MacDonald, P. (1999). Power, type I and type II error rates of parametric and nonparametric statistical tests. *The Journal of Experimental Education, 64*(4), 67-79.

Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2007). *The new taxonomy of education objectives* (2nd ed.). California: Corwin Press.

Meyers, L. S., Glenn, G., & Guarino, A .J. (2006). *Applied multivariate research: Design and Interpretation.* London: Sage Publications.

Murphy, K. R., & Myors, B. (2004). *Statistic power analysis* (2nd ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Oja, H. (2010). *Multivariate nonparametric methods with r.* New York: Springer.

Overbaugh, R. C., & Schultz, L. (2010). *Bloom's taxonomy.* Retrieved December 28, 2010, from http://www.odu.edu/educ/roverbau/Bloom/blooms_taxonomy.htm

Pagano, R. R. (2004). *Understanding statistics in the behavioral science* (7th ed.). Ontario: Thomson Learning.

Pillai, K. C. S. (1955). Some new test criteria in multivariateanalysis. *Ann Math Stat, 26*, 117-21.

Puri, M. L., & Sen, P. K. (1972). *Nonparametric method in multivariate method.* New York: John Wiley & Sons.

Rasmussen, J. L., & Dunlap, W. P. (1991). Dealing with non – normal data: parametric analysis of transformed data VS nonparametric analysis. *Education and psychological measurement, 51*(4), 809-820.

Raykov, T., & Marcoulides, G. A. (2008). *An introduxton to applied multivariate analysis.* New York: Taylor & Francis Group.

Rencher, A. (1998). *Multivariate statistical inference and applications.* New York: Wiley.

Ruannakarn, P. (2003). *Estimation of parameters in a truncated gamma distribution with unknow truncation points.* Bangkok: National Institute of Development Administration.

Runyon, R. P. (1996). *Fundamentals of behavioral statistics* (8th ed.). New York: McGraw-Hill.

Runyon, R. P., & Haber, A. (1991). *Fundamentals of behavioral statistic* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.

Schultz, R., & Sullivan, E. (1972). *Development in simulation in social and administrative science in Simulation in social and administrative science overview and case-examples.* New Jersey: Prentice-Hall.

Sheskin, D. J. (2004). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures* (3rd ed.). New York: Chapman & Hall.

Sprent, P., & Smeeton, N. C. (2007). *Applied nonparametric statistical method* (4th ed.). Florida: Taylor & Francis Group.

Sprinthall, R. C. (2003). *Basic statistical analysis* (7th ed.). New Jersey: Pearson Education Group.

Stevens, J. (1992). *Applied multivariate statistics for the social science* (2nd ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Stevens, J. (2002). *Applied multivariate statistics for the social science* (4th ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Taylor, A. D. (n.d.). *Mood's median test.* Retrieved November 30, 2014, from http://www2.hawaii.edu/~taylor/z631/moods.pdf

Thomas, J. R., Nelson, J.K., & Thomas, K. T.(1999). A generalized rank-order method for nonparametric analysis of data from exercise science: A tutorial. Retrieved July 15, 2010, from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10100331

Warnwe, R. M. (2008). *Appiled statistics: From bivariate through multivariate technique.* California: Sage publication.

Wheeler, S. (2010). *Definitions of learning.* Retrieved December 28, 2010, from http://www2.plymouth.ac.uk/distancelearning/course/definition.html

Zwick, R. (1984). *A monte carlo investigation of nonparametric one-way multivariate analysis of variance in two group cas.* Retrieved November 27, 2009, from http://www.proquest.umi.com/752906251

Zwick, R. (1985). Nonparametric one-way multivariate analysis of variance: A computational approach based on the pillai-bartlett trace. *Psychological Bulletin, 97*(1), 148-152.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในการจำลองข้อมูล

```
proc printto log='C:\Users\korn7nb\Desktop\output\log file.txt';
run;
%macro import(dataname=);
        proc import
        datafile = "C:\var cov data.xlsx"
        out=&dataname
        dbms=excel replace;
        sheet="&dataname";
        run;
%mend import;
%macro export(dataname=);
        proc export data=&dataname
          outfile="C:\output\mean_covar.xlsx"
          dbms=excel
          replace;
          sheet = "&dataname";
        run;
%mend;
%import(dataname=mean_eq);
%import(dataname=mean_neq);
%import(dataname=var_eq);
%import(dataname=var_neq);
%import(dataname=med_eq);
%import(dataname=med_neq);
%macro mean_var(p=,k=);
        %do v = 2 %to &p;
          %do g = 1 %to &k;
          /* set equare mean */
            data mean_eq&v&g;
              set mean_eq;
```

```
    if _n_ eq &g;
run;
proc transpose data=mean_eq&v&g out=mean_eq&v&g;
run;
data mean_eq&v&g(keep=col1);
    set mean_eq&v&g;
    if _n_ le &v;
run;
%export(dataname=mean_eq&v&g);
/* set not equare mean */
data mean_neq&v&g;
    set mean_neq;
    if _n_ eq &g;
run;
proc transpose data=mean_neq&v&g out=mean_neq&v&g;
run;
data mean_neq&v&g(keep=col1);
    set mean_neq&v&g;
    if _n_ le &v;
run;
%export(dataname=mean_neq&v&g);

data var_eq&v&g;
    set var_eq;
    if _n_ eq &g;
run;
proc transpose data=var_eq&v&g out=var_eq&v&g;
run;
data var_eq&v&g(keep=col1);
    set var_eq&v&g;
```

```
    if _n_ le &v;
run;
data var_neq&v&g;
    set var_neq;
    if _n_ eq &g;
run;
proc transpose data=var_neq&v&g out=var_neq&v&g;
run;
data var_neq&v&g(keep=col1);
    set var_neq&v&g;
    if _n_ le &v;
run;
proc iml;
/* set equae covariance */
    use var_eq&v&g;
    read all into var;
    call randseed(111);
    corr = j(&v,&v,1);
    do until (sflag = &v);
        do r = 1 to &v;
            do l = 1 to &v;
                call randgen(flag,'normal');
                call randgen(tcorr,'uniform');
                tcorr = .4 + .3*tcorr;
                if (r^=l) then
                    do;
                        if flag<0 then
                            corr[r,l] = -tcorr;
                        else corr[r,l] = tcorr;
                    end;
```

```
                    else corr[r,l] = 1;
                end;
            end;
            hcorr = sqrvech(vech(corr));
            sqrtvar = sqrt(var*t(var));
            cov = sqrtvar#hcorr;

            flag = j(&v,1,0);
            eicov = eigval(cov);
            flag = flag <= eicov;

            sflag = sum(flag);
        end;

        create cov_eq&v&g from cov;append from cov;

    /* set not equae covariance */
        use var_neq&v&g;
        read all into nvar;
        call randseed(111);
        corr = j(&v,&v,1);
        do until (sflag = &v);
            do r = 1 to &v;
                do l = 1 to &v;
                    call randgen(flag,'normal');
                    call randgen(tcorr,'uniform');
                    tcorr = .4 + .3*tcorr;
                    if (r^=l) then
                        do;
                            if flag<0 then
```

```
                                                    corr[r,l] = -tcorr;
                                                else corr[r,l] = tcorr;
                                            end;
                                        else corr[r,l] = 1;
                                end;
                        end;
                        hcorr = sqrvech(vech(corr));
                        sqrtvar = sqrt(nvar*t(nvar));
                        cov = sqrtvar#hcorr;

                        flag = j(&v,1,0);
                        eicov = eigval(cov);
                        flag = flag <= eicov;

                        sflag = sum(flag);
                    end;

                    create cov_neq&v&g from cov;append from cov;
                quit;
                %export(dataname=cov_eq&v&g);
                %export(dataname=cov_neq&v&g);
            %end;
        %end;
%mend mean_var;
%mean_var(p=5,k=5);

%let np = 1000;
%macro subGenPop(mu=,sigma=);
        %do;
            y = l*z;
```

```
            ty = t(repeat(mu,1,&np)+y);

            _c = ty-j(&np,1)*ty[:,];
            _s = (t(_c)*_c)/&np;
            _rij = _c*inv(_s)*t(_c);

            /*Mardia tests based on multivarite skewness and kurtosis*/
            _b1p = (_rij##3)[+,+]/(&np##2);
            _b2p = trace(_rij##2)/&np;
            _k = (&v+1)#(&np+1)#(&np+3)/(&np#((&np+1)#(&v+1)-6));
            _b1pchi = _b1p#&np#_k/6;
            _b1pdf = &v#(&v+1)#(&v+2)/6;
            _b2pnorm = (_b2p-&v#(&v+2))/sqrt(8#&v#(&v+2)/&np);
            probb1p = 1-probchi(_b1pchi,_b1pdf);
            probb2p = 2*(1-probnorm(abs(_b2pnorm)));

            if probb1p >= .05 then
               cSkew05 = 1;
            else
               cSkew05 = 0;

            if probb2p >= .05 then
               cKurt05 = 1;
            else
               cKurt05 = 0;
         %end;
%mend subGenPop;

%macro genPopulation(p=,k=);
```

```
%do v = 2 %to &p;
   %do g = 1 %to &k;
      proc iml;
         /** generate multinormal Population for eq-neq mean variance-covariance
**/
         use mean_eq&v&g; read all into mu;
         use cov_neq&v&g; read all into sigma;
         l = t(half(sigma));
         call randseed(1111);
         do until((cSkew05 = 1) & (cKurt05 = 1));
            z = j(&v,&np,0);
            call randgen(z,'normal');
            %subGenPop(mu=mu,sigma=sigma)
         end;

         create popnor_eq_neq_&v&g from ty; append from ty;

         /** generate multinormal Population for neq-neq mean variance-covariance
**/
         use mean_neq&v&g; read all into mu;
         use cov_neq&v&g; read all into sigma;
         l = t(half(sigma));
         call randseed(1111);
         do until((cSkew05 = 1) & (cKurt05 = 1));
            z = j(&v,&np,0);
            call randgen(z,'normal');
            %subGenPop(mu=mu,sigma=sigma)
         end;
```

```
create popnor_neq_neq_&v&g from ty; append from ty;

/** generate multinon-normal Population for eq-eq mean variance-covariance
**/
use mean_eq&v&g; read all into mu;
use cov_eq&v&g; read all into sigma;
l = t(half(sigma));
call randseed(1111);
do until((cSkew05 = 0) & (cKurt05 = 0));
    z = j(&v,&np,0);
    call randgen(z,'chisq',2);
    %subGenPop(mu=mu,sigma=sigma)
end;

create popnonnor_eq_eq_&v&g from ty; append from ty;

/** generate multinon-normal Population for eq-neq mean variance-
covariance **/
use mean_eq&v&g; read all into mu;
use cov_neq&v&g; read all into sigma;
l = t(half(sigma));
call randseed(1111);
do until((cSkew05 = 0) & (cKurt05 = 0));
    z = j(&v,&np,0);
    call randgen(z,'chisq',2);
    %subGenPop(mu=mu,sigma=sigma)
end;

create popnonnor_eq_neq_&v&g from ty; append from ty;
```

```
                /** generate multinon-normal Population for neq-eq mean variance-
covariance **/
                use mean_neq&v&g; read all into mu;
                use cov_eq&v&g; read all into sigma;
                l = t(half(sigma));
                call randseed(1111);
                do until((cSkew05 = 0) & (cKurt05 = 0));
                    z = j(&v,&np,0);
                    call randgen(z,'chisq',2);
                    %subGenPop(mu=mu,sigma=sigma)
                end;

                create popnonnor_neq_eq_&v&g from ty; append from ty;

                /** generate multinon-normal Population for neq-neq mean variance-
covariance **/
                use mean_neq&v&g; read all into mu;
                use cov_neq&v&g; read all into sigma;
                l = t(half(sigma));
                call randseed(1111);
                do until((cSkew05 = 0) & (cKurt05 = 0));
                    z = j(&v,&np,0);
                    call randgen(z,'chisq',2);
                    %subGenPop(mu=mu,sigma=sigma)
                end;

                create popnonnor_neq_neq_&v&g from ty; append from ty;
            quit;

        %end;
```

```
        %end;

%mend;
%genPopulation(p=5,k=5);

%maero sampling(data=,output=);
        do;
            use &data; read all into &output;
            p = ncol(&output);
            ind = j(&np,1,0);
            call randgen(ind,'uniform');
            t&output = ind||&output;
            call sort(t&output,{1});
            &output = t&output[1:&ns,2:p+1];
        end;
```