



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติ)

ปริญญา

สถิติ

สาขา

สถิติ

ภาควิชา

เรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ 4 วิธี ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล

Efficiency Comparisons of the Four Statistical Tests for Treatment Effects in Analysis of Covariance on Factorial Designs

นางผู้วิจัย นางสาวชานี สุภีรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญอ้อม โฉมทิ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สายพิน กาญจนเสริม, สด.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์อำไพ ทองธีรภาพ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ 4 วิธี ในการวิเคราะห์
ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล

Efficiency Comparisons of the Four Statistical Tests for Treatment Effects in Analysis of
Covariance on Factorial Designs

โดย

นางสาวชนิ สุภีรัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)

พ.ศ. 2552

ชานี สุภีรัตน์ 2552: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบอหิทธิพลของทริทเมนต์ 4 วิธี ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ) สาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญอ้อม โฉมทิ, Ph.D. 225 หน้า

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบอหิทธิพลของทริทเมนต์ 4 วิธี ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล ได้แก่ สถิติทดสอบ F ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบทางสถิติพารามตริก และสถิติทดสอบ Q , สถิติทดสอบ MP และสถิติทดสอบ S ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบทางสถิติ นอนพารามตริก โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการ ทดสอบ ข้อมูลที่ทำการศึกษประกอบด้วยข้อมูลที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ และแบบไม่ ปกติรวม 21 ลักษณะ โดยการจำลองข้อมูลแต่ละกรณีด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลแต่ละสถานการณ์จำนวน 1,000 ครั้ง ข้อมูลที่จำลองขึ้นมาศึกษาในครั้งนี้กำหนดให้ความคลาดเคลื่อนแต่ละการแจกแจงมีค่าเฉลี่ย และความ แปรปรวนเท่ากับ 100 สำหรับแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ มีจำนวนการทำซ้ำเป็น 3, 4,..., 8 ครั้ง และที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ มีจำนวนการทำซ้ำเป็น 3, 4, 5 และ 6 ครั้ง กำหนดระดับนัยสำคัญของ การทดสอบคือ 0.05 ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อพิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละ ปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สำหรับตัวอย่างที่มี ขนาดเล็กคือ 12 และ 16 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบ F มีแนวโน้มในการควบคุมความ คลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีขึ้น สถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ไกล่เคียงกัน แม้ว่าข้อมูลจะมีขนาดเล็ก เมื่อพิจารณากรณีที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ส่วนสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความ คลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา

2. ค่าอำนาจการทดสอบ เมื่อพิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับและ 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F เป็นสถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบ MP ส่วนสถิติทดสอบ Q จะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ต่ำที่สุด แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการ ทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย

จากผลการศึกษาครั้งนี้ แม้ว่าสถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบอหิทธิพลของแต่ละปัจจัย (A , B และ AB) ให้ผลแตกต่างกัน แต่โดยภาพรวมจะได้ว่า สถิติทดสอบ F ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบทางสถิติพารา เมตริกยังคงมีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ข้อมูล แม้ว่าลักษณะของข้อมูลจะไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP เป็นวิธีการทางสถิติ นอนพารามตริกที่ สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ และเหมาะสมกับข้อมูลที่มีขนาดเล็ก (N = 12, 16, 20)

Chawanee Suphirat 2009: Efficiency Comparisons of the Four Statistical Tests for Treatment Effects in Analysis of Covariance on Factorial Designs. Master of Science (Statistics), Major Field: Statistics, Department of Statistics. Thesis Advisor: Assistant Professor Boonorm Chomtee, Ph.D. 225 pages.

The objective of the research is to compare the efficiency of the four statistical tests for treatment effects in analysis of covariance on factorial designs : F-test which is parametric statistic, Q-test, MP-test and S-test which are nonparametric statistics by considering the ability of controlling type I error and the power of the tests. The data considered in the study are composed of 21 characteristics when the distributions of error are normal and nonnormal. Each case of data is generated by Monte Carlo simulation technique and repeated 1,000 times which each the distributions of error are both mean and variance equal to 100. The 2^2 factorial designs are used to study with the replications of 3,4,...,8 and 3^2 factorial designs with the replications of 3,4,5,6. The nominal significance level is 0.05. There are 2 parts of the results as following :

1. For the ability of controlling type I error : when the two-factors factorial designs are considered which each factor has two levels, F-test cannot control type I error when sample size (N) such as 12 and 16 but when N increases F-test tends to increase the ability of controlling type I error. Q-test and MP-test can control type I error similarly, although the sample size is small. For the two-factors factorial designs with each factor has three levels : F-test , Q-test and MP-test can control type I error. However, S-test cannot control type I error for any situations.

2. For power of the test : when the two-factors factorial designs are considered which each factor has two and three levels : F-test gives the highest power of the test. Next in rank is MP-test. Q-test provides the lowest power of the test. However when N increases, the value of power of all tests tends to increase.

In conclusion, although , the study results present that the suitable statistical tests for main effect A , B or interaction AB are different in each design. In overview, F-test which is parametric statistic still gives the high efficiency even though the data does not follow the assumptions of analysis of covariance. For Q-test and MP-test which are nonparametric statistics, these two tests can be used and suitable when the small sample size are 12, 16 or 20.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. บุญอ้อม โฉมทิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ. สายพิน กาญจนเสริม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ รศ. เปรมใจ ตรีสรานุวัฒนา ประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร. กมลชนก พานิชการ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาสถิติทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาสถิติ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติผู้ใหญ่ที่เคารพ รวมทั้งเพื่อน ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

ชวณี สุภีรัตน์
กุมภาพันธ์ 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(9)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(13)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	10
อุปกรณ์และวิธีการ	51
อุปกรณ์	51
วิธีการ	51
ผลและวิจารณ์	58
สรุปและข้อเสนอแนะ	198
สรุป	198
ข้อเสนอแนะ	207
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	209
ภาคผนวก	211
ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย	212
ภาคผนวก ข วิธีคำนวณเกณฑ์ในการพิจารณาค่าประมาณความน่าจะเป็น ของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1	220
ภาคผนวก ค ตารางสถิติ	222
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	225

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ลักษณะการแจกแจงแบบไม่ปกติที่ศึกษาในงานวิจัย	7
2 ลักษณะของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย	14
3 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลในตารางที่ 2	18
4 จำนวนการขนส่งสุราจากปีที่ผ่านมา และจำนวนการขนส่งสุราปีนี้ของร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุรา 2 ร้าน และร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จ 2 ร้าน	20
5 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลในตารางที่ 4	24
6 ลักษณะของข้อมูลที่มีการให้ค่าอันดับในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ซึ่งปัจจัย A มี a ระดับ และปัจจัย B มี b ระดับ	28
7 ลักษณะของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ซึ่งปัจจัย A มี a ระดับ และปัจจัย B มี b ระดับ โดยใช้สถิติทดสอบ Q	29
8 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลในตารางที่ 7	29
9 ข้อมูลที่ให้ค่าอันดับแล้วจากข้อมูลในตารางที่ 4	31
10 ค่า $\hat{R}_{ijk}$ ของข้อมูลจากตารางที่ 9	31
11 ค่าเศษตกค้าง (E_{ijk}) ของข้อมูลในตารางที่ 9 และ 10	32
12 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลในตารางที่ 11	32
13 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมโดยใช้สถิติทดสอบ MP	38
14 ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่ปกติ กำหนดตามลักษณะความเบ้และความโด่ง	46
15 ลักษณะการแจกแจงแบบไม่ปกติ 20 ลักษณะ	52
16 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8	61
17 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 3.6	62
18 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 4.4	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

[illegible]

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
71 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 6.0	171
72 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 3.6	172
73 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 4.4	173
74 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 5.2	174
75 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 6.0	175
76 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 2.8	190
77 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 2.8	191
78 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.0	195
79 สรุปความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธีที่ใช้ในการทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B	199
80 สรุปความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธีที่ใช้ในการทดสอบอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B	201
81 สรุปอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธีที่ใช้ในการทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A	204
82 สรุปอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธีที่ใช้ในการทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B	205
83 สรุปอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธีที่ใช้ในการทดสอบอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B	206

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

- ค1 ค่าพารามิเตอร์แลมด้า (λ) สำหรับแปลงข้อมูลให้มีค่าความเบ้ (α_3) และ
ความโด่ง (α_4) ตามต้องการ เมื่อข้อมูลมีค่า μ เท่ากับ 0 และ σ เท่ากับ 1

223

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 หลักการในการใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม	11
2 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน $N(0,1)$	43
3 การแจกแจงของข้อมูลที่มีความเบ้ในลักษณะต่าง ๆ	44
4 การแจกแจงของข้อมูลที่มีความโค้งในลักษณะต่าง ๆ	45
5 ขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบสถิติทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ 4 วิธี ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟคทอเรียล	56
6 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.8	101
7 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.6	102
8 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 4.4	103
9 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 5.2	107
10 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 6.0	108
11 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.0	112
12 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6	126
13 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 4.4	127
14 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 5.2	128
15 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 6.0	129

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
42	การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 4.4	185
43	การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 5.2	186
44	การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 6.0	187
45	การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 2.8	192
46	การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 2.8	193
47	การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.0	196

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

F	=	สถิติทดสอบ F
F_{AB}	=	สถิติทดสอบ F เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และปัจจัย B
F_A	=	สถิติทดสอบ F เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A
F_B	=	สถิติทดสอบ F เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B
Q	=	สถิติทดสอบ Quade
Q_{AB}	=	สถิติทดสอบ Quade เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B
Q_A	=	สถิติทดสอบ Quade เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A
Q_B	=	สถิติทดสอบ Quade เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B
MP	=	สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter
MP_{AB}	=	สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B
MP_A	=	สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A
MP_B	=	สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B
S	=	สถิติทดสอบ Shirley
S_{AB}	=	สถิติทดสอบ Shirley เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B
S_A	=	สถิติทดสอบ Shirley เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A
S_B	=	สถิติทดสอบ Shirley เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ 4 วิธี ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล

Efficiency Comparisons of the Four Statistical Tests for Treatment Effects in Analysis of Covariance on Factorial Designs

คำนำ

การวางแผนการทดลอง (Experimental Design) เป็นกระบวนการที่ผู้ทดลองต้องการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัย (Factor) ที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรผลตอบ (y) โดยที่ปัจจัยนั้นอาจมีได้หลายระดับ (Levels) ในการวางแผนการทดลองควรคำนึงถึงลักษณะของข้อมูลให้มีความเหมาะสมที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำได้ข้อสรุปที่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เป็นที่ยอมรับและเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจ แผนการทดลองส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรม เพราะเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จในด้านการผลิต หรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งตัวอย่างแผนการทดลองระดับ พื้นฐานทางสถิติมีอยู่หลายแบบ เช่น แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ทั้งสองแผนการทดลองนี้เป็นแผนการทดลองที่ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยเพียงปัจจัยเดียว ส่วนใหญ่ในทางปฏิบัติมักจะศึกษาอิทธิพลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ซึ่งกรณีเช่นนี้การทดลองแบบแฟกทอเรียลจึงเป็นการทดลองที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมาก เพราะเป็นการทดลองที่สามารถศึกษาปัจจัยหลายปัจจัยในการทดลองเดียวกันจะช่วยทำให้ประหยัดเวลาในการทดลอง และยังสามารถศึกษาอิทธิพลร่วม (Interaction) ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกัน (Combination) ของระดับต่าง ๆ ของปัจจัยที่เรียกว่า ทรีทเมนต์คอมบิเนชัน (Treatment Combination)

การวางแผนการทดลองนั้นจะมีการกำหนดข้อสมมติเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลที่น่ามาใช้ในการทดลองกล่าวคือ ต้องเป็นข้อมูลที่ไดมาจากตัวอย่างสุ่มจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ และความคลาดเคลื่อนของการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระต่อกัน (Independent and Identically Distribution) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 คือข้อมูลแต่ละทรีทเมนต์ที่ต้องการศึกษาแต่ละระดับมีความแปรปรวนเท่ากัน จึงสามารถนำวิธีการทางสถิติพารามตริกมาใช้ในการทดลองได้ แต่ปัญหาที่มักพบอยู่เสมอคือข้อมูลที่นำมาทำการ

ทดลองมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นที่กำหนดไว้ วิธีการทางสถิติพารามетริกอาจจะมีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญ (ความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1) และอำนาจการทดสอบได้ ดังนั้นวิธีการทางสถิติพารามетริกจึงไม่เหมาะในการนำมาใช้กับข้อมูลนั้นโดยตรงจึงควรมีการแก้ไขข้อมูลให้มีความสอดคล้องกับข้อสมมติเบื้องต้นเสียก่อนโดยใช้การแปลงข้อมูล (Transformation Data) หรือปรับเปลี่ยนวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการใช้สถิตินอนพารามетริกมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสถิตินอนพารามетริกนี้เป็นวิธีที่ไม่คำนึงถึงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเพียงแต่ระบุว่าข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) หรือเรียกว่า Distribution – Free Method และสามารถใช้กับข้อมูลที่ไม่ทราบการแจกแจงของประชากร หรือการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น และต้องให้ค่าอันดับกับข้อมูลก่อนนำมาทดสอบด้วยสถิตินอนพารามетริก

นอกจากนี้การวางแผนการทดลอง ควรมีการคำนึงถึงการควบคุมหรือพยายามลดความแปรปรวนในการทดลองให้น้อยที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้หน่วยทดลองที่สม่ำเสมอ การจัดกลุ่มหน่วยทดลองเป็นกลุ่ม ๆ หรือบล็อก (Block) โดยหน่วยทดลองที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีลักษณะเหมือนกัน ต่างกลุ่มกันมีลักษณะต่างกัน หรือการเลือกใช้แผนการทดลองที่เหมาะสม เป็นต้น แต่ในบางครั้งก็ไม่สามารถทำให้มีประสิทธิภาพเพียงพอ จึงต้องมีการนำวิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์, แปลผลการวิเคราะห์ และสรุปผลการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง โดยเฉพาะการทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อมีการเก็บข้อมูลของหน่วยทดลองก่อนที่จะได้รับทรีทเมนต์ซึ่งเรียกว่า ตัวแปรร่วม (Covariate) หลังจากนั้นเก็บข้อมูลหลังจากได้รับทรีทเมนต์ซึ่งเรียกว่า ตัวแปรตาม กรณีเช่นนี้วิธีการทางสถิติที่เหมาะสมจะนำมาใช้ในการควบคุมความแปรปรวนของการทดลองได้คือ วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance)

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ 4 วิธีในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมสำหรับแผนแบบแฟกทอเรียลได้แก่ สถิติทดสอบ F, สถิติทดสอบ Quade , สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter และสถิติทดสอบ Shirley โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the Test) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและแบบไม่ปกติ เพื่อให้ทราบถึงสถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ ทั้งในด้านขนาดของตัวอย่าง (N) หรือจำนวนซ้ำ (n) เป็นต้น ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique)

วัตถุประสงค์

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการทดสอบ โดยเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟคทอเรียลสำหรับสถิติทดสอบ 4 วิธีคือ

1. สถิติทดสอบ F
2. สถิติทดสอบ Quade
3. สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter
4. สถิติทดสอบ Shirley

โดยที่สถิติทดสอบ F เป็นวิธีการทดสอบทางสถิติพารามตริก สำหรับสถิติทดสอบ Quade, สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter และสถิติทดสอบ Shirley เป็นวิธีการทดสอบทางสถิติอนพารามตริก

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาภายใต้ขอบเขต ดังนี้

1. กำหนดแผนการทดลองแฟคทอเรียลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่มีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Two – Factor Factorial in a Completely Randomized Design) ซึ่งอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยเป็นแบบคงที่ (Fixed Effect) ซึ่งมีตัวแบบเชิงเส้นดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \beta_{Y.X}(X_{ijk} - \bar{X}_{...}) + \varepsilon_{ijk}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ} \quad i &= 1, 2, \dots, a \\ j &= 1, 2, \dots, b \\ k &= 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

โดยที่ Y_{ijk} = ค่าสังเกตของตัวแปรตอบสนอง (Y) ที่ได้รับปัจจัย A ระดับที่ i ปัจจัย B ระดับที่ j และการทำซ้ำที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยรวมของข้อมูลทั้งหมด

α_i = อิทธิพลของปัจจัย A ระดับที่ i โดยที่ $\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0$

τ_j = อิทธิพลของปัจจัย B ระดับที่ j โดยที่ $\sum_{j=1}^b \tau_j = 0$

$(\alpha\tau)_{ij}$ = อิทธิพลร่วมของปัจจัย A ระดับที่ i และปัจจัย B ระดับที่ j โดยที่ $\sum_{i=1}^a (\alpha\tau)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\alpha\tau)_{ij} = 0$

$\beta_{Y.X}$ = สัมประสิทธิ์การถดถอยของ Y เมื่อกำหนดตัวแปรร่วม X

X_{ijk} = ค่าสังเกตของตัวแปรร่วม (X) ที่ได้รับปัจจัย A ระดับที่ i ปัจจัย B ระดับที่ j และการทำซ้ำที่ k

$\bar{X}...$ = ค่าเฉลี่ยรวมของข้อมูล X_{ijk}

ε_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง $\varepsilon_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$

2. กำหนดให้ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเดียวกันคือ $\beta_{Y.X}$

3. กำหนดค่าคงที่ในตัวแบบคือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 1 สำหรับอิทธิพลของทรีทเมนต์นั้นเป็นแบบคงที่ โดยที่ $\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0, \sum_{j=1}^b \tau_j = 0$,

$\sum_{i=1}^a (\alpha\tau)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\alpha\tau)_{ij} = 0$ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

3.1 กรณีสมมติฐานหลักเป็นจริง แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับอิทธิพลของทรีทเมนต์ A : $\alpha_i = 0$ โดยที่ $i = 1, 2, 3$ และอิทธิพลของทรีทเมนต์ B : $\tau_j = 0$ โดยที่ $j = 1, 2, 3$

3.2 กรณีสมมติฐานหลักไม่เป็นจริง แบ่งตามประเภทของแผนแบบการทดลอง ดังนี้

3.2.1 สำหรับแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย เมื่อแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับอิทธิพลของทรีทเมนต์ A และ B เป็น 2 กรณีคือ

$$1) \text{ ทรีทเมนต์ A : } \alpha_1 = -2, \alpha_2 = 2 \text{ และทรีทเมนต์ B : } \tau_1 = 5, \tau_2 = -5$$

$$2) \text{ ทรีทเมนต์ A : } \alpha_1 = 5, \alpha_2 = -5 \text{ และทรีทเมนต์ B : } \tau_1 = -10, \tau_2 = 10$$

3.2.2 สำหรับแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับอิทธิพลของทรีทเมนต์ A และ B เป็น 2 กรณีคือ

$$1) \text{ ทรีทเมนต์ A : } \alpha_1 = 10, \alpha_2 = 2, \alpha_3 = -12 \text{ และทรีทเมนต์ B :}$$

$$\tau_1 = -8, \tau_2 = -1, \tau_3 = 9$$

$$2) \text{ ทรีทเมนต์ A : } \alpha_1 = -4, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 3 \text{ และทรีทเมนต์ B :}$$

$$\tau_1 = 6, \tau_2 = -1, \tau_3 = -5$$

หรืออีกนัยหนึ่ง ในการศึกษาค้างนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษากรณีที่ข้อมูลมีแนวโน้มการเกิดอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B จึงกำหนดค่า $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \tau_1, \tau_2$ และ τ_3 ดังกล่าวข้างต้น

4. สมมติฐานในการทดสอบ

4.1 ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B ต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y

$$H_0 : (\alpha\tau)_{11} = (\alpha\tau)_{12} = \dots = (\alpha\tau)_{ab} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\tau)_{ij} \neq 0 \quad ; \exists i, j ; i = 1, 2, \dots, a \quad ; j = 1, 2, \dots, b$$

4.2 ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A ต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

$$H_1 : \alpha_i \neq 0 \quad ; \exists i ; i = 1, 2, \dots, a$$

4.3 ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B ต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_b = 0$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \quad ; \exists j ; j = 1, 2, \dots, b$$

5. สำหรับขนาดตัวอย่าง (N) ที่ทำการศึกษาจะกำหนดจากจำนวนครั้งของการทำซ้ำ (n) ในแต่ละทริทเมนต์คอมบินेशन ซึ่งในที่นี้จะศึกษากรณีที่แต่ละทริทเมนต์คอมบินेशनมีจำนวนครั้งของการทำซ้ำเท่ากัน สำหรับทั้งปัจจัย A และ B ซึ่งแต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ กล่าวคือแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับมีจำนวนการทำซ้ำเป็น 3, 4, ..., 8 ครั้ง รวม 6 ลักษณะ และที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับมีจำนวนการทำซ้ำเป็น 3, 4, 5 และ 6 ครั้ง รวม 4 ลักษณะ และระดับนัยสำคัญของการทดสอบ (α) เท่ากับ 0.05

6. ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดรูปแบบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นดังนี้

6.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

6.2 การแจกแจงแบบไม่ปกติ จะกำหนดความไม่เป็นปกติตามหลักเกณฑ์ของ Shapiro *et al.* (1968) ซึ่งแบ่งตามลักษณะความเบ้และความโด่งเป็น 5 กรณี ดังนี้

6.2.1 ลักษณะใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ (Near Normal)

6.2.2 ลักษณะสมมาตรและหางยาว (Symmetric Long – Tailed)

6.2.3 ลักษณะสมมาตรและหางสั้น (Symmetric Short – Tailed)

6.2.4 ลักษณะไม่สมมาตรและหางยาว (Asymmetric Long – Tailed)

6.2.5 ลักษณะไม่สมมาตรและหางสั้น (Asymmetric Short – Tailed)

และจากค่าความเบ้ที่เป็นไปได้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 และค่าความโด่งที่เป็นไปได้อยู่ในช่วง 2 ถึง 6 จะมีค่าความเบ้และค่าความโด่งบางค่าเท่านั้นที่ตรงกับลักษณะการแจกแจงที่สนใจศึกษาดังนั้นในการวิจัยนี้จึงใช้ค่าความเบ้และความโด่งเฉพาะที่ให้ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนตามที่ต้องการ และเป็นไปตามหลักเกณฑ์จากกำหนดค่าความเบ้และค่าความโด่งในงานวิจัยของ Shapiro *et al.* (1968) โดยจำแนกลักษณะการแจกแจงเป็น 20 ลักษณะ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะการแจกแจงแบบไม่ปกติที่ศึกษาในงานวิจัย

ลักษณะการแจกแจง	ความเบ้	ความโด่ง	จำนวนลักษณะ
ใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ	0.0	2.8(0.8) 4.4	3
สมมาตรและหางยาว	0.0	5.2 (0.8) 6.0	2
สมมาตรและหางสั้น	0.0	2.0	1
ไม่สมมาตรและหางยาว	0.5	3.6 (0.8) 6.0	4
	0.75	3.6 (0.8) 6.0	4
	1.0	3.6 (0.8) 6.0	4
ไม่สมมาตรและหางสั้น	0.5	2.8	1
	0.75	2.8	1

หมายเหตุ การกำหนดค่าความโด่งในรูปทั่วไปคือ $x(y)z = x, (x + y), (x + 2y), \dots, z$

สำหรับแต่ละลักษณะการแจกแจง กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 100 และความแปรปรวน เท่ากับ 100 เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาค่าของข้อมูลที่ติดลบ

6. การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อระบายนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พิจารณาจากค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต้องอยู่ในช่วง $[0.036, 0.064]$ ดังแสดงการคำนวณในภาคผนวก ข

7. เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ โดยพิจารณาจากร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น และสรุปผลการศึกษา

8. การวิจัยครั้งนี้จำลองข้อมูลตามสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ทำซ้ำจำนวน 1,000 ครั้งด้วยโปรแกรม SAS เวอร์ชัน 9.1

ดังนั้นจากการกำหนดลักษณะสถานการณ์ต่าง ๆ ของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน และขนาดตัวอย่าง จะเห็นว่าในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยสถานการณ์ทั้งหมดจำนวน 210 สถานการณ์

คำจำกัดความ

ทรีทเมนต์ (Treatment) หมายถึง ปัจจัยที่ใช้ศึกษาทดลองแทนด้วย Trt

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) หมายถึง ค่าสังเกตของหน่วยทดลองที่วัดได้หลังจากที่หน่วยทดลองได้รับอิทธิพลของทรีทเมนต์แล้ว

ตัวแปรร่วม (Covariate หรือ Concomitant Variable) หมายถึง ค่าของหน่วยทดลองที่วัดได้ก่อนที่หน่วยทดลองจะได้รับอิทธิพลของทรีทเมนต์ หรือเป็นค่าของตัวแปรที่แฝงมากับหน่วยทดลอง

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อสมมติฐานหลักนั้นเป็นจริง และจะเรียกความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ว่า ระดับนัยสำคัญ (α) โดยที่

$$\alpha = P(\text{Reject } H_0 | H_0 \text{ True})$$

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II Error) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานหลัก เมื่อสมมติฐานทางเลือกเป็นจริง และความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 เขียนแทนด้วย β

$$\beta = P(\text{Accept } H_0 | H_1 \text{ True})$$

ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error Rate) หมายถึง สัดส่วนของจำนวนครั้งที่เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง เมื่อสมมติฐานหลักนั้นเป็นจริง

$$\text{ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นจริง}}{1,000}$$

อำนาจการทดสอบ (Power of the Test) หมายถึง ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อสมมติฐานหลักนั้นเป็นเท็จ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1-\beta$ และค่าประมาณอำนาจการทดสอบคำนวณจากสัดส่วนของจำนวนครั้งที่เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง เมื่อสมมติฐานหลักนั้นเป็นเท็จ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ดังนั้น

$$\text{ค่าประมาณอำนาจการทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_1 \text{ เป็นจริง}}{1,000}$$

และร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 โดยที่

$$\frac{\text{ร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ}}{\text{อำนาจการทดสอบ}} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_1 \text{ เป็นจริง}}{1,000} \times 100$$

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบสถิติทดสอบที่เหมาะสมและดีที่สุดสำหรับแต่ละสถานการณ์ โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
2. เพื่อสรุปผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ ในแต่ละสถานการณ์ ว่าสถิติทดสอบใดให้อำนาจการทดสอบสูงที่สุด
3. เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้วิจัยสามารถประยุกต์ และเลือกใช้วิธีการทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์สำหรับแผนแบบแฟคทอเรียลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล

การตรวจเอกสาร

การตรวจเอกสารในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นวิธีการทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล และเกณฑ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ สำหรับส่วนที่สองเป็นผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

วิธีการทางสถิติที่เกี่ยวข้อง

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดดังนี้

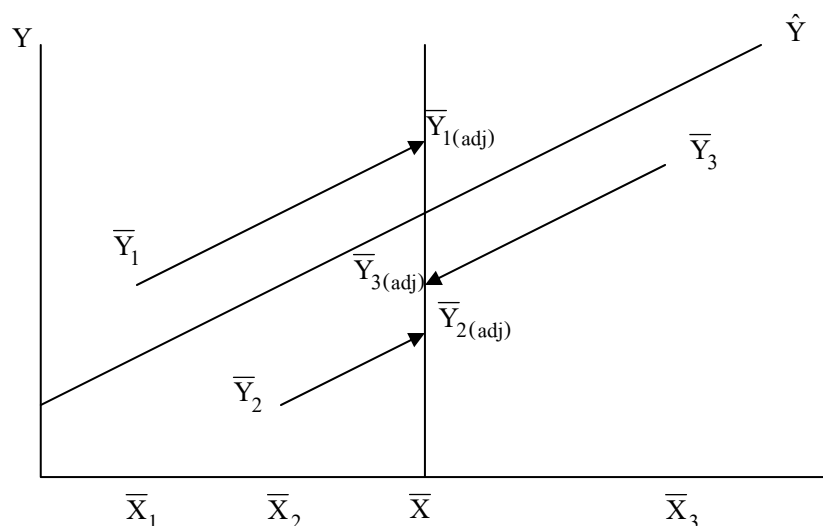
1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance)

การควบคุมความคลาดเคลื่อนของการทดลองไม่ว่าจะเป็นการทำซ้ำ หรือการจัดกลุ่มหน่วยทดลอง (Blocking) เหมาะที่จะใช้ในกรณีที่สาเหตุของความผันแปรในหน่วยทดลองมีลักษณะเชิงคุณภาพ หรือความผันแปรนั้นสามารถจำแนกประเภทได้แน่นอน ที่เรียกว่าตัวแปรจำแนกแต่ถ้าความผันแปรนั้นมีลักษณะเป็นเชิงปริมาณ และเป็นตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variable) เช่น น้ำหนักของสัตว์ หรือความหนาของแผ่นเหล็กกล้าก่อนเคลือบสังกะสี การจัดกลุ่มเพื่อให้สิ่งทดลองมีความสม่ำเสมอภายในกลุ่มทำได้ยาก การใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ (อนันต์ชัย, 2549) ซึ่งมีหลักการพื้นฐานดังนี้

กำหนดให้ X แทน ตัวแปรต่อเนื่องที่เป็นลักษณะเฉพาะของหน่วยทดลอง ซึ่งเป็นสาเหตุของความผันแปร หรือเรียกว่า “ตัวแปรร่วม”
 Y แทน ลักษณะที่ต้องการศึกษา

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทริทเมนต์ จะทำในลักษณะค่าสังเกตของ Y ถูกปรับด้วยอิทธิพลของ X กล่าวคือจะใช้ค่า Y ที่มีค่า X อยู่ในตำแหน่งเดียวกันมาวิเคราะห์ โดยที่วิธีการที่เหมาะสม คือ การใช้ค่า Y ที่มีค่า X เท่ากันที่ตำแหน่ง $\bar{X}$ เช่น ในการทดลองที่มี 3 ทริทเมนต์ ถ้าค่าเฉลี่ยของทริทเมนต์สำหรับลักษณะที่ใช้ศึกษาคือ $\bar{Y}_1$, $\bar{Y}_2$ และ $\bar{Y}_3$ โดยมีค่าเฉลี่ยของทริทเมนต์สำหรับตัวแปรร่วมเป็น $\bar{X}_1$, $\bar{X}_2$ และ $\bar{X}_3$ ตามลำดับ เมื่อปรับให้ทุกทริทเมนต์มีค่าเฉลี่ยของตัว

แปรรวมเท่ากันเท่ากับ $\bar{X}$ จะได้ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้วของทริทเมนต์เป็น $\bar{Y}_{1(adj)}$, $\bar{Y}_{2(adj)}$ และ $\bar{Y}_{3(adj)}$ ตามลำดับ การเปรียบเทียบทริทเมนต์จะกระทำโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หลักการในการใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การปรับค่า Y จาก X มีค่าเท่ากับ X_i เป็นค่า Y ที่มีค่า X เท่ากับ $\bar{X}$ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ในขณะที่การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทริทเมนต์ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ดังนั้นการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจึงเป็นวิธีที่นำวิธีการทางสถิติ 2 แบบมาใช้ร่วมกัน คือ การวิเคราะห์การถดถอย และการวิเคราะห์ความแปรปรวน จึงทำให้ต้องดูข้อสมมติเบื้องต้นของทั้ง 2 วิธีก่อนที่จะนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อใช้แผนการทดลองแบบ $a \times b$ แฟกทอเรียล ที่สุ่มตัวอย่างจากประชากรมาโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่ในแต่ละทริทเมนต์คอมบินชันมีการทำซ้ำ n ครั้ง จะเขียนตัวแบบเชิงเส้นได้ ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \beta_{Y.X}(X_{ijk} - \bar{X}_{...}) + \varepsilon_{ijk}$$

$$\text{เมื่อ } i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

โดยที่	Y_{ijk}	=	ค่าสังเกตของตัวแปรตอบสนอง (Y) ที่ได้รับปัจจัย A ระดับที่ i ปัจจัย B ระดับที่ j และการทำซ้ำที่ k
	μ	=	ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด
	α_i	=	อิทธิพลของปัจจัย A ระดับที่ i โดยที่ $\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0$
	τ_j	=	อิทธิพลของปัจจัย B ระดับที่ j โดยที่ $\sum_{j=1}^b \tau_j = 0$
	$(\alpha\tau)_{ij}$	=	อิทธิพลร่วมของปัจจัย A ระดับที่ i และปัจจัย B ระดับที่ j โดยที่ $\sum_{i=1}^a (\alpha\tau)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\alpha\tau)_{ij} = 0$
	$\beta_{Y.X}$	=	สัมประสิทธิ์การถดถอยของ Y เมื่อกำหนดตัวแปรร่วม X
	X_{ijk}	=	ค่าสังเกตของตัวแปรร่วม (X) ที่ได้รับปัจจัย A ระดับที่ i ปัจจัย B ระดับที่ j และการทำซ้ำที่ k
	$\bar{X}_{...}$	=	ค่าเฉลี่ยรวมของข้อมูล X_{ijk}
	ε_{ijk}	=	ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง

ข้อสมมติเบื้องต้นของแผนการทดลองแฟคทอเรียล

1. ข้อมูลของประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ
2. ความแปรปรวนของข้อมูลทุกกลุ่มทรีทเมนต์คอมบินเนชันเท่ากัน เท่ากับ σ^2
3. อิทธิพลระหว่างปัจจัยทั้งสองเป็นไปในรูปผลคูณเชิงเส้น
4. โอกาสที่หน่วยทดลองแต่ละกลุ่มได้รับทรีทเมนต์คอมบินเนชันใด ๆ เท่ากัน

ข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

1. ตัวแปรร่วมเป็นตัวแปรกำหนดมีค่าคงที่ และวัดมาโดยไม่มีความคลาดเคลื่อน
2. ความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม (Y) และตัวแปรร่วม (X) หลังจากหักอิทธิพลอื่น ๆ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนออกแล้วเป็นลักษณะเชิงเส้นตรง นั่นคือสัมประสิทธิ์การถดถอยไม่เท่ากับศูนย์
3. ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในแต่ละทรีทเมนต์คอมบินเนชันมีค่าเท่ากันคือ $\beta_{Y.X}$
4. ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนคงที่ในทุกทรีทเมนต์คอมบินเนชันเท่ากับ σ^2

การตรวจสอบข้อสมมติเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

1. สัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละทรีทเมนต์คอมบินเนชันของปัจจัย A และ B ต้องมีค่าเท่ากัน (homogeneity of regression coefficients)

$$\text{สมมติฐาน } H_0 : \beta_{Y.X(11)} = \beta_{Y.X(12)} = \dots = \beta_{Y.X(ij)} = \beta_{Y.X}$$

$$\text{สถิติทดสอบ } F = \frac{(E_{YY(\text{adj})} - S_1)/(ab-1)}{S_1/ab(n-2)}, \quad df = (ab-1), ab(n-2)$$

$$\text{ซึ่ง } E_{YY(\text{adj})} = E_{YY} - E_{XY}^2/E_{XX}, \quad S_1 = E_{YY} - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b b_{w_{ij}}^2 E_{XX_{ij}}$$

E_{YY} แทนผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของค่า Y ในแผนแบบแฟกทอเรียล

$b_{w_{ij}} = E_{XY_{ij}}/E_{XX_{ij}}$ แทนสัมประสิทธิ์การถดถอยของปัจจัย A ระดับที่ i และปัจจัย

B ระดับที่ j

$$E_{XY_{ij}} = \sum_{k=1}^n (X_{ijk} - \bar{X}_{ij})(Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij}) \text{ แทนผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน}$$

ของ X และ Y สำหรับปัจจัย A ระดับที่ i และปัจจัย B ระดับที่ j

$$E_{XX_{ij}} = \sum_{k=1}^n (X_{ijk} - \bar{X}_{ij})^2 \text{ แทนผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของ X}$$

สำหรับปัจจัย A ระดับที่ i และปัจจัย B ระดับที่ j

2. ตัวแปรร่วม X ต้องมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y

$$\text{สมมติฐาน } H_0 : \beta_{Y.X} = 0$$

$$\text{สถิติทดสอบ } F = \frac{E_{XY}^2(ab(n-1)-1)}{(E_{YY}E_{XX} - E_{XY}^2)}, \quad df = 1, ab(n-1)-1$$

ใช้ค่าต่าง ๆ จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A และ B โดยที่ปัจจัย A มี a ระดับ และปัจจัย B มี b ระดับ และในแต่ละทรีทเมนต์คอมบินเนชันมีจำนวนซ้ำเท่ากับ n ครั้ง แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย

ปัจจัย A (i)	ปัจจัย B (j)			
	1	2	...	b
1	$X_{111}, X_{112}, \dots, X_{11n}$	$X_{121}, X_{122}, \dots, X_{12n}$	...	$X_{1b1}, X_{1b2}, \dots, X_{1bn}$
	$Y_{111}, Y_{112}, \dots, Y_{11n}$	$Y_{121}, Y_{122}, \dots, Y_{12n}$		$Y_{1b1}, Y_{1b2}, \dots, Y_{1bn}$
2	$X_{211}, X_{212}, \dots, X_{21n}$	$X_{221}, X_{222}, \dots, X_{22n}$	...	$X_{2b1}, X_{2b2}, \dots, X_{2bn}$
	$Y_{211}, Y_{212}, \dots, Y_{21n}$	$Y_{221}, Y_{222}, \dots, Y_{22n}$		$Y_{2b1}, Y_{2b2}, \dots, Y_{2bn}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	$X_{a11}, X_{a12}, \dots, X_{a1n}$	$X_{a21}, X_{a22}, \dots, X_{a2n}$	...	$X_{ab1}, X_{ab2}, \dots, X_{abn}$
	$Y_{a11}, Y_{a12}, \dots, Y_{a1n}$	$Y_{a21}, Y_{a22}, \dots, Y_{a2n}$		$Y_{ab1}, Y_{ab2}, \dots, Y_{abn}$

สถิติทดสอบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น สถิติพารามетริกคือ สถิติทดสอบ F และสถิตินอนพารามетริกคือ สถิติทดสอบ Quade สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter และสถิติทดสอบ Shirley โดยมีรายละเอียดดังนี้

2. สถิติทดสอบแบบพารามетริก

สถิติทดสอบแบบพารามетริกที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ สถิติทดสอบ F ซึ่งมีการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่า SS (Sum of Square) และ SCP (Sum of Cross Products) ของอิทธิพลต่าง ๆ ตามปกติของแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ดังนี้

$$CT_{YY} = (Y_{...})^2 / abn$$

$$CT_{XY} = (X_{...})(Y_{...}) / abn$$

$$CT_{XX} = (X_{...})^2 / abn$$

(1) Total SS และ SCP

$$\begin{aligned}
T_{YY} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - CT_{YY} \\
T_{XY} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk} Y_{ijk} - CT_{XY} \\
T_{XX} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - CT_{XX}
\end{aligned}$$

(2) Treatment SS และ SCP (หรืออาจเรียกว่า Subtotal ก็ได้)

$$\begin{aligned}
Trt_{YY} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij.}^2}{n} - CT_{YY} \\
Trt_{XY} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{X_{ij.} Y_{ij.}}{n} - CT_{XY} \\
Trt_{XX} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{X_{ij.}^2}{n} - CT_{XX}
\end{aligned}$$

(3) Error SS และ SCP

$$\begin{aligned}
E_{YY} &= T_{YY} - Trt_{YY} \\
E_{XY} &= T_{XY} - Trt_{XY} \\
E_{XX} &= T_{XX} - Trt_{XX}
\end{aligned}$$

คำนวณ SS และ SCP ของอิทธิพลแฟกทอเรียล ได้ดังนี้

(4) A SS และ SCP

$$\begin{aligned}
A_{YY} &= \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i..}^2}{bn} - CT_{YY} \\
A_{XY} &= \sum_{i=1}^a \frac{X_{i..} Y_{i..}}{bn} - CT_{XY} \\
A_{XX} &= \sum_{i=1}^a \frac{X_{i..}^2}{bn} - CT_{XX}
\end{aligned}$$

(5) B SS และ SCP

$$\begin{aligned} B_{YY} &= \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{an} - CT_{YY} \\ B_{XY} &= \sum_{j=1}^b \frac{X_{.j} Y_{.j}}{an} - CT_{XY} \\ B_{XX} &= \sum_{j=1}^b \frac{X_{.j}^2}{an} - CT_{XX} \end{aligned}$$

(6) AB SS และ SCP

$$\begin{aligned} AB_{YY} &= Trt_{YY} - A_{YY} - B_{YY} \\ AB_{XY} &= Trt_{XY} - A_{XY} - B_{XY} \\ AB_{XX} &= Trt_{XX} - A_{XX} - B_{XX} \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าปรับของ Error SS ดังนี้

$$\begin{aligned} E_{YY(adj)} &= E_{YY} - E_{XY}^2 / E_{XX} , \quad df = ab(n-1) - 1 \\ \text{หรือ} \quad E_{YY(adj)} &= E_{YY} - b_w^2 E_{XX} , \quad b_w = E_{XY} / E_{XX} \\ b_w &\text{ คือสัมประสิทธิ์การถดถอยร่วม (Pooled Regression Coefficient)} \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าปรับของ SS ของ A ดังนี้

คำนวณผลรวม A + Error จะได้

$$\begin{aligned} (A+E)_{YY} &= A_{YY} + E_{YY} \\ (A+E)_{XY} &= A_{XY} + E_{XY} \\ (A+E)_{XX} &= A_{XX} + E_{XX} \end{aligned}$$

ปรับค่า SS ของ A + Error ได้ดังนี้

$$(A+E)_{YY(adj)} = (A+E)_{YY} - \frac{(A+E)_{XY}^2}{(A+E)_{XX}}, \quad df = (a-1) + ab(n-1) - 1$$

จะได้ค่าปรับของ SS ของ A ดังนี้

$$A_{YY(adj)} = (A + E)_{YY(adj)} - E_{YY(adj)} , \quad df = a - 1$$

คำนวณผลรวม B + Error จะได้

$$(B + E)_{YY} = B_{YY} + E_{YY}$$

$$(B + E)_{XY} = B_{XY} + E_{XY}$$

$$(B + E)_{XX} = B_{XX} + E_{XX}$$

ปรับค่า SS ของ B + Error ได้ดังนี้

$$(B + E)_{YY(adj)} = (B + E)_{YY} - \frac{(B + E)_{XY}^2}{(B + E)_{XX}}, df = (b - 1) + ab(n - 1) - 1$$

จะได้ค่าปรับของ SS ของ B ดังนี้

$$B_{YY(adj)} = (B + E)_{YY(adj)} - E_{YY(adj)} , \quad df = b - 1$$

และคำนวณผลรวม AB + Error จะได้

$$(AB + E)_{YY} = AB_{YY} + E_{YY}$$

$$(AB + E)_{XY} = AB_{XY} + E_{XY}$$

$$(AB + E)_{XX} = AB_{XX} + E_{XX}$$

ปรับค่า SS ของ AB + Error ได้ดังนี้

$$(AB + E)_{YY(adj)} = (AB + E)_{YY} - \frac{(AB + E)_{XY}^2}{(AB + E)_{XX}},$$

$$df = (a - 1)(b - 1) + ab(n - 1) - 1$$

จะได้ค่าปรับของ SS ของ AB ดังนี้

$$AB_{YY(adj)} = (AB + E)_{YY(adj)} - E_{YY(adj)} , \quad df = (a - 1)(b - 1)$$

ตารางที่ 3 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลในตารางที่ 2

Source	df	SS and SCP			Adjusted		
		YY	XY	XX	df	SS	MS
Treatment	ab - 1	T_{YY}	T_{XY}	T_{XX}			
A	a - 1	A_{YY}	A_{XY}	A_{XX}			
B	b - 1	B_{YY}	B_{XY}	B_{XX}			
AB	(a-1)(b-1)	AB_{YY}	AB_{XY}	AB_{XX}			
Error (E)	ab (n-1)	E_{YY}	E_{XY}	E_{XX}	ab (n-1) - 1	$E_{YY(adj)}$	$MSE_{(adj)}$
Total (T)	abn - 1	T_{YY}	T_{XY}	T_{XX}	abn - 2		
A+Error	(a-1) + ab (n-1)	$(A + E)_{YY}$	$(A + E)_{XY}$	$(A + E)_{XX}$	(a-1) + ab (n-1) - 1	$(A + E)_{YY(adj)}$	
				A	a - 1	$A_{YY(adj)}$	$MS(A)_{(adj)}$
B+Error	(b-1) + ab (n-1)	$(B + E)_{YY}$	$(B + E)_{XY}$	$(B + E)_{XX}$	(b-1) + ab (n-1) - 1	$(B + E)_{YY(adj)}$	
				B	b - 1	$B_{YY(adj)}$	$MS(B)_{(adj)}$
AB+Error	(a-1)(b-1) + +ab(n-1)	$(AB + E)_{YY}$	$(AB + E)_{XY}$	$(AB + E)_{XX}$	(a-1)(b-1) + ab (n-1) - 1	$(AB + E)_{YY(adj)}$	
				AB	(a-1)(b-1)	$AB_{YY(adj)}$	$MS(AB)_{(adj)}$

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดสถิติทดสอบ F เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลที่ปรับแล้วของปัจจัย A, B และ AB ได้ดังนี้

- (1) ศึกษาอิทธิพลร่วมที่ปรับแล้วของ AB ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : (\alpha\tau)_{11} = (\alpha\tau)_{12} = \dots = (\alpha\tau)_{ab} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\tau)_{ij} \neq 0 \quad ; \exists i, j ; i = 1, 2, \dots, a \quad ; j = 1, 2, \dots, b$$

$$\begin{aligned} \text{สถิติทดสอบ} \quad F_{AB} &= \frac{AB_{YY(adj)} / (a-1)(b-1)}{E_{YY(adj)} / [ab(n-1)-1]} \\ &= \frac{MS(AB)_{(adj)}}{MSE_{(adj)}} , \text{ df} = (a-1)(b-1) , ab(n-1)-1 \end{aligned}$$

โดยที่ F_{AB} คือ สถิติทดสอบ F เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $F_{AB} > F_{\alpha, [(a-1)(b-1), ab(n-1)-1]}$

- (2) ศึกษาอิทธิพลที่ปรับแล้วของปัจจัย A ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y
สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

$$H_1 : \alpha_i \neq 0 \quad ; \exists i ; i = 1, 2, \dots, a$$

$$\begin{aligned} \text{สถิติทดสอบ} \quad F_A &= \frac{A_{YY(\text{adj})}/(a-1)}{E_{YY(\text{adj})}/[ab(n-1)-1]} \\ &= \frac{MS(A)_{(\text{adj})}}{MSE_{(\text{adj})}} \quad , \quad df = a-1, ab(n-1)-1 \end{aligned}$$

โดยที่ F_A คือ สถิติทดสอบ F เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A
ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $F_A > F_{\alpha, [(a-1), ab(n-1)-1]}$

- (3) ศึกษาอิทธิพลที่ปรับแล้วของปัจจัย B ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y
สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_b = 0$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \quad ; \exists j ; j = 1, 2, \dots, b$$

$$\begin{aligned} \text{สถิติทดสอบ} \quad F_B &= \frac{B_{YY(\text{adj})}/(b-1)}{E_{YY(\text{adj})}/[ab(n-1)-1]} \\ &= \frac{MS(B)_{(\text{adj})}}{MSE_{(\text{adj})}} \quad , \quad df = b-1, ab(n-1)-1 \end{aligned}$$

โดยที่ F_B คือ สถิติทดสอบ F เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B
ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $F_B > F_{\alpha, [(b-1), ab(n-1)-1]}$

ตัวอย่างที่ 1 ในการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการขอใบอนุญาตนำเข้าสุราในร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุรา และร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จที่มีต่อจำนวนสุราที่มีการขนส่งเข้ามาในท้องถิ่น 4 แห่ง ผู้ทดลองใช้การทดลองแบบ 2×2 แฟกทอเรียล และผู้ทดลองเชื่อว่า ข้อมูลการขนส่งสุราจากปีที่ผ่านมามีความสัมพันธ์ต่อการขนส่งสุราในปีนี้ ข้อมูลแสดงในตารางที่ 4

A แทนร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุรา 2 ร้าน (a_1, a_2)

B แทนร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จ 2 ร้าน (b_1, b_2)

X แทนจำนวนการขนส่งสุราจากปีที่ผ่านมา (ล้ง)

Y แทนจำนวนการขนส่งสุราปีนี้ (ล้ง)

ตารางที่ 4 จำนวนการขนส่งสุราจากปีที่ผ่านมา และจำนวนการขนส่งสุราปีนี้ ของร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุรา 2 ร้าน และร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จ 2 ร้าน

Treatment		B								Total	
		b ₁				b ₂					
A	a ₁	X	206	239	217	177	252	228	240	246	1805
		Y	226	229	215	188	226	196	198	206	1684
	a ₂	X	248	208	225	239	190	261	194	217	1782
		Y	229	190	195	202	177	225	167	176	1561
Total		X	454	447	442	416	442	483	434	463	3587
		Y	455	419	410	390	403	421	365	382	3245

วิธีทำ ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่า SS และ SCP ของอิทธิพลต่างๆ ผลการคำนวณที่ได้แสดงในตารางที่ 5 ดังนี้

$$CT_{YY} = (Y_{...})^2 / abn = (3245)^2 / 16 = 658126.56$$

$$CT_{XY} = (X_{...})(Y_{...}) / abn = (3587)(3245) / 16 = 727488.44$$

$$CT_{XX} = (X_{...})^2 / abn = (3587)^2 / 16 = 804160.56$$

(1) Total SS and SCP

$$\begin{aligned}
 T_{YY} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 Y_{ijk}^2 - CT_{YY} = [226^2 + 229^2 + \dots + 176^2] - 658426.56 \\
 &= 664407 - 658126.56 = 6280.44 \\
 T_{XY} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 X_{ijk} Y_{ijk} - CT_{XY} \\
 &= [206(226) + \dots + 217(176)] - 727488.44 = 4975.56 \\
 T_{XX} &= [206^2 + 239^2 + \dots + 217^2] - 804160.56 \\
 &= 813039 - 804160.56 = 8878.44
 \end{aligned}$$

(2) Treatment SS and SCP

$$\begin{aligned}
 \text{Trt}_{YY} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \frac{Y_{ij.}^2}{n} - CT_{YY} \\
 &= \left[\frac{858^2 + 826^2 + 816^2 + 745^2}{4} \right] - 658126.56 = 1703.69 \\
 \text{Trt}_{XY} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \frac{X_{ij.} Y_{ij.}}{n} - CT_{XY} \\
 &= \left[\frac{839(858) + \dots + 862(745)}{4} \right] - 727488.44 = 183.56 \\
 \text{Trt}_{XX} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \frac{X_{ij.}^2}{n} - CT_{XX} \\
 &= \left[\frac{839^2 + 966^2 + 920^2 + 862^2}{4} \right] - 804160.56 = 2469.69
 \end{aligned}$$

(3) Error SS and SCP

$$\begin{aligned}
 E_{YY} &= T_{YY} - \text{Trt}_{YY} = 6280.44 - 1703.69 = 4576.75 \\
 E_{XY} &= T_{XY} - \text{Trt}_{XY} = 4975.56 - 183.56 = 4792 \\
 E_{XX} &= T_{XX} - \text{Trt}_{XX} = 8878.44 - 2469.69 = 6408.75
 \end{aligned}$$

คำนวณ SS และ SCP ของอิทธิพลแฟกทอเรียล ได้ดังนี้

(4) A SS และ SCP

$$A_{YY} = \sum_{i=1}^2 \frac{Y_{i..}^2}{bn} - CT_{YY} = \left[\frac{1684^2 + 1561^2}{8} \right] - 658126.56 = 945.56$$

$$\begin{aligned} A_{XY} &= \sum_{i=1}^2 \frac{X_{i..} Y_{i..}}{bn} - CT_{XY} \\ &= \left[\frac{1805(1684) + 1782(1561)}{8} \right] - 727488.44 = 176.81 \end{aligned}$$

$$A_{XX} = \sum_{i=1}^2 \frac{X_{i..}^2}{bn} - CT_{XX} = \left[\frac{1805^2 + 1782^2}{8} \right] - 804160.56 = 33.06$$

(5) B SS และ SCP

$$B_{YY} = \sum_{j=1}^2 \frac{Y_{.j.}^2}{an} - CT_{YY} = \left[\frac{1674^2 + 1571^2}{8} \right] - 658126.56 = 663.07$$

$$\begin{aligned} B_{XY} &= \sum_{j=1}^2 \frac{X_{.j.} Y_{.j.}}{an} - CT_{XY} \\ &= \left[\frac{1759(1674) + 1828(1571)}{8} \right] - 727488.44 = -444.19 \end{aligned}$$

$$B_{XX} = \sum_{j=1}^2 \frac{X_{.j.}^2}{an} - CT_{XX} = \left[\frac{1759^2 + 1828^2}{8} \right] - 804160.56 = 297.57$$

(6) AB SS และ SCP

$$AB_{YY} = Trt_{YY} - A_{YY} - B_{YY} = 1703.69 - 945.56 - 663.07 = 95.06$$

$$AB_{XY} = Trt_{XY} - A_{XY} - B_{XY} = 183.56 - 176.81 - (-444.19) = 450.94$$

$$AB_{XX} = Trt_{XX} - A_{XX} - B_{XX} = 2469.69 - 33.06 - 297.57 = 2139.06$$

ขั้นตอนที่ 2 นำค่าที่ได้ใส่ในตาราง จากนั้นคำนวณค่าปรับของ Error SS ดังนี้

$$b_w = E_{XY} / E_{XX} = 4792 / 6408.75 = 0.7477$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } E_{YY(\text{adj})} &= E_{YY} - b_w^2 E_{XX} \quad , \quad df = ab(n-1) - 1 \\ &= 4576.75 - (0.75)^2 (6408.75) = 993.64 \quad , \quad df = 11 \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าปรับของ SS ของ A ดังนี้

คำนวณผลรวม $A + \text{Error}$ จะได้

$$(A + E)_{YY} = A_{YY} + E_{YY} = 945.56 + 4576.75 = 5522.31$$

$$(A + E)_{XY} = A_{XY} + E_{XY} = 176.81 + 4792 = 4968.81$$

$$(A + E)_{XX} = A_{XX} + E_{XX} = 33.06 + 6408.75 = 6441.81$$

ปรับค่า SS ของ $A + \text{Error}$ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}(A + E)_{YY(\text{adj})} &= (A + E)_{YY} - \frac{(A + E)_{XY}^2}{(A + E)_{XX}}, df = (a - 1) + ab(n - 1) - 1 \\ &= 5522.31 - \frac{(4968.81)^2}{6441.81} = 1689.68, df = 12\end{aligned}$$

จะได้ค่าปรับของ SS ของ A ดังนี้

$$\begin{aligned}A_{YY(\text{adj})} &= (A + E)_{YY(\text{adj})} - E_{YY(\text{adj})}, df = a - 1 \\ &= 1689.68 - 993.64 = 696.04, df = 1\end{aligned}$$

คำนวณผลรวม $B + \text{Error}$ จะได้

$$(B + E)_{YY} = B_{YY} + E_{YY} = 663.06 + 4576.75 = 5239.81$$

$$(B + E)_{XY} = B_{XY} + E_{XY} = -444.19 + 4792 = 4347.81$$

$$(B + E)_{XX} = B_{XX} + E_{XX} = 297.57 + 6408.75 = 6706.32$$

ปรับค่า SS ของ $B + \text{Error}$ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}(B + E)_{YY(\text{adj})} &= (B + E)_{YY} - \frac{(B + E)_{XY}^2}{(B + E)_{XX}}, df = (b - 1) + ab(n - 1) - 1 \\ &= 5239.81 - \frac{(4347.81)^2}{6706.32} = 2421.06, df = 12\end{aligned}$$

จะได้ค่าปรับของ SS ของ B ดังนี้

$$\begin{aligned}B_{YY(\text{adj})} &= (B + E)_{YY(\text{adj})} - E_{YY(\text{adj})}, df = b - 1 \\ &= 2421.06 - 993.64 = 1427.42, df = 1\end{aligned}$$

และคำนวณผลรวม AB + Error จะได้

$$(AB + E)_{YY} = AB_{YY} + E_{YY} = 95.06 + 4576.75 = 4671.81$$

$$(AB + E)_{XY} = AB_{XY} + E_{XY} = 450.94 + 4792 = 5242.94$$

$$(AB + E)_{XX} = AB_{XX} + E_{XX} = 2139.06 + 6408.75 = 8547.81$$

ปรับค่า SS ของ AB + Error ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} (AB + E)_{YY(adj)} &= (AB + E)_{YY} - \frac{(AB + E)_{XY}^2}{(AB + E)_{XX}} \\ &= 4671.81 - \frac{(5242.94)^2}{8547.81} = 1455.97, df = 12 \end{aligned}$$

จะได้ค่าปรับของ SS ของ AB ดังนี้

$$\begin{aligned} AB_{YY(adj)} &= (AB + E)_{YY(adj)} - E_{YY(adj)}, df = (a-1)(b-1) \\ &= 1455.97 - 993.64 = 462.33, df = 1 \end{aligned}$$

ตารางที่ 5 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลในตารางที่ 4

Source	df	SS and SCP			Adjusted		
		YY	XY	XX	df	SS	MS
Treatment	3	1703.69	183.56	2469.69			
A	1	945.56	176.81	33.06			
B	1	663.07	-444.19	297.57			
AB	1	95.06	450.94	2139.06			
Error (E)	12	4576.75	4792	6408.75	11	993.64	90.33
Total (T)	15	6280.44	4975.56	8878.44	14		
A+Error	13	5522.31	4968.81	6441.81	12	1689.68	
				A	1	696.04	696.04
B+Error	13	5239.81	4347.81	6706.32	12	2421.05	
				B	1	1427.42	1427.42
AB+Error	13	4671.81	5242.94	8547.81	12	1455.97	
				AB	1	462.33	462.33

ควรมีการตรวจสอบข้อสมมติที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมก่อนที่จะนำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณตัวทดสอบ F เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลที่ปรับแล้วของทรีทเมนต์

1. สัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละทรีทเมนต์คอมบินเนชันของปัจจัย A และ B ต้องมีค่าเท่ากัน

$$\text{สมมติฐาน } H_0 : \beta_{Y.X(11)} = \beta_{Y.X(12)} = \beta_{Y.X(21)} = \beta_{Y.X(22)} = \beta_{Y.X}$$

$$\text{สถิติทดสอบ } F = \frac{(E_{YY(\text{adj})} - S_1)/(ab-1)}{S_1/ab(n-2)}, \quad df = (ab-1), ab(n-2)$$

$$\text{ซึ่ง } S_1 = E_{YY} - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b b_{w_{ij}}^2 E_{XX_{ij}} \quad \text{กำหนดค่า } b_{w_{ij}} = E_{XY_{ij}}/E_{XX_{ij}}$$

$$\text{เนื่องจาก } E_{XY_{ij}} = \sum_{k=1}^4 (X_{ijk} - \bar{X}_{ij.})(Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.}) \text{ จะได้}$$

$$\begin{aligned} E_{XY_{11}} &= (206 - 209.75)(226 - 214.5) + \dots + (177 - 209.75)(188 - 214.5) \\ &= 1252.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{XY_{12}} &= (252 - 241.5)(226 - 206.5) + \dots + (246 - 241.5)(206 - 206.5) \\ &= 357 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{XY_{21}} &= (248 - 230)(229 - 204) + \dots + (239 - 230)(202 - 204) \\ &= 785 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{XY_{22}} &= (190 - 215.5)(177 - 186.25) + \dots + (217 - 215.5)(176 - 186.25) \\ &= 2397.5 \end{aligned}$$

$$\text{และ } E_{XX_{ij}} = \sum_{k=1}^4 (X_{ijk} - \bar{X}_{ij.})^2 \text{ จะได้}$$

$$E_{XX_{11}} = (206 - 209.75)^2 + (239 - 209.75)^2 + \dots + (177 - 209.75)^2 = 1994.75$$

$$E_{XX_{12}} = (252 - 241.5)^2 + (228 - 241.5)^2 + \dots + (246 - 241.5)^2 = 315$$

$$E_{XX_{21}} = (248 - 230)^2 + (208 - 230)^2 + \dots + (239 - 230)^2 = 914$$

$$E_{XX_{22}} = (190 - 215.5)^2 + (261 - 215.5)^2 + \dots + (217 - 215.5)^2 = 3185$$

$$\text{กำหนดค่า } b_{w_{ij}} = E_{XY_{ij}}/E_{XX_{ij}} \text{ ได้ดังนี้}$$

$$b_{w_{11}} = E_{XY_{11}}/E_{XX_{11}} = 1252.5/1994.75 = 0.6279$$

$$b_{w_{12}} = E_{XY_{12}}/E_{XX_{12}} = 357/315 = 1.1333$$

$$b_{w_{21}} = E_{XY_{21}}/E_{XX_{21}} = 785/914 = 0.8589$$

$$b_{w_{22}} = E_{XY_{22}}/E_{XX_{22}} = 2397.5/3185 = 0.7527$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น } S_1 &= E_{YY} - \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 b_{w_{ij}}^2 E_{XX_{ij}} \\
 &= 4576.75 - [(0.6279)^2(1994.75) + \dots + (0.7527)^2(3185)] \\
 &= 906.98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{สถิติทดสอบ } F &= \frac{(E_{YY(\text{adj})} - S_1)/(ab - 1)}{S_1/ab(n - 2)} \\
 &= \frac{(993.64 - 906.98)/3}{906.98/8} = 0.25, \text{ df} = 3, 8
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $F = 0.25$ ซึ่งน้อยกว่า $F_{0.05, (3, 8)} = 4.07$ ดังนั้น จะไม่ปฏิเสธ H_0
 ดังนั้น สัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละทริทเมนต์คอมบินันชันของปัจจัย A และ B มีค่าเท่ากัน

2. ตัวแปรร่วม X ต้องมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y

$$\text{สมมติฐาน } H_0 : \beta_{YX} = 0$$

$$\begin{aligned}
 \text{สถิติทดสอบ } F &= \frac{E_{XY}^2(ab(n-1)-1)}{(E_{YY}E_{XX} - E_{XY}^2)}, \text{ df} = 1, ab(n-1)-1 \\
 &= \frac{(4792)^2(11)}{[(4576.75)(6408.75) - (4792)^2]} = 39.67, \text{ df} = 1, 11
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $F = 39.67$ ซึ่งมากกว่า $F_{0.05, (1, 11)} = 4.84$ ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0
 ดังนั้น ตัวแปรร่วม X มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณสถิติทดสอบ F เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลที่ปรับแล้วของทริทเมนต์ดังนี้

(1) ศึกษาอิทธิพลร่วมที่ปรับแล้วของ AB ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : (\alpha\tau)_{11} = (\alpha\tau)_{12} = (\alpha\tau)_{21} = (\alpha\tau)_{22} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\tau)_{ij} \neq 0 ; \exists i, j ; i = 1, 2 ; j = 1, 2$$

$$\text{สถิติทดสอบ } F_{AB} = \frac{MS(AB)_{(\text{adj})}}{MSE_{(\text{adj})}} = \frac{462.33}{90.33} = 5.12, \text{ df} = 1, 11$$

เนื่องจาก $F_{AB} = 5.12$ ซึ่งมีค่ามากกว่า $F_{0.05, (1, 11)} = 4.84$

ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าอิทธิพลร่วมระหว่างร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุรา และร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จมีผลต่อจำนวนการนำเข้าสู่สุราในท้องถิ่นที่ $\alpha = 0.05$

- (2) ศึกษาอิทธิพลที่ปรับแล้วของปัจจัย A ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y
สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

$$H_1 : \alpha_i \neq 0 \quad ; \exists i ; i = 1, 2$$

$$\text{สถิติทดสอบ} \quad F_A = \frac{MS(A)_{(adj)}}{MSE_{(adj)}} = \frac{696.04}{90.33} = 7.71, \text{ df} = 1, 11$$

เนื่องจาก $F_A = 7.71$ ซึ่งมีค่ามากกว่า $F_{0.05, (1, 11)} = 4.84$

ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุราที่แตกต่างกัน 2 ร้านมีผลต่อจำนวนการนำเข้าสู่สุราในท้องถิ่น แตกต่างกันในที่ $\alpha = 0.05$

- (3) ศึกษาอิทธิพลที่ปรับแล้วของปัจจัย B ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y
สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \quad ; \exists j ; j = 1, 2$$

$$\text{สถิติทดสอบ} \quad F_B = \frac{MS(B)_{(adj)}}{MSE_{(adj)}} = \frac{1427.42}{90.33} = 15.80, \text{ df} = 1, 11$$

เนื่องจาก $F_B = 15.80$ ซึ่งมีค่ามากกว่า $F_{0.05, (1, 11)} = 4.84$

ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จที่แตกต่างกัน 2 ร้านมีผลต่อจำนวนการนำเข้าสู่สุราในท้องถิ่น แตกต่างกันในที่ $\alpha = 0.05$

3. สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก

การทดสอบแบบนอนพาราเมตริกส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลที่แปลงเป็นค่าอันดับแล้ว หรือข้อมูลเชิงคุณภาพ และไม่คำนึงถึงลักษณะการแจกแจงของข้อมูล แต่การแจกแจงมีลักษณะเป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) สำหรับสถิติแบบนอนพาราเมตริกที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบมี 3 วิธีคือ สถิติทดสอบ Quade สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter และสถิติทดสอบ Shirley ซึ่งแต่ละวิธีมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 สถิติทดสอบ Quade (Q) (Quade, 1967)

สร้างตัวทดสอบสถิติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจากแผนการทดลองแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่มีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เพื่อทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A , B และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B ว่ามีผลต่อตัวแปรตามหรือไม่ และใช้ X เป็นตัวแปรร่วมดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดข้อมูลให้อยู่ในรูปตารางแผนการทดลองแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่มีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยที่ปัจจัย A มี a ระดับ และปัจจัย B มี b ระดับ แสดงในตารางที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ให้ค่าอันดับแก่ข้อมูลทั้งหมด โดยแบ่งเป็นข้อมูลของตัวแปรผลตอบและข้อมูลของตัวแปรร่วม แทนค่าอันดับของข้อมูลจากตัวแปรทั้งสองด้วย R_{ijk} และ C_{ijk} ตามลำดับ ถ้าข้อมูลมีค่าเท่ากันใช้ค่าอันดับเฉลี่ย (Average Rank) แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ลักษณะของข้อมูลที่มีการให้ค่าอันดับแก่ข้อมูลในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ซึ่งปัจจัย A มี a ระดับ และปัจจัย B มี b ระดับ

ปัจจัย A (i)	ปัจจัย B (j)			
	1	2	...	b
1	$C_{111}, C_{112}, \dots, C_{11n}$	$C_{121}, C_{122}, \dots, C_{12n}$		$C_{1b1}, C_{1b2}, \dots, C_{1bn}$
	$R_{111}, R_{112}, \dots, R_{11n}$	$R_{121}, R_{122}, \dots, R_{12n}$	...	$R_{1b1}, R_{1b2}, \dots, R_{1bn}$
2	$C_{211}, C_{212}, \dots, C_{21n}$	$C_{221}, C_{222}, \dots, C_{22n}$		$C_{2b1}, C_{2b2}, \dots, C_{2bn}$
	$R_{211}, R_{212}, \dots, R_{21n}$	$R_{221}, R_{222}, \dots, R_{22n}$	...	$R_{2b1}, R_{2b2}, \dots, R_{2bn}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	$C_{a11}, C_{a12}, \dots, C_{a1n}$	$C_{a21}, C_{a22}, \dots, C_{a2n}$		$C_{ab1}, C_{ab2}, \dots, C_{abn}$
	$R_{a11}, R_{a12}, \dots, R_{a1n}$	$R_{a21}, R_{a22}, \dots, R_{a2n}$	...	$R_{ab1}, R_{ab2}, \dots, R_{abn}$

ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาค่า $\hat{R}_{ijk}$ โดยให้ R_{ijk} เป็นตัวแปรตาม และ C_{ijk} เป็นตัวแปรอิสระ เนื่องจากมีตัวแปรร่วมตัวเดียวใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) จะได้สมการดังนี้

$$\hat{R}_{ijk} = \theta_0 + \theta_1 C_{ijk} \quad \text{โดยที่ } \theta_0 \text{ แทนค่าประมาณจุดตัดแกนตั้ง และ}$$

$$\theta_1 \text{ แทนค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอย}$$

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าเศษ (Residual) จาก $E_{ijk} = R_{ijk} - \hat{R}_{ijk}$ ซึ่ง $\sum E_{ijk} = 0$
แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ลักษณะของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย
ซึ่งปัจจัย A มี a ระดับ และปัจจัย B มี b ระดับ โดยใช้สถิติทดสอบ Q

ปัจจัย A (i)	ปัจจัย B (j)			
	1	2	...	b
1	$E_{111}, E_{112}, \dots, E_{11n}$	$E_{121}, E_{122}, \dots, E_{12n}$	...	$E_{1b1}, E_{1b2}, \dots, E_{1bn}$
2	$E_{211}, E_{212}, \dots, E_{21n}$	$E_{221}, E_{222}, \dots, E_{22n}$	...	$E_{2b1}, E_{2b2}, \dots, E_{2bn}$
...	...	...	...	...
a	$E_{a11}, E_{a12}, \dots, E_{a1n}$	$E_{a21}, E_{a22}, \dots, E_{a2n}$	...	$E_{ab1}, E_{ab2}, \dots, E_{abn}$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่า SS (Sum of Square) ของอิทธิพลต่าง ๆ ตามการวิเคราะห์
ความแปรปรวนของแผนแบบแฟกทอเรียล ได้ค่าที่คำนวณแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลในตารางที่ 7

Source	df	SS	MS	Q
Ttt	$ab - 1$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{E_{ij.}^2}{n}$		
A	$a - 1$	$\sum_{i=1}^a \frac{E_{i..}^2}{bn}$	$\sum_{i=1}^a \frac{E_{i..}^2}{bn} / (a - 1)$	$\frac{MS(A)}{MSE}$
B	$b - 1$	$\sum_{j=1}^b \frac{E_{.j.}^2}{an}$	$\sum_{j=1}^b \frac{E_{.j.}^2}{an} / (b - 1)$	$\frac{MS(B)}{MSE}$
AB	$(a-1)(b-1)$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{E_{ij.}^2}{n} - \sum_{i=1}^a \frac{E_{i..}^2}{bn} - \sum_{j=1}^b \frac{E_{.j.}^2}{an}$	$\left[\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{E_{ij.}^2}{n} - \sum_{i=1}^a \frac{E_{i..}^2}{bn} - \sum_{j=1}^b \frac{E_{.j.}^2}{an} \right] / (a-1)(b-1)$	$\frac{MS(AB)}{MSE}$
Error	$ab(n-1)$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n E_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{E_{ij.}^2}{n}$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n E_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{E_{ij.}^2}{n} / ab(n-1)$	
Total	$abn - 1$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n E_{ijk}^2$		

ขั้นตอนที่ 6 กำหนดสถิติทดสอบ Q เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลของ A , B และ AB ดังนี้

(1) ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

$$Q_{AB} = \frac{ab(n-1) \left[\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{E_{ij.}^2}{n} - \sum_{i=1}^a \frac{E_{i..}^2}{bn} - \sum_{j=1}^b \frac{E_{.j.}^2}{an} \right]}{(a-1)(b-1) \left[\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n E_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{E_{ij.}^2}{n} \right]} = \frac{MS(AB)}{MSE}$$

โดยที่ Q_{AB} คือ สถิติทดสอบ Q เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B ซึ่งมีการแจกแจงแบบเอฟที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับ $(a-1)(b-1)$ และ $ab(n-1)$

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $Q_{AB} > F_{\alpha, [(a-1)(b-1), ab(n-1)]}$

(2) ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

$$Q_A = \frac{ab(n-1) \left[\sum_{i=1}^a \frac{E_{i..}^2}{bn} \right]}{(a-1) \left[\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n E_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{E_{ij.}^2}{n} \right]} = \frac{MS(A)}{MSE}$$

โดยที่ Q_A คือ สถิติทดสอบ Q เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A ซึ่งมีการแจกแจงแบบเอฟที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับ $(a-1)$ และ $ab(n-1)$

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $Q_A > F_{\alpha, [(a-1), ab(n-1)]}$

(3) ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

$$Q_B = \frac{ab(n-1) \left[\sum_{j=1}^b \frac{E_{.j.}^2}{an} \right]}{(b-1) \left[\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n E_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{E_{ij.}^2}{n} \right]} = \frac{MS(B)}{MSE}$$

โดยที่ Q_B คือ สถิติทดสอบ Q เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B ซึ่งมีการแจกแจงแบบเอฟที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับ $(b-1)$ และ $ab(n-1)$

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $Q_B > F_{\alpha, [(b-1), ab(n-1)]}$

ตัวอย่างที่ 2 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 1 ทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์โดยใช้สถิติทดสอบ Q

ขั้นตอนที่ 1 จัดข้อมูลให้อยู่ในรูปตารางแผนการทดลองแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่มีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยที่ปัจจัย A มี a ระดับ และปัจจัย B มี b ระดับ แสดงในตารางที่ 4

ขั้นตอนที่ 2 ให้ค่าอันดับแก่ข้อมูลทั้งหมด โดยแบ่งเป็นข้อมูลของตัวแปรผลตอบ และข้อมูลของตัวแปรร่วม แทนค่าอันดับของข้อมูลจากตัวแปรทั้งสองด้วย R_{ijk} และ C_{ijk} ตามลำดับ ถ้าข้อมูลมีค่าเท่ากันใช้ค่าอันดับเฉลี่ย (Average Rank) แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อมูลที่ให้ค่าอันดับแล้วจากข้อมูลในตารางที่ 4

Treatment		B									Total
		b ₁					b ₂				
A	a ₁	C _{ijk}	4	10.5	6.5	1	15	9	12	13	71
		R _{ijk}	13.5	15.5	11	4	13.5	7	8	10	82.5
	a ₂	C _{ijk}	14	5	8	10.5	2	16	3	6.5	65
		R _{ijk}	15.5	5	6	9	3	12	1	2	53.5
Total		C _{ijk}	18	15.5	14.5	11.5	17	25	15	19.5	136
		R _{ijk}	29	20.5	17	13	16.5	19	9	12	136

ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้โปรแกรม SAS เพื่อหาค่า $\hat{R}_{ijk}$ โดยให้ R_{ijk} เป็นตัวแปรตาม และ C_{ijk} เป็นตัวแปรอิสระ จะได้สมการ ดังนี้

$$\hat{R}_{ijk} = 2.8271 + 0.6674C_{ijk}$$

ตารางที่ 10 ค่า $\hat{R}_{ijk}$ ของข้อมูลจากตารางที่ 9

Treatment		B								
		b ₁					b ₂			
A	a ₁	C _{ijk}	4	10.5	6.5	1	15	9	12	13
		$\hat{R}_{ijk}$	5.50	9.83	7.17	3.49	12.84	8.83	10.84	11.50
	a ₂	C _{ijk}	14	5	8	10.5	2	16	3	6.5
		$\hat{R}_{ijk}$	12.17	6.16	8.17	9.83	4.16	13.51	4.83	7.17

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าเศษ $E_{ijk} = R_{ijk} - \hat{R}_{ijk}$ ซึ่ง $\sum E_{ijk} = 0$ แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าเศษ (E_{ijk}) ของข้อมูลในตารางที่ 9 และ 10

Treatment	B									Total
	b ₁					b ₂				
A	a ₁	8	5.67	3.83	0.51	0.66	-1.83	-2.84	-1.5	E _{1..} = 12.5
	a ₂	3.33	-1.16	-2.17	-0.83	-1.16	-1.51	-3.83	-5.17	E _{2..} = -12.5
Total		E _{.1.} = 17.18					E _{.2.} = -17.18			E _{...} = 0

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่า SS ของอิทธิพลต่าง ๆ ตามการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบแฟกทอเรียล และได้ค่าที่คำนวณ แสดงในตารางที่ 12

เนื่องจาก $CT = 0$

$$SS_{\text{Total}} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 E_{ijk}^2 = 8^2 + 5.67^2 + \dots + (-5.17)^2 = 188.03$$

$$SS_{\text{Ttt}} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \frac{E_{ij.}^2}{n} = \left[\frac{18.01^2 + (-5.51)^2 + \dots + (-11.67)^2}{4} \right] = 122.90$$

$$SS(A) = \sum_{i=1}^2 \frac{E_{i..}^2}{bn} = \left[\frac{12.5^2 + (-12.5)^2}{8} \right] = 39.06$$

$$SS(B) = \sum_{j=1}^2 \frac{E_{.j.}^2}{an} = \left[\frac{17.18^2 + (-17.18)^2}{8} \right] = 73.79$$

$$SS(AB) = 122.90 - 39.06 - 73.79 = 10.05$$

$$SSE = SS_{\text{Total}} - SS_{\text{Ttt}} = 188.03 - 122.90 = 65.13$$

ตารางที่ 12 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลในตารางที่ 11

Source	df	SS	MS	Q
Treatment	3	122.90		
A	1	39.06	39.06	7.19
B	1	73.79	73.79	13.59
AB	1	10.05	10.05	1.85
Error	12	65.13	5.43	
Total	15	188.03		

ขั้นตอนที่ 6 กำหนดสถิติทดสอบ Q เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลของ A , B และ AB ดังนี้

(1) ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

$$Q_{AB} = \frac{MS(AB)}{MSE} = \frac{10.05}{5.43} = 1.85, df = 1,12$$

เนื่องจาก $Q_{AB} = 1.85$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $F_{0.05,(1,12)} = 4.75$

ดังนั้น จะไม่ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุรา และร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จ ที่มีผลต่อจำนวนการนำเข้าสู่สุราในท้องถิ่นที่ $\alpha = 0.05$

(2) ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

$$Q_A = \frac{MS(A)}{MSE} = \frac{39.06}{5.43} = 7.19, df = 1,12$$

เนื่องจาก $Q_A = 7.19$ ซึ่งมีค่ามากกว่า $F_{0.05,(1,12)} = 4.75$

ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุราที่แตกต่างกัน 2 ร้าน มีผลต่อจำนวนการนำเข้าสู่สุราในท้องถิ่น แตกต่างกันว่า $\alpha = 0.05$

(3) ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

$$Q_B = \frac{MS(B)}{MSE} = \frac{73.79}{5.43} = 13.59, df = 1,12$$

เนื่องจาก $Q_B = 13.59$ ซึ่งมีค่ามากกว่า $F_{0.05,(1,12)} = 4.75$

ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จที่แตกต่างกันทั้ง 2 ร้าน มีผลต่อจำนวนการนำเข้าสู่สุราในท้องถิ่น แตกต่างกันว่า $\alpha = 0.05$

3.2 สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter (MP) (Conover และ Iman, 1982)

วิธีทดสอบของ McSweeney และ Porter หรือวิธีทดสอบแบบแรงค์ทรานส์ฟอร์เมชัน (Rank Transformation Test) สามารถสร้างตัวทดสอบสถิติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจากแผนการทดลองแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่มีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เพื่อทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A , B และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B ว่ามีผลต่อตัวแปรตามหรือไม่ และใช้ X เป็นตัวแปรร่วมดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ให้ค่าอันดับกับข้อมูลเช่นเดียวกับ สถิติทดสอบ Q แสดงในตารางที่ 6

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณสถิติทดสอบ MP จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเช่นเดียวกับวิธีทดสอบแบบพารามตริก แต่ข้อมูลจะเป็นค่าอันดับของข้อมูล R_{ijk} และ C_{ijk} แทน จากนั้นนำไปทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ดังนี้

(1) ทดสอบอิทธิพลร่วมที่ปรับแล้วระหว่างปัจจัย A และ B

$$MP_{AB} = \frac{MS(AB)_{(adj)}}{MSE_{(adj)}}$$

โดยที่ MP_{AB} คือ สถิติทดสอบ MP เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B ซึ่งมีการแจกแจงแบบเอฟที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับ $(a-1)(b-1)$ และ $ab(n-1)-1$

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $MP_{AB} > F_{\alpha, [(a-1)(b-1), ab(n-1)-1]}$

(2) ทดสอบอิทธิพลหลักที่ปรับแล้วของปัจจัย A

$$MP_A = \frac{MS(A)_{(adj)}}{MSE_{(adj)}}$$

โดยที่ MP_A คือ สถิติทดสอบ MP เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A ซึ่งมีการแจกแจงแบบเอฟที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับ $(a-1)$ และ $ab(n-1)-1$

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $MP_A > F_{\alpha, [(a-1), ab(n-1)-1]}$

(3) ทดสอบอิทธิพลหลักที่ปรับแล้วของปัจจัย B

$$MP_B = \frac{MS(B)_{(adj)}}{MSE_{(adj)}}$$

โดยที่ MP_B คือ สถิติทดสอบ MP เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B ซึ่งมีการแจกแจงแบบเอฟที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับ $(b-1)$ และ $ab(n-1)-1$

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $MP_B > F_{\alpha, [(b-1), ab(n-1)-1]}$

ตัวอย่างที่ 3 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 1 ทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์โดยใช้สถิติทดสอบ MP

ขั้นตอนที่ 1 ให้ค่าอันดับกับข้อมูลเช่นเดียวกับ สถิติทดสอบ Q แสดงในตารางที่ 9

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่า SS และ SCP ของอิทธิพลต่างๆ ตามการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟคทอเรียล แต่ข้อมูลจะเป็นค่าอันดับของข้อมูลหรือ R_{ijk} และ C_{ijk} แทน และผลการคำนวณ แสดงในตารางที่ 13

$$CT_{YY} = (136)^2/16 = 1156$$

$$CT_{XY} = (136)(136)/16 = 1156$$

$$CT_{XX} = (136)^2/16 = 1156$$

(1) Total SS และ SCP

$$T_{YY} = [13.5^2 + 15.5^2 + \dots + 2^2] - 1156 = 339$$

$$T_{XY} = [4(13.5) + 10.5(15.5) + \dots + 6.5(2)] - 1156 = 226.25$$

$$T_{XX} = [4^2 + 10.5^2 + \dots + 6.5^2] - 1156 = 339$$

(2) Treatment SS และ SCP

$$T_{rt_{YY}} = \left[\frac{44^2 + 38.5^2 + 35.5^2 + 18^2}{4} \right] - 1156 = 94.63$$

$$T_{rt_{XY}} = \left[\frac{22(44) + 49(38.5) + \dots + 27.5(18)}{4} \right] - 1156 = 14.19$$

$$\text{Trt}_{xx} = \left[\frac{22^2 + 49^2 + 37.5^2 + 27.5^2}{4} \right] - 1156 = 105.88$$

(3) Error SS และ SCP

$$E_{YY} = 339 - 94.63 = 244.37$$

$$E_{XY} = 226.25 - 14.19 = 212.06$$

$$E_{XX} = 339 - 105.88 = 233.12$$

คำนวณ SS และ SCP ของอิทธิพลแฟกทอเรียล ได้ดังนี้

(4) A SS และ SCP

$$A_{YY} = \left[\frac{82.5^2 + 53.5^2}{8} \right] - 1156 = 52.56$$

$$A_{XY} = \left[\frac{71(82.5) + 65(53.5)}{8} \right] - 1156 = 10.88$$

$$A_{XX} = \left[\frac{71^2 + 65^2}{8} \right] - 1156 = 2.25$$

(5) B SS และ SCP

$$B_{YY} = \left[\frac{79.5^2 + 56.5^2}{8} \right] - 1156 = 33.06$$

$$B_{XY} = \left[\frac{59.5(79.5) + 76.5(56.5)}{8} \right] - 1156 = -24.44$$

$$B_{XX} = \left[\frac{59.5^2 + 76.5^2}{8} \right] - 1156 = 18.06$$

(6) AB SS และ SCP

$$AB_{YY} = 94.63 - 52.56 - 33.06 = 9.01$$

$$AB_{XY} = 14.19 - 10.88 - (-24.44) = 27.75$$

$$AB_{XX} = 105.88 - 2.25 - 18.06 = 85.57$$

คำนวณค่าปรับของ Error SS ดังนี้

$$b_w = E_{XY}/E_{XX} = 212.06/233.12 = 0.9097$$

ดังนั้น $E_{YY(\text{adj})} = 244.37 - (0.9097)^2(233.12) = 51.45$, $df = 11$

คำนวณค่าปรับของ SS ของ A ดังนี้

คำนวณผลรวม A + Error จะได้

$$(A + E)_{YY} = 52.56 + 244.37 = 296.93$$

$$(A + E)_{XY} = 10.88 + 212.06 = 222.94$$

$$(A + E)_{XX} = 2.25 + 233.12 = 235.37$$

ปรับค่า SS ของ A + Error ได้ดังนี้

$$(A + E)_{YY(\text{adj})} = 296.93 - \frac{(222.94)^2}{235.37} = 85.76$$
 , $df = 12$

จะได้ค่าปรับของ SS ของ A ดังนี้

$$A_{YY(\text{adj})} = 85.76 - 51.45 = 34.31$$
 , $df = 1$

คำนวณผลรวม B + Error จะได้

$$(B + E)_{YY} = 33.06 + 244.37 = 277.43$$

$$(B + E)_{XY} = -24.44 + 212.06 = 187.62$$

$$(B + E)_{XX} = 18.06 + 233.12 = 251.18$$

ปรับค่า SS ของ B + Error ได้ดังนี้

$$(B + E)_{YY(\text{adj})} = 277.43 - \frac{(187.62)^2}{251.18} = 137.29$$
 , $df = 12$

จะได้ค่าปรับของ SS ของ B ดังนี้

$$B_{YY(\text{adj})} = 137.29 - 51.45 = 85.84$$
 , $df = 1$

และคำนวณผลรวม AB + Error จะได้

$$(AB + E)_{YY} = 9.01 + 244.37 = 253.38$$

$$(AB + E)_{XY} = 27.75 + 212.06 = 239.81$$

$$(AB + E)_{XX} = 85.57 + 233.12 = 318.69$$

ปรับค่า SS ของ AB + Error ได้ดังนี้

$$(AB + E)_{YY(adj)} = 253.38 - \frac{(239.81)^2}{318.69} = 72.93, \text{ df} = 12$$

จะได้ค่าปรับของ SS ของ AB ดังนี้

$$AB_{YY(adj)} = 72.93 - 51.45 = 21.48, \text{ df} = 1$$

ตารางที่ 13 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมโดยใช้สถิติทดสอบ MP

Source	df	SS and SCP			Adjusted		
		YY	XY	XX	df	SS	MS
Treatment	3	94.63	14.19	105.88			
A	1	52.56	10.88	2.25			
B	1	33.06	-24.44	18.06			
AB	1	9.01	27.75	85.57			
Error (E)	12	244.37	212.06	233.12	11	51.45	4.68
Total (T)	15	339	226.25	339	14		
A+Error	13	296.93	222.94	235.37	12	85.76	
				A	1	34.31	34.31
B+Error	13	277.43	187.62	251.18	12	137.29	
				B	1	85.84	85.84
AB+Error	13	253.38	239.81	318.69	12	72.93	
				AB	1	21.48	21.48

คำนวณสถิติทดสอบ MP จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเช่นเดียวกับวิธีทดสอบแบบพารามตริก ดังนี้

(1) ทดสอบอิทธิพลร่วมที่ปรับแล้วระหว่างปัจจัย A และ B

$$MP_{AB} = \frac{MS(AB)_{(adj)}}{MSE_{(adj)}} = \frac{21.48}{4.68} = 4.58, df = 1,11$$

เนื่องจาก $MP_{AB} = 4.58$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $F_{0.05,(1,11)} = 4.84$

ดังนั้น จะไม่ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุรา และร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จ ที่มีผลต่อจำนวนการนำเข้าสู่สุราในท้องถิ่นที่ $\alpha = 0.05$

(2) ทดสอบอิทธิพลหลักที่ปรับแล้วของปัจจัย A

$$MP_A = \frac{MS(A)_{(adj)}}{MSE_{(adj)}} = \frac{34.31}{4.68} = 7.33, df = 1,11$$

เนื่องจาก $MP_A = 7.33$ ซึ่งมีค่ามากกว่า $F_{0.05,(1,11)} = 4.84$

ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุราที่ต่างกันทั้ง 2 ร้านมีผลต่อจำนวนการนำเข้าสู่สุราในท้องถิ่น แตกต่างกันที่ $\alpha = 0.05$

(3) ทดสอบอิทธิพลหลักที่ปรับแล้วของปัจจัย B

$$MP_B = \frac{MS(B)_{(adj)}}{MSE_{(adj)}} = \frac{85.84}{4.68} = 18.34, df = 1,11$$

เนื่องจาก $MP_B = 18.34$ ซึ่งมีค่ามากกว่า $F_{0.05,(1,11)} = 4.84$

ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จที่แตกต่างกันทั้ง 2 ร้านมีผลต่อจำนวนการนำเข้าสู่สุราในท้องถิ่น แตกต่างกันที่ $\alpha = 0.05$

3.3 สถิติทดสอบ Shirley (S) (Shirley, 1981)

สร้างตัวทดสอบสถิติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจากแผนการทดลองแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่มีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เพื่อทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B ว่ามีผลต่อตัวแปรผลตอบหรือไม่ และใช้ X เป็นตัวแปรร่วมดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ให้ค่าอันดับกับข้อมูลเช่นเดียวกับ สถิติทดสอบ Q แสดงในตารางที่ 6

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณตัวทดสอบสถิติ S จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเช่นเดียวกับวิธีทดสอบแบบพารามตริก แต่ข้อมูลจะเป็นค่าอันดับของข้อมูล R_{ijk} และ C_{ijk} แทนและนำไปทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ดังนี้

(1) ทดสอบอิทธิพลร่วมที่ปรับแล้วระหว่างปัจจัย A และ B

$$S_{AB} = \frac{AB_{YY(adj)}}{T_{YY}/df_{Total}} = \frac{AB_{YY(adj)}}{MST}$$

โดยที่ S_{AB} คือ สถิติทดสอบ S เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B ซึ่งมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับ $(a-1)(b-1)$

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $S_{AB} > \chi^2_{\alpha, (a-1)(b-1)}$

(2) ทดสอบอิทธิพลหลักที่ปรับแล้วของปัจจัย A

$$S_A = \frac{A_{YY(adj)}}{T_{YY}/df_{Total}} = \frac{A_{YY(adj)}}{MST}$$

โดยที่ S_A คือ สถิติทดสอบ S เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A ซึ่งมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับ $(a-1)$

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $S_A > \chi^2_{\alpha, (a-1)}$

(3) ทดสอบอิทธิพลหลักที่ปรับแล้วของปัจจัย B

$$S_B = \frac{B_{YY(adj)}}{T_{YY}/df_{Total}} = \frac{B_{YY(adj)}}{MST}$$

โดยที่ S_B คือ สถิติทดสอบ S เพื่อใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B ซึ่งมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับ $(b-1)$

ในการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $S_B > \chi^2_{\alpha, (b-1)}$

ตัวอย่างที่ 4 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 1 ทดสอบอิทธิพลของทริทเมนต์โดยใช้สถิติทดสอบ S

ขั้นตอนที่ 1 ให้ค่าอันดับกับข้อมูลเช่นเดียวกับ สถิติทดสอบ Q แสดงในตารางที่ 9

ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 13 คำนวณสถิติทดสอบ S เพื่อทดสอบอิทธิพลของทริทเมนต์ดังนี้

(1) ทดสอบอิทธิพลร่วมที่ปรับแล้วระหว่างปัจจัย AB

$$S_{AB} = \frac{AB_{YY(adj)}}{T_{YY}/df_{Total}} = \frac{21.48}{339/15} = 0.95, df = 1$$

เนื่องจาก $S_{AB} = 0.95$ ซึ่งน้อยกว่า $\chi^2_{0.05, (1)} = 3.84$

ดังนั้น จะไม่ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุรา และร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จ ที่มีผลต่อจำนวนการนำเข้าสุราในท้องถิ่นที่ $\alpha = 0.05$

(2) ทดสอบอิทธิพลหลักที่ปรับแล้วของปัจจัย A

$$S_A = \frac{A_{YY(adj)}}{T_{YY}/df_{Total}} = \frac{34.31}{339/15} = 1.52$$

เนื่องจาก $S_A = 1.52$ ซึ่งน้อยกว่า $\chi^2_{0.05, (1)} = 3.84$

ดังนั้น จะไม่ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าร้านอาหารที่เปิดขายทั้งอาหารและสุราที่ต่างกัน 2 ร้านมีผลต่อจำนวนการนำเข้าสุราในท้องถิ่น ไม่แตกต่างกันที่ $\alpha = 0.05$

(3) ทดสอบอิทธิพลหลักที่ปรับแล้วของปัจจัย B

$$S_B = \frac{B_{YY(adj)}}{T_{YY}/df_{Total}} = \frac{85.84}{339/15} = 3.80$$

เนื่องจาก $S_B = 3.80$ ซึ่งน้อยกว่า $\chi^2_{0.05, (1)} = 3.84$

ดังนั้น จะไม่ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าร้านที่จำหน่ายสุราบรรจุเสร็จที่ต่างกัน 2 ร้านมีผลต่อจำนวนการนำเข้าสุราในท้องถิ่น ไม่แตกต่างกันที่ $\alpha = 0.05$

ในตัวอย่างนี้การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบไม่สมมาตรและหางสั้น ซึ่งมี ความเบ้ และความโด่งเท่ากับ 0.54 และ 1.97 ตามลำดับ

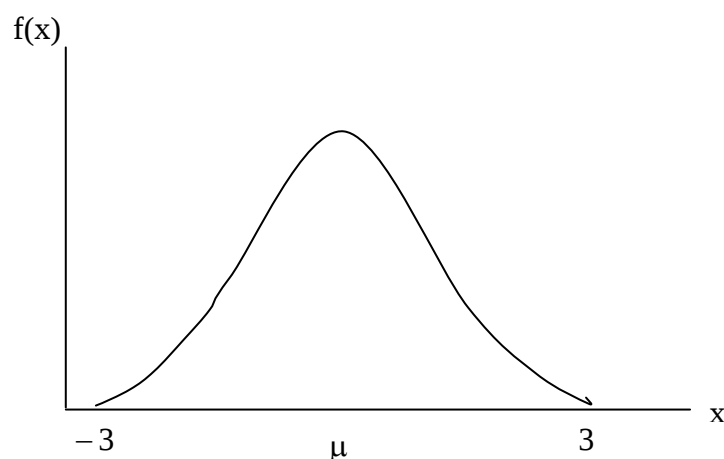
4. การแจกแจงของความคลาดเคลื่อน

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยกำหนดลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่จะศึกษา เป็น 2 ประเภท คือความคลาดเคลื่อนที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ และแบบไม่ปกติ ดังนี้

4.1 การแจกแจงแบบปกติ

ให้ X เป็น ตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง ที่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติด้วย พารามิเตอร์ μ และ σ^2 จะได้ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น (Probability Density Function) ของ X ดังนี้

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



ภาพที่ 2 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน $N(0,1)$

ลักษณะของโค้งรูปประฆังคว่ำ (Bell Shape) และมีลักษณะสมมาตร (Symmetry) จุดที่เป็นค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมเป็นจุด ๆ เดียวกันหรือมีค่าเท่ากันปลายทั้งสองข้างของเส้นโค้งจะค่อย ๆ ลดต่ำลง แต่ไม่จรดกับแกนนอน ถ้าลากเส้นตั้งฉากจากแกนนอน ไปยังเส้นโค้งโดยที่เส้นดังกล่าวห่างจากค่าเฉลี่ย (μ) ทั้งด้านซ้ายและขวาด้านละ 1 เท่า , 2 เท่า และ 3 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) พื้นที่ใต้เส้นโค้งระหว่างเส้นตั้งฉากทั้ง 2 จะเท่ากับ 68% , 95.4% และ 99.7% ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ

$$\text{ค่าคาดหวัง } E(X) = \mu$$

$$\text{ความเบ้ } \beta_1 = 0$$

$$\text{ค่าความแปรปรวน } V(X) = \sigma^2$$

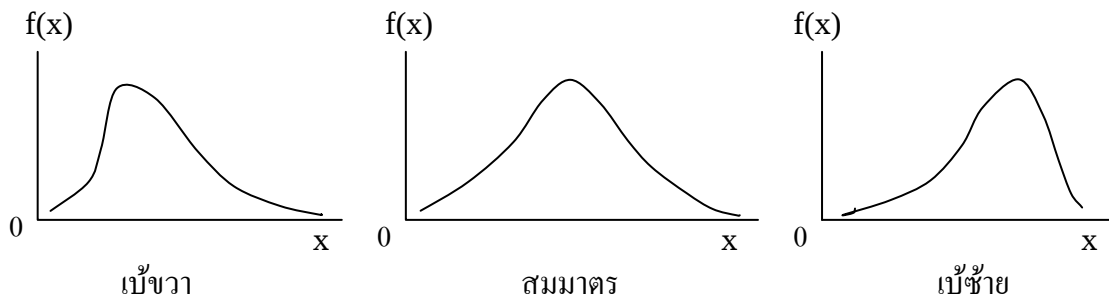
$$\text{ความโค้ง } \beta_2 = 3.0$$

4.2 การแจกแจงไม่ปกติ

ในการวิจัยนี้ทำการแบ่งกลุ่มการแจกแจงโดยใช้หลักเกณฑ์ตามความเบ้และความโค้ง ที่พิจารณาจากค่าความเบ้ และความโค้งของความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะกล่าวถึงลักษณะการแจกแจงที่เกี่ยวข้องกับค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว ดังนี้

4.2.1 ความเบ้ (Skewness) ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติจะมีลักษณะของเส้นโค้งปกติเป็นรูปประฆังคว่ำที่สมมาตรกัน (Symmetrical) เส้นโค้งทางด้านซ้ายและด้านขวาของค่าเฉลี่ยเลขคณิตจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ มัธยฐาน และฐานนิยมจะมีค่าเท่ากันหรือทับกันสนิท สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร อาจมีลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบเบ้

ขวา (Positive Skewness) ซึ่งลักษณะเส้นโค้งด้านขวาจะมีหางยาวกว่าปกติ หรือแบบเบ้ซ้าย (Negative Skewness) ซึ่งลักษณะเส้นโค้งด้านซ้ายจะมีหางยาวกว่าปกติ (Yamane, 1964)



ภาพที่ 3 การแจกแจงของข้อมูลที่มีความเบ้ในลักษณะต่าง ๆ

การวัดความเบ้โดยวิธีโมเมนต์ (Moment) เป็นวิธีที่ดีที่สุด เพราะได้ใช้ข้อมูลทุกค่าในการคำนวณ จึงได้ค่าที่แน่นอนกว่าวิธีอื่น ซึ่งคำนวณค่าความเบ้ได้ดังนี้ (Johnson and Tetley, 1951)

$$\sqrt{b_1} = \frac{m_3}{m_2^{3/2}}$$

$$\text{เมื่อ โมเมนต์ที่ 2 รอบค่าเฉลี่ยเลขคณิต } m_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

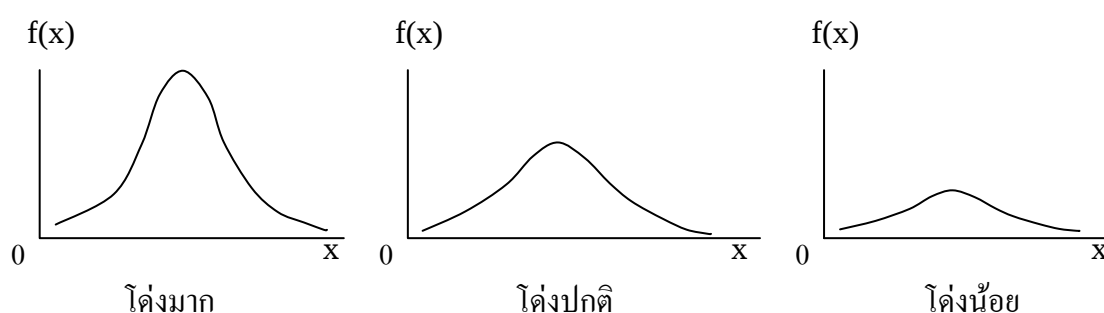
$$\text{และ โมเมนต์ที่ 3 รอบค่าเฉลี่ยเลขคณิต } m_3 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n}$$

$$\text{โดยที่ } \sqrt{\beta_1} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3}{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right)^{3/2}} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{\beta_1} = \frac{E(X - \mu)^3}{(E(X - \mu)^2)^{3/2}}$$

$\sqrt{b_1}$ คือตัวประมาณที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง (The Sample Estimate) ของ $\sqrt{\beta_1}$ นั่นเอง

จะเรียก $|\sqrt{\beta_1}|$ ในที่นี้ว่า ความเบ้

4.2.2 ความโด่ง (Kurtosis) เส้นโค้งสำหรับการแจกแจงแบบปกติ นอกจากเป็นรูประฆังคว่ำที่สมมาตรกันแล้ว ยังต้องเป็นเส้นโค้งที่มีความโด่งตามสัดส่วนที่เหมาะสมด้วย ดังนั้นเส้นโค้งที่มีลักษณะผิดไปจากเส้นโค้งปกติ ก็นับว่าเป็นเส้นโค้งไม่ปกติ แม้ว่าจะมีลักษณะที่เป็นสมมาตรกันก็ตาม การวัดเส้นโค้งว่ามีความโด่งมากน้อยเพียงใดจะพิจารณาจากค่าความโด่ง (Johnson and Tetley, 1951)



ภาพที่ 4 การแจกแจงของข้อมูลที่มีความโด่งในลักษณะต่าง ๆ

การวัดความโด่งโดยวิธีโมเมนต์ เป็นวิธีที่ดีที่สุด เพราะเป็นการนำข้อมูลทุกค่ามาคำนวณ จึงได้ค่าที่แน่นอนกว่าวิธีอื่น ซึ่งคำนวณค่าความโด่งได้ดังนี้ (Johnson and Tetley, 1951)

$$b_2 = \frac{m_4}{m_2^2}$$

เมื่อ โมเมนต์ที่ 4 รอบค่าเฉลี่ยเลขคณิต $m_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n}$

โดยที่ $\beta_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4}{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2\right)^2}$ หรือ $\beta_2 = \frac{E(X - \mu)^4}{(E(X - \mu)^2)^2}$

b_2 คือตัวประมาณของ β_2 ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง และจะเรียก β_2 ว่า ความโด่ง

Shapiro *et al.* (1968) ได้แบ่งกลุ่มของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ตามความเบ้ และความโด่ง เป็น 5 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่ปกติ กำหนดตามลักษณะความเบ้และความโด่ง

ลักษณะการแจกแจง	ความเบ้	ความโด่ง
ใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ	≤ 0.3	[2.5 , 4.5]
สมมาตรและหางยาว	≤ 0.3	> 4.5
สมมาตรและหางสั้น	≤ 0.3	< 2.5
ไม่สมมาตรและหางยาว	> 0.3	> 3.0
ไม่สมมาตรและหางสั้น	> 0.3	< 3.0

5. การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

สำหรับการสร้างตัวแปรสุ่ม เพื่อจำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่ปกติโดยอาศัยการแปลงข้อมูลจากสมการการแจกแจงแลมดาร์ของคูเกียร์ (Tukey's Lambda Distribution) ซึ่ง Ramberg and Schmeiser (1979) ได้เสนอวิธีการสร้างตัวแปรสุ่มที่ขึ้นอยู่กับความเบ้และความโด่ง เพื่อการจำลองข้อมูลโดยจะกำหนดจากค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

$$X = R(p) = \lambda_1 + \left[\frac{p^{\lambda_3} - (1-p)^{\lambda_4}}{\lambda_2} \right] ; 0 < p < 1$$

เมื่อ X คือ ตัวแปรสุ่ม

P คือ เลขสุ่มซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

λ_1 คือ พารามิเตอร์ที่แสดงตำแหน่งของการแจกแจง (Location Parameter)

λ_2 คือ พารามิเตอร์ที่แสดงขนาดของการแจกแจง (Scale Parameter)

λ_3 และ λ_4 คือ พารามิเตอร์ที่กำหนดรูปแบบการแจกแจงแบบเบ้และโด่ง ซึ่งในที่นี้จะศึกษาทั้งหมด 20 ลักษณะ

การกำหนดค่า $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 แสดงในตารางผนวกที่ 1 โดยทำซ้ำจนครบจำนวนตัวแปรสุ่ม ตามขนาดตัวอย่างที่กำหนดไว้ ซึ่งค่าความเบ้และความโด่งจากตารางมีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนเท่ากับ 0 และ 1 สำหรับการศึกษาครั้งนี้ทำการจำลองข้อมูลโดยกำหนดให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 จึงต้องทำการแปลงค่า λ_1 และ λ_2 ดังสมการต่อไปนี้

$$\lambda_1(\mu, \sigma^2) = \lambda_1(0,1)\sigma + \mu$$

$$\lambda_2(\mu, \sigma^2) = \frac{\lambda_2(0,1)}{\sigma}$$

จากการแปลงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้นำค่าแลมดาร์ (λ) ใหม่ และค่าเลขสุ่ม p แทนในสมการ จะได้ค่า X ซึ่งเป็นค่าของข้อมูล ตามความเบ้และความโด่งที่ต้องการ จากนั้นกระทำซ้ำตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว ให้ครบตามขนาดตัวอย่างที่ต้องการศึกษา

เกณฑ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีรายละเอียด ดังนี้

1. การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 พิจารณาจากการกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบดังนี้

ถ้าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ อยู่ในช่วง $[0.036, 0.064]$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะสรุปได้ว่า สถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ แต่ถ้าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ อยู่นอกขอบเขตที่กำหนดไว้ข้างต้น จะสรุปได้ว่า สถิติทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

2. การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น โดยสถิติทดสอบที่มีร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบสูง จะเป็นสถิติทดสอบที่ดี

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กนกวรรณ (2538) ศึกษาเปรียบเทียบตัวทดสอบสถิติแบบพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก 5 วิธีคือสถิติทดสอบของ Quade , สถิติทดสอบของ Puri และ Sen , สถิติทดสอบของ Burnett และ Barr , สถิติทดสอบของ McSweeney และ Porter และสถิติทดสอบของ Shirley ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและแบบเบ้ ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากันทุกกลุ่มคือ 10 และ 30 ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล 1,000 ครั้ง พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อ $n = 10$ สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทุกตัวยกเว้นสถิติทดสอบของ Shirley สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่า สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก แต่เมื่อ $n = 30$ สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่า และที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อ $n = 10$ และ $n = 30$ แต่ละสถิติทดสอบยกเว้นสถิติทดสอบของ Shirley สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของแต่ละสถิติทดสอบทั้งที่ $\alpha = 0.01$ และ $\alpha = 0.05$ เมื่อ $n = 10$ พบว่า อำนาจการทดสอบแตกต่างกัน และอำนาจการทดสอบไม่แตกต่างกันเมื่อ $n = 30$ สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด คือสถิติทดสอบแบบพาราเมตริก ที่ $\alpha = 0.01$ เมื่อ $n = 30$ ทั้งความเบ้และความโค้งมีผลทำให้สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ $\alpha = 0.05$ เมื่อ $n = 30$ ทั้งความเบ้และความโค้งไม่มีผลต่อสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ส่วนสถิติทดสอบของ Shirley ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี

ศิริลักษณ์ (2546) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ในการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำโดยใช้สถิติทดสอบ 3 วิธี คือสถิติทดสอบฟริดแมน สถิติทดสอบเควค และสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับภายใต้ตัวแบบ $X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$ ค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันเท่ากับ 0.0 , 0.2 , 0.5 และ 0.8 จำนวนบล็อกที่ใช้ศึกษาคือ 15 , 30 และ 50 จำนวนสิ่งทดลองคือ 3 และ 5 โดยเกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของสถิติทดสอบพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบ ข้อมูลในการทดลองจำลองด้วยโปรแกรม Minitab ในแต่ละสถานการณ์กระทำซ้ำกัน 1,000 ครั้ง พบว่าสถิติทดสอบฟริดแมนสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 บล็อกมีขนาดเล็ก และค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันไม่มากนัก สถิติทดสอบเควคสามารถในการควบคุมความคลาด

เคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันไม่มากนัก และสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 บล็อก และมีขนาดเล็ก ค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันมาก เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 สถิติทดสอบเคอร์มีอำนาจการทดสอบสูงสุด สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 , 0.5 และ 0.8 สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเพิ่มขึ้นจะทำให้อำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นทุกกรณีศึกษา ถ้ากำหนดสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และจำนวนสิ่งทดลองคงที่การเพิ่มจำนวนบล็อกจาก 15 เป็น 30 หรือ 50 อำนาจการทดสอบจะลดลง

สุพัตรา (2546) ศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี ได้แก่ สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟริคแมน สถิติทดสอบนอร์มอล-สกออร์ซึ่งแบ่งเป็นสถิติทดสอบเทอร์-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอลสกออร์ สถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอลสกออร์ ภายใต้การแจกแจงความคลาดเคลื่อนแบบปกติกับแบบโลจิสติก สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล กระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์ 10,000 ครั้ง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบเอฟ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด รองลงมาคือสถิติทดสอบนอร์มอล-สกออร์ (สถิติทดสอบเทอร์-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอลสกออร์ ควบคุมได้ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอลสกออร์) และสถิติฟริคแมนตามลำดับ แต่เมื่อจำนวนบล็อกเพิ่มมากขึ้นสถิติทดสอบแบบนอนพาราทั้ง 3 วิธีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงสถิติทดสอบเอฟทั้งในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และโลจิสติก ส่วนอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบนอร์มอล-สกออร์ (สถิติทดสอบเทอร์-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอลสกออร์ มีอำนาจใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอลสกออร์ มีอำนาจมากกว่าตัวทดสอบสถิติเอฟ ส่วนฟริคแมนไม่นำมาเปรียบเทียบเพราะไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ แต่เมื่อมีจำนวนทรีทเมนต์ และบล็อกเพิ่มขึ้นสถิติทดสอบเอฟก็มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแบบนอนพาราทั้ง 3 วิธี

Hamilton (1976) ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติพาราเมตริก และสถิตินอนพาราเมตริก 3 วิธี คือ สถิติทดสอบ Quade , Puri & Sen และ McSweeney & Porter ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เมื่อมี 2 ทรีทเมนต์ ความคลาดเคลื่อนในการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ สัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากัน และไม่เท่ากัน ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 , 20 และ 30 ทั้งเท่ากันและไม่เท่ากันในแต่ละกลุ่มจำนวน 9 ลักษณะ พบว่า ใน

กรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากัน แต่สัมประสิทธิ์การถดถอยไม่เท่ากัน สถิติทดสอบแบบพาราเมตริกมีความแข็งแกร่งกว่าสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก และในกรณีที่ขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากันและไม่เท่ากัน สถิติทดสอบแบบพาราเมตริกและสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกไม่มีความแข็งแกร่งในการทดสอบ เมื่อพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบพบว่า สถิติทดสอบแบบพาราเมตริกมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบนอนพาราเมตริกเกือบทุกกรณี ยกเว้นที่ตัวอย่างขนาดเล็ก และค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีจะสูงขึ้นเมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น

Scheirer, Ray and Hare (1976) ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อข้อมูลใช้แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลโดยใช้การจัดอันดับข้อมูล ซึ่งใช้การขยายผลจากวิธีของ Kruskal – Wallis Ranks Test เพื่อดูว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแผนแบบแฟกทอเรียลนี้สามารถจัดข้อมูลเป็นอันดับก่อนแล้ววิเคราะห์ที่ค่าอันดับของข้อมูลนี้ได้หรือไม่ ซึ่งพบว่า สามารถนำค่าอันดับของข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ และตัวทดสอบสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นใช้ค่าผลบวกกำลังสองของทริทเมนต์ที่เราต้องการศึกษา (RSS) หาดด้วยผลบวกกำลังสองของผลรวมเฉลี่ย (RMS_{total}) ซึ่งแตกต่างกันไปตามที่เราตั้งสมมติฐานไว้ และประมาณได้ว่าการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มีจำนวนองศาอิสระเท่ากับจำนวนองศาอิสระของตัวเศษ

Conover and Iman (1982) ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบสำหรับ สถิติแบบพาราเมตริก และแบบนอนพาราเมตริก 2 ตัวทดสอบคือ สถิติทดสอบของ Quade สถิติทดสอบของ McSweeney และ Porter ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มี 4 ทริทเมนต์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ แบบล็อกนอร์มอล แบบเอกซ์โปเนนเชียล แบบยูนิฟอร์ม และแบบโคชี สำหรับตัวแปรร่วมให้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ทุกกลุ่ม พบว่า สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 2 ตัวทดสอบสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกรูปแบบการแจกแจง ส่วนสถิติทดสอบพาราเมตริกสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เฉพาะการแจกแจงแบบปกติ และแบบยูนิฟอร์ม เมื่อพิจารณาถึงอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 2 วิธี มีค่าใกล้เคียงกันและสูงกว่าสถิติทดสอบแบบพาราเมตริก เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล เอกซ์โปเนนเชียล และโคชี

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยเครื่องมือคอมพิวเตอร์ ในภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม SAS เวอร์ชัน 9.1 (Statistical Analysis System) และ Microsoft Excel

วิธีการ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ 4 วิธีที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม แบ่งเป็นสถิติพารามेटริก คือ สถิติทดสอบ F และสถิตินอนพารามेटริก 3 วิธีคือ สถิติทดสอบ Quade สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter และสถิติทดสอบ Shirley เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและแบบไม่ปกติ โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the Test) ซึ่งดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. จำลองข้อมูลด้วยเทคนิคการจำลองแบบมอลติคาร์โล ภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนและขนาดตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 210 สถานการณ์ ดังนี้

- 1.1 ลักษณะของการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน ประกอบด้วย การแจกแจงแบบปกติ 1 ลักษณะ และการแจกแจงแบบไม่ปกติ 20 ลักษณะ รวมลักษณะการแจกแจงทั้งหมด 21 ลักษณะ

ตารางที่ 15 ลักษณะการแจกแจงแบบไม่ปกติ 20 ลักษณะ

ลักษณะที่	ลักษณะของการแจกแจง	ความเบ้	ความโด่ง
1	ใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ	0.0	2.8
2	ใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ	0.0	3.6
3	ใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ	0.0	4.4
4	สมมาตรและหางยาว	0.0	5.2
5	สมมาตรและหางยาว	0.0	6.0
6	สมมาตรและหางสั้น	0.0	2.0
7	ไม่สมมาตรและหางยาว	0.5	3.6
8	ไม่สมมาตรและหางยาว	0.5	4.4
9	ไม่สมมาตรและหางยาว	0.5	5.2
10	ไม่สมมาตรและหางยาว	0.5	6.0
11	ไม่สมมาตรและหางยาว	0.75	3.6
12	ไม่สมมาตรและหางยาว	0.75	4.4
13	ไม่สมมาตรและหางยาว	0.75	5.2
14	ไม่สมมาตรและหางยาว	0.75	6.0
15	ไม่สมมาตรและหางยาว	1.0	3.6
16	ไม่สมมาตรและหางยาว	1.0	4.4
17	ไม่สมมาตรและหางยาว	1.0	5.2
18	ไม่สมมาตรและหางยาว	1.0	6.0
19	ไม่สมมาตรและหางสั้น	0.5	2.8
20	ไม่สมมาตรและหางสั้น	0.75	2.8

1.2 ขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับมีจำนวนการทำซ้ำเป็น 3, 4, ..., 8 ครั้ง รวม 6 ลักษณะ และที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับมีจำนวนการทำซ้ำเป็น 3, 4, 5, 6 ครั้ง รวม 4 ลักษณะ

1.3 สร้างค่าคงที่ของตัวแปรร่วม (X_{ijk}) ซึ่งสร้างจากการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย (μ) เป็น 100 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 100 ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1.4 ในการแจกแจงแต่ละลักษณะ และแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง กำหนดค่าคงที่ในตัวอย่าง คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 1 สำหรับอิทธิพลของทริทเมนต์นั้นเป็นแบบคงที่ โดยที่ $\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0$, $\sum_{j=1}^b \tau_j = 0$, $\sum_{i=1}^a (\alpha\tau)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\alpha\tau)_{ij} = 0$ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

1.4.1 กรณีสมมติฐานหลักเป็นจริง กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ

อิทธิพลของทริทเมนต์ A : $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$

อิทธิพลของทริทเมนต์ B : $\tau_1 = \tau_2 = 0$

แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ

อิทธิพลของทริทเมนต์ A : $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$

อิทธิพลของทริทเมนต์ B : $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$

1.4.2 กรณีสมมติฐานหลักไม่เป็นจริง แบ่งเป็น 2 กรณี กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

1) แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ

อิทธิพลของทริทเมนต์ A : $\alpha_1 = -2$, $\alpha_2 = 2$

อิทธิพลของทริทเมนต์ B : $\tau_1 = 5$, $\tau_2 = -5$

แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ

อิทธิพลของทริทเมนต์ A : $\alpha_1 = -4$, $\alpha_2 = 1$, $\alpha_3 = 3$

อิทธิพลของทริทเมนต์ B : $\tau_1 = 6$, $\tau_2 = -1$, $\tau_3 = -5$

2) แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ

อิทธิพลของทริทเมนต์ A : $\alpha_1 = 5$, $\alpha_2 = -5$

อิทธิพลของทริทเมนต์ B : $\tau_1 = -10$, $\tau_2 = 10$

แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ

อิทธิพลของทริทเมนต์ A : $\alpha_1 = 10$, $\alpha_2 = 2$, $\alpha_3 = -12$

อิทธิพลของทริทเมนต์ B : $\tau_1 = -8$, $\tau_2 = -1$, $\tau_3 = 9$

1.5 สร้างข้อมูลตัวแปรตาม (Y_{ijk}) โดยสร้างมาจากตัวแปรร่วม (X_{ijk}) อิทธิพลของทรีทเมนต์และค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนด โดยให้ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรร่วมตามตัวแบบ ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \beta_{Y.X}(X_{ijk} - \bar{X}_{...}) + \varepsilon_{ijk}$$

$$\text{เมื่อ } i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

$$\text{โดยมีเงื่อนไขดังนี้ } \sum_{i=1}^a \alpha_i = 0, \sum_{j=1}^b \tau_j = 0, \sum_{i=1}^a (\alpha\tau)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\alpha\tau)_{ij} = 0$$

กำหนดให้ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเดียวกันคือ $\beta_{Y.X}$

2. นำข้อมูลที่สร้างไปวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยใช้สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี

3. เปรียบเทียบค่าของตัวสถิติทดสอบที่คำนวณได้กับค่าวิกฤตในตารางการแจกแจงที่สอดคล้องที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตในตารางการแจกแจง ทำซ้ำ ๆ กันจนครบจำนวน 1000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ และนับจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก จากนั้นสามารถคำนวณค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าประมาณความน่าจะเป็น} \\ \text{ของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1} \end{aligned} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นจริง}}{1,000}$$

และ

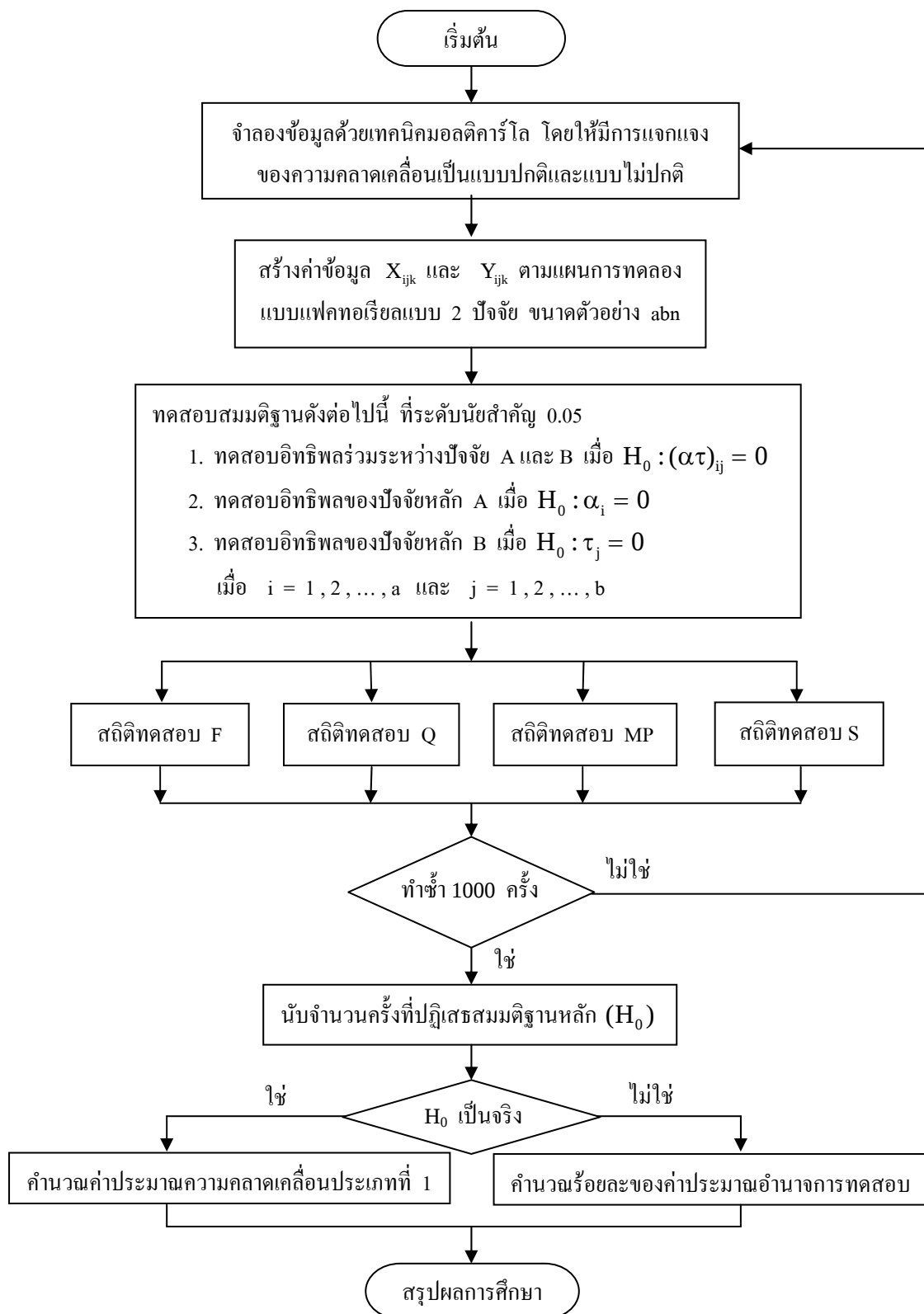
$$\begin{aligned} \text{ร้อยละของค่าประมาณ} \\ \text{อำนาจการทดสอบ} \end{aligned} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_1 \text{ เป็นจริง}}{1,000} \times 100$$

4. การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 พิจารณาจากการกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบดังนี้

ถ้าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ อยู่ในช่วง $[0.036, 0.064]$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะสรุปได้ว่า สถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ แต่ถ้าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ อยู่นอกขอบเขตที่กำหนดไว้ข้างต้น จะสรุปได้ว่า สถิติทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ข)

5. เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ ถ้าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบตัวใดให้ค่าสูง แสดงว่า สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ดี ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น และสรุปผลการศึกษา

จากวิธีดำเนินการวิจัยที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปวิธีการเป็นผลงานได้ดังนี้



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบสถิติทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ 4 วิธี ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟคทอเรียล

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
บางเขน มีระยะเวลาในการทำวิจัยตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 สิ้นสุดเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552

ผลและวิจารณ์

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสถิติทดสอบอทิพลทริทเมนต์ 4 วิธี ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟคทอเรียล เมื่อกำหนดให้แผนแบบแฟคทอเรียลที่ใช้ในการศึกษาเป็นแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 โดยการจำลองข้อมูลภายใต้ลักษณะการแจกแจงแบบปกติและแบบไม่ปกติ ซึ่งแบ่งการแจกแจงแบบไม่ปกติเป็น 5 ลักษณะ ตามระดับความเบ้และความโด่ง ทำซ้ำแต่ละลักษณะจำนวนทั้งหมด 1,000 ชุด เพื่อต้องการหาผลสรุปว่าวิธีทดสอบใดมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดในแต่ละลักษณะของข้อมูล

ผลการศึกษาครั้งนี้จะนำเสนอในรูปแบบตาราง และกราฟ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

จากผลการทดสอบ เมื่อสถิติทดสอบวิธีใดมีค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง $[0.036, 0.064]$ จะสรุปว่า สถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

2. ค่าอำนาจการทดสอบ

โดยการพิจารณาว่า สถิติทดสอบวิธีใดที่ให้ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในแต่ละกลุ่มของลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน ในที่นี้จะทำการศึกษาเฉพาะสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น

สำหรับการนำเสนอในรูปแบบตาราง จะใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้แทนความหมายต่าง ๆ

abn	หมายถึง	แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A และ B ซึ่งปัจจัย A มี a ระดับ และปัจจัย B มี b ระดับ แต่ละทรีทเมนต์คอมบินเนชันมีการทำซ้ำ n ครั้ง เช่น แผนแบบ 223, 224 หมายถึง แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A และ B ซึ่งแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และในแต่ละทรีทเมนต์คอมบินเนชันมีการทำซ้ำ 3 และ 4 ครั้งตามลำดับ หรือ แผนแบบ 333, 334 หมายถึง แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A และ B ซึ่งแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ และในแต่ละทรีทเมนต์คอมบินเนชันมีการทำซ้ำ 3 และ 4 ครั้งตามลำดับ
N	หมายถึง	ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในแต่ละแผนแบบซึ่ง $N = a \times b \times n$
F	หมายถึง	สถิติทดสอบ F
Q	หมายถึง	สถิติทดสอบ Quade
MP	หมายถึง	สถิติทดสอบ McSweeney และ Porter
S	หมายถึง	สถิติทดสอบ Shirley
*	หมายถึง	สถิติทดสอบสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

สำหรับการนำเสนอในรูปแบบกราฟ ใช้แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1

1. ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

พิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 แสดงในตารางที่ 16-36 ซึ่งแสดงผลของความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ ได้แก่ แผนแบบ 223 , 224 , 225 , 226 , 227 และ 228 ซึ่งมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 , 16 , 20 , 24 , 28 และ 32 ตามลำดับ สำหรับที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ได้แก่ แผนแบบ 333 , 334 , 335 และ 336 ซึ่งมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 27 , 36 , 45 และ 54 ตามลำดับ จากการกำหนดขอบเขตของการทดสอบ ดังนี้

ถ้าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง $[0.036 , 0.064]$ จะสรุปได้ว่า สถิติทดสอบวิธีนั้นมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ แต่ถ้าค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่นอกช่วงที่กำหนด จะสรุปได้ว่า สถิติทดสอบวิธีนั้นไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ โดยแบ่งลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบปกติ และแบบไม่ปกติ รวม 6 ลักษณะ ดังนี้

- 1) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงแบบปกติ
- 2) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางยาว
- 3) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางสั้น
- 4) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางยาว
- 5) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางสั้น
- 6) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ

ตารางที่ 16 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.8

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.105	0.083	0.089	0.015
224	16	0.100	0.078	0.076	0.018
225	20	0.101	0.092	0.081	0.027
226	24	0.097	0.087	0.086	0.029
227	28	0.080	0.079	0.078	0.029
228	32	0.077	0.070	0.073	0.017
333	27	0.090	0.082	0.080	0.013
334	36	0.078	0.064*	0.063*	0.013
335	45	0.129	0.106	0.059*	0.019
336	54	0.121	0.106	0.114	0.023
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.090	0.087	0.095	0.018
224	16	0.068	0.071	0.064*	0.015
225	20	0.053*	0.050*	0.051*	0.013
226	24	0.074	0.063*	0.059*	0.016
227	28	0.062*	0.061*	0.065	0.017
228	32	0.069	0.078	0.078	0.024
333	27	0.055*	0.059*	0.058*	0.008
334	36	0.059*	0.060*	0.060*	0.007
335	45	0.056*	0.064*	0.062*	0.005
336	54	0.055*	0.064*	0.064*	0.008
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.079	0.071	0.076	0.016
224	16	0.070	0.063*	0.061*	0.017
225	20	0.085	0.084	0.079	0.022
226	24	0.062*	0.056*	0.059*	0.016
227	28	0.068	0.063*	0.068	0.024
228	32	0.064*	0.062*	0.059*	0.016
333	27	0.073	0.057*	0.076	0.001
334	36	0.061*	0.062*	0.063*	0.005
335	45	0.054*	0.064*	0.064*	0.002
336	54	0.064*	0.073	0.073	0.004

ตารางที่ 17 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.106	0.085	0.090	0.015
224	16	0.080	0.072	0.072	0.020
225	20	0.093	0.085	0.081	0.027
226	24	0.088	0.078	0.080	0.026
227	28	0.079	0.079	0.078	0.025
228	32	0.082	0.082	0.083	0.024
333	27	0.125	0.118	0.114	0.024
334	36	0.089	0.095	0.095	0.016
335	45	0.091	0.079	0.064*	0.017
336	54	0.125	0.113	0.116	0.014
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.063*	0.064*	0.065	0.007
224	16	0.065	0.052*	0.057*	0.014
225	20	0.057*	0.061*	0.062*	0.007
226	24	0.076	0.062*	0.072	0.019
227	28	0.062*	0.062*	0.065	0.017
228	32	0.082	0.077	0.078	0.029
333	27	0.052*	0.059*	0.054*	0.005
334	36	0.062*	0.059*	0.058*	0.004
335	45	0.053*	0.048*	0.048*	0.008
336	54	0.062*	0.062*	0.063*	0.010
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.067	0.058*	0.056*	0.009
224	16	0.060*	0.063*	0.064*	0.016
225	20	0.073	0.069	0.072	0.024
226	24	0.071	0.075	0.056*	0.020
227	28	0.055*	0.060*	0.060*	0.017
228	32	0.068	0.064*	0.063*	0.016
333	27	0.056*	0.055*	0.048*	0.001
334	36	0.062*	0.063*	0.063*	0.003
335	45	0.064*	0.060*	0.064*	0.003
336	54	0.059*	0.066	0.061*	0.003

ตารางที่ 18 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.096	0.087	0.085	0.011
224	16	0.076	0.077	0.077	0.020
225	20	0.081	0.086	0.086	0.021
226	24	0.100	0.100	0.101	0.027
227	28	0.080	0.094	0.089	0.024
228	32	0.101	0.096	0.094	0.028
333	27	0.090	0.088	0.082	0.010
334	36	0.090	0.086	0.079	0.009
335	45	0.112	0.107	0.107	0.020
336	54	0.096	0.092	0.084	0.012
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.063*	0.057*	0.060*	0.004
224	16	0.057*	0.073	0.076	0.012
225	20	0.083	0.060*	0.068	0.012
226	24	0.067	0.056*	0.058*	0.011
227	28	0.053*	0.056*	0.055*	0.014
228	32	0.067	0.064*	0.064*	0.019
333	27	0.060*	0.060*	0.058*	0.004
334	36	0.054*	0.052*	0.053*	0.005
335	45	0.049*	0.061*	0.056*	0.009
336	54	0.056*	0.063*	0.064*	0.004
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.063*	0.075	0.075	0.005
224	16	0.050*	0.059*	0.059*	0.012
225	20	0.076	0.081	0.076	0.017
226	24	0.066	0.065	0.064*	0.010
227	28	0.059*	0.058*	0.061*	0.018
228	32	0.069	0.077	0.062*	0.019
333	27	0.050*	0.064*	0.064*	0.004
334	36	0.064*	0.061*	0.061*	0.005
335	45	0.054*	0.053*	0.053*	0.004
336	54	0.062*	0.062*	0.062*	0.004

1) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงแบบปกติ

จากตารางที่ 16-18 แสดงผลของความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.8 , 3.6 และ 4.4 ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดเลยที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 และ 45 เมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ MP เป็นสถิติทดสอบเพียงวิธีเดียวที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 45 และเมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 4.4 พบว่าไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 28 สถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 , 20 , 24 และ 28 แต่เมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 , 20 และ 28 สถิติทดสอบ Q สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 , 16 , 20 และ 28 สถิติทดสอบ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 และ

20 และเมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 4.4 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 , 16 และ 28 สถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 , 20 , 24 , 28 และ 32 สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 , 3.6 และ 4.4 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 24 และ 32 ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 , 24 , 28 และ 32 เมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 และ 28 ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 , 16 , 24 , 28 และ 32 และเมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 4.4 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 , 16 และ 28 สถิติทดสอบ Q สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 และ 28 ส่วนสถิติทดสอบ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 , 24 , 28 และ 32 สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้บางกลุ่มของขนาดตัวอย่าง แต่เมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเพิ่มขึ้นเป็น 3.6 และ 4.4 สถิติทดสอบ F, Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 19 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.099	0.086	0.091	0.017
224	16	0.089	0.090	0.092	0.010
225	20	0.076	0.080	0.091	0.022
226	24	0.087	0.092	0.098	0.023
227	28	0.076	0.087	0.091	0.022
228	32	0.094	0.101	0.101	0.026
333	27	0.087	0.097	0.096	0.013
334	36	0.093	0.093	0.091	0.020
335	45	0.088	0.098	0.093	0.019
336	54	0.098	0.103	0.102	0.014
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.052*	0.048*	0.051*	0.004
224	16	0.065	0.064*	0.064*	0.002
225	20	0.062*	0.057*	0.057*	0.016
226	24	0.058*	0.057*	0.064*	0.011
227	28	0.045*	0.048*	0.048*	0.006
228	32	0.053*	0.064*	0.063*	0.012
333	27	0.054*	0.060*	0.060*	0.009
334	36	0.058*	0.064*	0.064*	0.009
335	45	0.052*	0.052*	0.053*	0.004
336	54	0.059*	0.064*	0.064*	0.003
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.043*	0.042*	0.047*	0.003
224	16	0.054*	0.054*	0.054*	0.009
225	20	0.071	0.068	0.071	0.015
226	24	0.057*	0.063*	0.059*	0.013
227	28	0.056*	0.062*	0.062*	0.009
228	32	0.072	0.062*	0.061*	0.020
333	27	0.037*	0.055*	0.050*	0.002
334	36	0.066	0.060*	0.070	0.000
335	45	0.060*	0.061*	0.061*	0.002
336	54	0.063*	0.060*	0.081	0.008

ตารางที่ 20 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.063*	0.077	0.086	0.008
224	16	0.066	0.076	0.085	0.007
225	20	0.084	0.100	0.101	0.022
226	24	0.072	0.076	0.069	0.018
227	28	0.087	0.097	0.099	0.024
228	32	0.086	0.088	0.088	0.023
333	27	0.089	0.102	0.099	0.014
334	36	0.100	0.101	0.105	0.013
335	45	0.102	0.116	0.118	0.022
336	54	0.107	0.119	0.117	0.019
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.051*	0.049*	0.050*	0.002
224	16	0.056*	0.062*	0.061*	0.004
225	20	0.063*	0.063*	0.064*	0.010
226	24	0.064*	0.068	0.066	0.017
227	28	0.061*	0.064*	0.063*	0.014
228	32	0.057*	0.058*	0.061*	0.012
333	27	0.057*	0.054*	0.062*	0.003
334	36	0.056*	0.055*	0.057*	0.009
335	45	0.056*	0.060*	0.056*	0.004
336	54	0.052*	0.064*	0.064*	0.003
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.044*	0.059*	0.052*	0.004
224	16	0.056*	0.064*	0.063*	0.008
225	20	0.079	0.087	0.085	0.012
226	24	0.047*	0.061*	0.063*	0.010
227	28	0.071	0.067	0.068	0.017
228	32	0.069	0.063*	0.069	0.018
333	27	0.057*	0.063*	0.062*	0.002
334	36	0.051*	0.056*	0.063*	0.002
335	45	0.058*	0.064*	0.063*	0.001
336	54	0.060*	0.060*	0.062*	0.002

2) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางยาว

จากตารางที่ 19-20 แสดงผลของความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 และ 6.0 ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดเลยที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 และ 6.0 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 6.0 แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ ซึ่งขนาดตัวอย่างเท่ากับ 24 สถิติทดสอบ Q และ MP ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 สถิติทดสอบ F, Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และเมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 6.0 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 , 16 และ 24 สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 สถิติทดสอบ F, Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 สถิติทดสอบ F และ MP จะไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และเมื่อความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 6.0 สถิติทดสอบ F, Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 21 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.092	0.078	0.079	0.021
224	16	0.089	0.080	0.077	0.021
225	20	0.076	0.069	0.071	0.021
226	24	0.090	0.089	0.089	0.022
227	28	0.093	0.087	0.080	0.028
228	32	0.098	0.101	0.098	0.034
333	27	0.089	0.075	0.080	0.012
334	36	0.104	0.088	0.093	0.026
335	45	0.104	0.093	0.090	0.024
336	54	0.115	0.101	0.101	0.029
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.082	0.072	0.071	0.020
224	16	0.065	0.063*	0.061*	0.015
225	20	0.083	0.064*	0.061*	0.016
226	24	0.070	0.066	0.065	0.021
227	28	0.063*	0.056*	0.051*	0.012
228	32	0.059*	0.055*	0.052*	0.012
333	27	0.064*	0.062*	0.061*	0.005
334	36	0.052*	0.053*	0.055*	0.009
335	45	0.063*	0.060*	0.064*	0.009
336	54	0.064*	0.064*	0.062*	0.014
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.085	0.066	0.071	0.016
224	16	0.060*	0.049*	0.050*	0.007
225	20	0.058*	0.069	0.069	0.016
226	24	0.075	0.080	0.077	0.026
227	28	0.072	0.069	0.068	0.021
228	32	0.059*	0.060*	0.061*	0.020
333	27	0.072	0.061*	0.058*	0.005
334	36	0.057*	0.055*	0.052*	0.000
335	45	0.059*	0.064*	0.070	0.004
336	54	0.060*	0.058*	0.059*	0.003

3) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางสั้น

จากตารางที่ 21 แสดงผลของความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดเลยที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 และ 32 สำหรับสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 , 20 , 28 และ 32 สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F, สถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F, สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 , 20 และ 32 สถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16

และ 32 สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F, Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 27 และ 45 สถิติทดสอบ F และ MP จะไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ตามลำดับ สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 22 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.093	0.079	0.084	0.012
224	16	0.067	0.078	0.074	0.019
225	20	0.107	0.094	0.092	0.024
226	24	0.087	0.090	0.089	0.023
227	28	0.083	0.077	0.074	0.025
228	32	0.061*	0.087	0.089	0.031
333	27	0.087	0.091	0.087	0.008
334	36	0.106	0.090	0.048*	0.014
335	45	0.095	0.092	0.064*	0.018
336	54	0.111	0.092	0.092	0.018
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.078	0.071	0.066	0.019
224	16	0.056*	0.060*	0.060*	0.015
225	20	0.073	0.063*	0.064*	0.019
226	24	0.061*	0.063*	0.062*	0.006
227	28	0.064*	0.059*	0.064*	0.019
228	32	0.064*	0.053*	0.054*	0.013
333	27	0.058*	0.065	0.062*	0.011
334	36	0.064*	0.063*	0.063*	0.006
335	45	0.061*	0.064*	0.067	0.009
336	54	0.064*	0.057*	0.058*	0.008
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.063*	0.070	0.065	0.006
224	16	0.064*	0.064*	0.067	0.009
225	20	0.060*	0.057*	0.058*	0.009
226	24	0.061*	0.074	0.072	0.020
227	28	0.064*	0.061*	0.064*	0.015
228	32	0.058*	0.064*	0.060*	0.015
333	27	0.064*	0.063*	0.058*	0.007
334	36	0.063*	0.059*	0.060*	0.002
335	45	0.064*	0.060*	0.062*	0.004
336	54	0.052*	0.053*	0.054*	0.000

ตารางที่ 23 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.086	0.082	0.076	0.014
224	16	0.095	0.077	0.081	0.019
225	20	0.102	0.086	0.084	0.024
226	24	0.120	0.107	0.117	0.023
227	28	0.102	0.089	0.088	0.025
228	32	0.091	0.085	0.086	0.031
333	27	0.089	0.092	0.082	0.008
334	36	0.094	0.089	0.061*	0.016
335	45	0.099	0.106	0.104	0.015
336	54	0.113	0.116	0.117	0.022
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.077	0.063*	0.061*	0.006
224	16	0.071	0.068	0.070	0.010
225	20	0.065	0.064*	0.068	0.015
226	24	0.056*	0.052*	0.057*	0.012
227	28	0.073	0.064*	0.063*	0.015
228	32	0.055*	0.053*	0.057*	0.011
333	27	0.063*	0.060*	0.063*	0.005
334	36	0.045*	0.050*	0.050*	0.005
335	45	0.060*	0.064*	0.065	0.007
336	54	0.055*	0.064*	0.070	0.016
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.053*	0.052*	0.055*	0.005
224	16	0.054*	0.049*	0.052*	0.010
225	20	0.063*	0.064*	0.056*	0.008
226	24	0.060*	0.064*	0.062*	0.014
227	28	0.069	0.068	0.071	0.018
228	32	0.050*	0.055*	0.056*	0.011
333	27	0.064*	0.064*	0.064*	0.002
334	36	0.064*	0.061*	0.058*	0.004
335	45	0.061*	0.064*	0.064*	0.003
336	54	0.060*	0.062*	0.063*	0.002

ตารางที่ 24 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.078	0.078	0.082	0.012
224	16	0.091	0.084	0.084	0.013
225	20	0.082	0.094	0.093	0.018
226	24	0.085	0.088	0.088	0.024
227	28	0.099	0.106	0.106	0.024
228	32	0.092	0.090	0.096	0.026
333	27	0.082	0.095	0.087	0.020
334	36	0.089	0.109	0.110	0.020
335	45	0.100	0.099	0.099	0.018
336	54	0.107	0.100	0.100	0.019
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.051*	0.040*	0.046*	0.004
224	16	0.065	0.070	0.064*	0.007
225	20	0.057*	0.060*	0.062*	0.005
226	24	0.062*	0.060*	0.064*	0.018
227	28	0.081	0.071	0.057*	0.023
228	32	0.071	0.064*	0.066	0.020
333	27	0.068	0.059*	0.053*	0.003
334	36	0.056*	0.064*	0.066	0.005
335	45	0.057*	0.065	0.057*	0.009
336	54	0.057*	0.064*	0.067	0.007
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.047*	0.060*	0.054*	0.001
224	16	0.052*	0.059*	0.061*	0.009
225	20	0.069	0.074	0.061*	0.011
226	24	0.065	0.061*	0.055*	0.019
227	28	0.071	0.070	0.071	0.018
228	32	0.075	0.074	0.073	0.019
333	27	0.054*	0.058*	0.060*	0.003
334	36	0.055*	0.063*	0.062*	0.003
335	45	0.064*	0.064*	0.075	0.006
336	54	0.064*	0.062*	0.070	0.002

ตารางที่ 25 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.081	0.078	0.086	0.011
224	16	0.083	0.090	0.099	0.015
225	20	0.086	0.084	0.089	0.017
226	24	0.080	0.081	0.082	0.024
227	28	0.080	0.087	0.083	0.019
228	32	0.083	0.104	0.103	0.022
333	27	0.104	0.117	0.121	0.019
334	36	0.097	0.098	0.099	0.020
335	45	0.120	0.123	0.119	0.022
336	54	0.120	0.117	0.119	0.017
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.042*	0.054*	0.060*	0.002
224	16	0.044*	0.051*	0.058*	0.004
225	20	0.069	0.081	0.066	0.010
226	24	0.067	0.064*	0.068	0.009
227	28	0.057*	0.059*	0.063*	0.009
228	32	0.063*	0.062*	0.061*	0.011
333	27	0.047*	0.064*	0.062*	0.008
334	36	0.045*	0.051*	0.051*	0.006
335	45	0.068	0.064*	0.066	0.007
336	54	0.060*	0.077	0.079	0.014
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.041*	0.071	0.070	0.006
224	16	0.054*	0.073	0.067	0.006
225	20	0.059*	0.062*	0.064*	0.008
226	24	0.059*	0.070	0.066	0.018
227	28	0.064*	0.069	0.074	0.014
228	32	0.060*	0.059*	0.063*	0.012
333	27	0.046*	0.064*	0.061*	0.004
334	36	0.060*	0.060*	0.061*	0.001
335	45	0.046*	0.062*	0.063*	0.002
336	54	0.059*	0.061*	0.060*	0.000

ตารางที่ 26 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.103	0.083	0.076	0.010
224	16	0.092	0.081	0.081	0.017
225	20	0.073	0.070	0.075	0.018
226	24	0.103	0.101	0.101	0.036*
227	28	0.091	0.091	0.093	0.028
228	32	0.103	0.099	0.094	0.036*
333	27	0.097	0.082	0.083	0.017
334	36	0.099	0.088	0.059*	0.014
335	45	0.112	0.110	0.069	0.021
336	54	0.113	0.102	0.106	0.023
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.069	0.074	0.076	0.010
224	16	0.056*	0.060*	0.055*	0.013
225	20	0.071	0.064*	0.066	0.015
226	24	0.069	0.061*	0.062*	0.010
227	28	0.062*	0.057*	0.062*	0.016
228	32	0.064*	0.068	0.070	0.020
333	27	0.061*	0.078	0.064*	0.007
334	36	0.060*	0.059*	0.064*	0.008
335	45	0.059*	0.062*	0.061*	0.005
336	54	0.060*	0.064*	0.062*	0.004
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.088	0.076	0.074	0.009
224	16	0.062*	0.050*	0.055*	0.011
225	20	0.063*	0.063*	0.060*	0.013
226	24	0.064*	0.072	0.071	0.021
227	28	0.063*	0.046*	0.047*	0.011
228	32	0.064*	0.064*	0.060*	0.014
333	27	0.063*	0.059*	0.057*	0.001
334	36	0.048*	0.047*	0.042*	0.001
335	45	0.064*	0.060*	0.062*	0.006
336	54	0.057*	0.082	0.083	0.005

ตารางที่ 27 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.086	0.074	0.070	0.010
224	16	0.089	0.084	0.088	0.016
225	20	0.089	0.081	0.077	0.012
226	24	0.083	0.089	0.087	0.022
227	28	0.081	0.077	0.071	0.017
228	32	0.103	0.097	0.095	0.020
333	27	0.101	0.108	0.104	0.015
334	36	0.105	0.090	0.066	0.017
335	45	0.113	0.109	0.109	0.020
336	54	0.106	0.102	0.100	0.009
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.062*	0.063*	0.070	0.010
224	16	0.060*	0.071	0.071	0.011
225	20	0.059*	0.070	0.067	0.016
226	24	0.062*	0.071	0.061*	0.014
227	28	0.064*	0.071	0.060*	0.013
228	32	0.061*	0.082	0.085	0.014
333	27	0.057*	0.062*	0.064*	0.005
334	36	0.049*	0.050*	0.049*	0.001
335	45	0.064*	0.060*	0.061*	0.006
336	54	0.056*	0.064*	0.074	0.005
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.066	0.062*	0.066	0.007
224	16	0.065	0.067	0.067	0.009
225	20	0.056*	0.064*	0.057*	0.012
226	24	0.053*	0.054*	0.052*	0.009
227	28	0.053*	0.059*	0.062*	0.012
228	32	0.057*	0.070	0.063*	0.010
333	27	0.056*	0.064*	0.062*	0.003
334	36	0.052*	0.054*	0.048*	0.002
335	45	0.058*	0.053*	0.055*	0.003
336	54	0.063*	0.062*	0.060*	0.002

ตารางที่ 28 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.073	0.074	0.067	0.003
224	16	0.081	0.083	0.082	0.018
225	20	0.076	0.084	0.090	0.021
226	24	0.082	0.076	0.077	0.023
227	28	0.087	0.090	0.090	0.026
228	32	0.090	0.080	0.080	0.025
333	27	0.092	0.087	0.095	0.014
334	36	0.098	0.105	0.103	0.011
335	45	0.097	0.104	0.107	0.013
336	54	0.117	0.121	0.123	0.033
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.049*	0.057*	0.055*	0.006
224	16	0.064*	0.056*	0.066	0.012
225	20	0.051*	0.059*	0.060*	0.008
226	24	0.055*	0.053*	0.051*	0.011
227	28	0.063*	0.063*	0.056*	0.021
228	32	0.060*	0.061*	0.062*	0.011
333	27	0.052*	0.051*	0.060*	0.008
334	36	0.063*	0.060*	0.064*	0.009
335	45	0.056*	0.053*	0.054*	0.003
336	54	0.063*	0.063*	0.056*	0.005
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.046*	0.059*	0.053*	0.002
224	16	0.061*	0.060*	0.068	0.007
225	20	0.061*	0.057*	0.054*	0.010
226	24	0.061*	0.064*	0.062*	0.010
227	28	0.058*	0.060*	0.064*	0.014
228	32	0.058*	0.061*	0.062*	0.025
333	27	0.060*	0.060*	0.062*	0.001
334	36	0.059*	0.064*	0.064*	0.001
335	45	0.062*	0.061*	0.062*	0.003
336	54	0.062*	0.060*	0.060*	0.002

ตารางที่ 29 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.056*	0.068	0.074	0.008
224	16	0.078	0.091	0.088	0.017
225	20	0.083	0.093	0.096	0.015
226	24	0.087	0.090	0.091	0.019
227	28	0.080	0.082	0.084	0.019
228	32	0.088	0.092	0.089	0.026
333	27	0.074	0.080	0.084	0.011
334	36	0.094	0.094	0.097	0.020
335	45	0.107	0.104	0.108	0.022
336	54	0.107	0.106	0.108	0.015
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.053*	0.053*	0.054*	0.002
224	16	0.054*	0.069	0.068	0.008
225	20	0.042*	0.060*	0.064*	0.010
226	24	0.053*	0.059*	0.059*	0.011
227	28	0.053*	0.044*	0.050*	0.013
228	32	0.072	0.058*	0.063*	0.013
333	27	0.051*	0.069	0.064*	0.003
334	36	0.061*	0.054*	0.053*	0.004
335	45	0.055*	0.064*	0.064*	0.007
336	54	0.064*	0.064*	0.063*	0.004
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.045*	0.056*	0.054*	0.003
224	16	0.056*	0.059*	0.064*	0.005
225	20	0.057*	0.062*	0.064*	0.013
226	24	0.062*	0.064*	0.061*	0.016
227	28	0.067	0.063*	0.077	0.013
228	32	0.063*	0.080	0.069	0.017
333	27	0.059*	0.062*	0.068	0.002
334	36	0.064*	0.071	0.063*	0.001
335	45	0.056*	0.064*	0.066	0.003
336	54	0.061*	0.075	0.071	0.002

ตารางที่ 30 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.111	0.089	0.094	0.014
224	16	0.092	0.097	0.086	0.019
225	20	0.104	0.091	0.089	0.029
226	24	0.106	0.106	0.110	0.022
227	28	0.095	0.088	0.090	0.026
228	32	0.098	0.091	0.092	0.024
333	27	0.085	0.086	0.084	0.010
334	36	0.100	0.085	0.086	0.016
335	45	0.100	0.098	0.099	0.014
336	54	0.100	0.092	0.090	0.018
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.061*	0.071	0.069	0.008
224	16	0.061*	0.056*	0.056*	0.010
225	20	0.062*	0.064*	0.076	0.017
226	24	0.068	0.072	0.074	0.018
227	28	0.068	0.065	0.066	0.016
228	32	0.070	0.064*	0.070	0.016
333	27	0.070	0.061*	0.063*	0.004
334	36	0.064*	0.058*	0.060*	0.004
335	45	0.061*	0.060*	0.062*	0.008
336	54	0.062*	0.067	0.066	0.012
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.075	0.077	0.074	0.013
224	16	0.069	0.058*	0.052*	0.006
225	20	0.067	0.058*	0.056*	0.016
226	24	0.067	0.060*	0.060*	0.015
227	28	0.062*	0.064*	0.064*	0.016
228	32	0.076	0.077	0.060*	0.020
333	27	0.057*	0.043*	0.044*	0.000
334	36	0.061*	0.064*	0.064*	0.004
335	45	0.057*	0.062*	0.064*	0.004
336	54	0.053*	0.059*	0.062*	0.002

ตารางที่ 31 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.091	0.088	0.090	0.016
224	16	0.097	0.096	0.097	0.020
225	20	0.085	0.087	0.089	0.026
226	24	0.101	0.094	0.095	0.028
227	28	0.082	0.090	0.095	0.025
228	32	0.098	0.092	0.091	0.023
333	27	0.100	0.105	0.106	0.023
334	36	0.107	0.097	0.097	0.014
335	45	0.096	0.096	0.093	0.017
336	54	0.104	0.097	0.099	0.015
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.068	0.078	0.062*	0.006
224	16	0.058*	0.063*	0.061*	0.009
225	20	0.066	0.062*	0.070	0.018
226	24	0.065	0.056*	0.058*	0.012
227	28	0.057*	0.062*	0.061*	0.015
228	32	0.080	0.062*	0.080	0.017
333	27	0.061*	0.059*	0.055*	0.004
334	36	0.060*	0.058*	0.067	0.009
335	45	0.056*	0.064*	0.064*	0.004
336	54	0.056*	0.064*	0.060*	0.007
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.072	0.072	0.073	0.012
224	16	0.057*	0.053*	0.055*	0.008
225	20	0.063*	0.077	0.058*	0.014
226	24	0.071	0.064*	0.061*	0.012
227	28	0.075	0.064*	0.063*	0.015
228	32	0.063*	0.062*	0.059*	0.017
333	27	0.059*	0.059*	0.061*	0.004
334	36	0.059*	0.058*	0.055*	0.009
335	45	0.056*	0.064*	0.063*	0.004
336	54	0.042*	0.052*	0.054*	0.007

ตารางที่ 32 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.087	0.085	0.091	0.009
224	16	0.090	0.093	0.099	0.021
225	20	0.073	0.087	0.096	0.028
226	24	0.093	0.092	0.091	0.030
227	28	0.058*	0.072	0.077	0.020
228	32	0.092	0.083	0.087	0.026
333	27	0.100	0.105	0.104	0.026
334	36	0.079	0.089	0.089	0.017
335	45	0.063*	0.083	0.078	0.017
336	54	0.100	0.093	0.093	0.020
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.057*	0.055*	0.062*	0.008
224	16	0.054*	0.063*	0.067	0.009
225	20	0.063*	0.063*	0.065	0.021
226	24	0.072	0.069	0.062*	0.023
227	28	0.053*	0.054*	0.050*	0.016
228	32	0.065	0.065	0.064*	0.021
333	27	0.060*	0.062*	0.068	0.011
334	36	0.052*	0.052*	0.049*	0.006
335	45	0.059*	0.064*	0.065	0.006
336	54	0.064*	0.058*	0.058*	0.006
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.078	0.074	0.076	0.006
224	16	0.062*	0.063*	0.067	0.010
225	20	0.067	0.074	0.058*	0.013
226	24	0.065	0.064*	0.064*	0.019
227	28	0.061*	0.061*	0.062*	0.018
228	32	0.065	0.080	0.080	0.023
333	27	0.054*	0.064*	0.063*	0.000
334	36	0.053*	0.049*	0.053*	0.004
335	45	0.051*	0.061*	0.062*	0.003
336	54	0.055*	0.059*	0.061*	0.006

ตารางที่ 33 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.083	0.089	0.094	0.009
224	16	0.075	0.082	0.077	0.016
225	20	0.090	0.093	0.094	0.017
226	24	0.081	0.088	0.089	0.025
227	28	0.091	0.093	0.093	0.027
228	32	0.086	0.078	0.072	0.024
333	27	0.083	0.099	0.089	0.011
334	36	0.104	0.109	0.104	0.011
335	45	0.106	0.107	0.100	0.017
336	54	0.111	0.111	0.110	0.021
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.059*	0.060*	0.063*	0.008
224	16	0.059*	0.071	0.071	0.005
225	20	0.068	0.060*	0.058*	0.014
226	24	0.087	0.082	0.087	0.021
227	28	0.071	0.070	0.069	0.011
228	32	0.054*	0.071	0.073	0.015
333	27	0.039*	0.059*	0.060*	0.005
334	36	0.059*	0.060*	0.064*	0.004
335	45	0.063*	0.062*	0.077	0.013
336	54	0.064*	0.064*	0.067	0.005
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.043*	0.043*	0.050*	0.002
224	16	0.050*	0.059*	0.062*	0.006
225	20	0.068	0.061*	0.064*	0.014
226	24	0.052*	0.053*	0.054*	0.013
227	28	0.058*	0.078	0.079	0.017
228	32	0.059*	0.067	0.067	0.011
333	27	0.048*	0.052*	0.051*	0.003
334	36	0.064*	0.064*	0.062*	0.002
335	45	0.054*	0.080	0.078	0.004
336	54	0.062*	0.069	0.068	0.001

4) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางยาว

จากตารางที่ 22-33 แสดงผลของความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบการทดลอง 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ความโค้งมีค่าเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 32 กรณีที่มีการแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ความโค้งมีค่าเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ S สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 24 และ 32 กรณีที่มีการแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ความโค้งมีค่าเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ความโค้งมีค่าเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 และ 45 ที่ความโค้งเท่ากับ 4.4 สถิติทดสอบ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 กรณีที่มีการแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ความโค้งมีค่าเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 กรณีที่มีการแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดที่สามารถควบคุมความ

คลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ความโค้งมีค่าเท่ากับ 5.2 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 45

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 20 สถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 แต่เมื่อความโค้งเพิ่มขึ้นความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ F มีแนวโน้มลดลง ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP ยังคงสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ กรณีที่มีการแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 , 28 และ 32 ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 , 24 , 28 และ 32 เมื่อความโค้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ F มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่สถิติทดสอบ Q และ MP มีแนวโน้มในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลง และสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีนี้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความโค้งเท่ากับ 5.2 และ 6.0 กรณีที่มีการแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 , 16 และ 20 สถิติทดสอบ Q สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 , 20 และ 32 สถิติทดสอบ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 และความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ F มีแนวโน้มลดลงเมื่อความโค้งเพิ่มขึ้นเป็น 4.4 และ 6.0 แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความโค้งเท่ากับ 5.2 สำหรับสถิติทดสอบ Q และ MP มีแนวโน้มในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เพิ่มขึ้น เมื่อความโค้งเท่ากับ 4.4 และ 5.2 แต่สถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีนี้จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความโค้งเท่ากับ 6.0 และสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกลุ่มของขนาด

ตัวอย่าง แต่เมื่อความโค้งมีค่าเพิ่มขึ้น ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ Q และ MP มีแนวโน้มลดลง เมื่อการแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง แต่เมื่อการแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 27 ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 54 แต่เมื่อการแจกแจงมีค่าความโค้งเพิ่มขึ้นเป็น 4.4 , 5.2 และ 6.0 สถิติทดสอบ F และ Q สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สำหรับสถิติทดสอบ MP มีแนวโน้มในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลง และสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 24 เมื่อความโค้งเพิ่มขึ้นเป็น 4.4 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 และความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มลดลงเมื่อความโค้งเพิ่มขึ้นเป็น 5.2 และ 6.0 กรณีที่การแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 24 เมื่อความโค้งเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบ F จะไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 16 สำหรับสถิติทดสอบ Q และ MP ยังคงควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ แม้ว่าขนาดตัวอย่างจะมีขนาดเล็ก กรณีที่การแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 3.6 สถิติทดสอบ F ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 สำหรับสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ F มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความโค้งเพิ่มขึ้นเป็น 4.4 , 5.2 และ 6.0 ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 และ 32 สำหรับสถิติทดสอบ Q และ MP มีแนวโน้มในการ

ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลง เมื่อความโค้งเพิ่มขึ้น และสถิติทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ คือ สถิติทดสอบ S

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่การแจกแจงมีค่าความโค้งเท่ากับ 5.2 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 45 และ 54 สถิติทดสอบ MP ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ กรณีที่การแจกแจงมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่การแจกแจงมีค่าความโค้งเท่ากับ 3.6 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 54 สถิติทดสอบ Q และ MP ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่การแจกแจงมีค่าความโค้งเท่ากับ 6.0 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 และ 54 สถิติทดสอบ Q ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และสถิติทดสอบ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 สำหรับสถิติทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ คือ สถิติทดสอบ S

ตารางที่ 34 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 2.8

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.114	0.087	0.083	0.031
224	16	0.075	0.074	0.076	0.020
225	20	0.084	0.064*	0.071	0.018
226	24	0.105	0.090	0.094	0.017
227	28	0.086	0.079	0.081	0.026
228	32	0.078	0.073	0.075	0.019
333	27	0.092	0.091	0.101	0.011
334	36	0.085	0.080	0.063*	0.010
335	45	0.132	0.128	0.063*	0.030
336	54	0.113	0.098	0.100	0.013
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.079	0.066	0.068	0.009
224	16	0.078	0.081	0.083	0.020
225	20	0.079	0.064*	0.072	0.018
226	24	0.077	0.066	0.071	0.018
227	28	0.056*	0.056*	0.056*	0.017
228	32	0.064*	0.059*	0.064*	0.017
333	27	0.056*	0.058*	0.059*	0.008
334	36	0.062*	0.064*	0.064*	0.006
335	45	0.060*	0.064*	0.064*	0.012
336	54	0.058*	0.062*	0.061*	0.006
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.072	0.063*	0.056*	0.011
224	16	0.069	0.064*	0.062*	0.012
225	20	0.064*	0.060*	0.057*	0.013
226	24	0.061*	0.064*	0.059*	0.012
227	28	0.048*	0.047*	0.046*	0.007
228	32	0.061*	0.062*	0.064*	0.021
333	27	0.053*	0.046*	0.051*	0.002
334	36	0.046*	0.052*	0.054*	0.003
335	45	0.064*	0.064*	0.061*	0.004
336	54	0.057*	0.064*	0.058*	0.007

ตารางที่ 35 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 2.8

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.119	0.083	0.091	0.020
224	16	0.096	0.075	0.080	0.020
225	20	0.093	0.091	0.084	0.018
226	24	0.090	0.088	0.086	0.024
227	28	0.093	0.091	0.086	0.024
228	32	0.090	0.088	0.085	0.032
333	27	0.089	0.079	0.075	0.008
334	36	0.089	0.084	0.065	0.013
335	45	0.091	0.086	0.084	0.019
336	54	0.112	0.110	0.110	0.021
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.082	0.061*	0.068	0.015
224	16	0.068	0.061*	0.059*	0.011
225	20	0.065	0.063*	0.065	0.018
226	24	0.070	0.071	0.066	0.019
227	28	0.048*	0.057*	0.059*	0.015
228	32	0.062*	0.055*	0.060*	0.015
333	27	0.064*	0.063*	0.064*	0.007
334	36	0.063*	0.064*	0.060*	0.006
335	45	0.059*	0.064*	0.061*	0.008
336	54	0.062*	0.057*	0.056*	0.008
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.077	0.064*	0.057*	0.008
224	16	0.071	0.057*	0.056*	0.018
225	20	0.064*	0.058*	0.058*	0.016
226	24	0.061*	0.063*	0.061*	0.015
227	28	0.056*	0.065	0.064*	0.014
228	32	0.079	0.076	0.073	0.018
333	27	0.060*	0.058*	0.057*	0.002
334	36	0.056*	0.064*	0.064*	0.007
335	45	0.060*	0.067	0.065	0.004
336	54	0.064*	0.062*	0.062*	0.007

5) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางสั้น

จากตารางที่ 34-35 แสดงผลของความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดเลยที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ Q ที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดเลยที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ MP ที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 และ 45

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 และ 32 ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 28 และ 32 เมื่อความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 และ 32 ส่วนสถิติทดสอบ Q สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 24 และสถิติทดสอบ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16, 28 และ 32 สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

พิจารณาแผนแบบแฟลทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และความโด่งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F, Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สำหรับสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟลทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 16 ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง เมื่อความเบ้มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.75 และความโด่งเท่ากับ 2.8 พบว่า สถิติทดสอบ F สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 , 24 และ 28 สถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 32 สำหรับสถิติทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง คือ สถิติทดสอบ S

พิจารณาแผนแบบแฟลทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และ 0.75 ความโด่งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F , Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อความเบ้ของการแจกแจงมีค่าเท่ากับ 0.75 สถิติทดสอบ Q และ MP จะไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 45 สำหรับสถิติทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง คือ สถิติทดสอบ S

ตารางที่ 36 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี
เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 3.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A					
223	12	0.110	0.094	0.087	0.015
224	16	0.095	0.086	0.077	0.026
225	20	0.084	0.083	0.088	0.026
226	24	0.096	0.090	0.092	0.025
227	28	0.094	0.080	0.073	0.031
228	32	0.081	0.081	0.081	0.019
333	27	0.096	0.070	0.075	0.016
334	36	0.106	0.101	0.060*	0.016
335	45	0.101	0.094	0.064*	0.020
336	54	0.130	0.117	0.116	0.026
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B					
223	12	0.076	0.063*	0.063*	0.011
224	16	0.069	0.076	0.064*	0.013
225	20	0.064*	0.063*	0.067	0.014
226	24	0.062*	0.063*	0.059*	0.022
227	28	0.059*	0.057*	0.057*	0.026
228	32	0.062*	0.058*	0.069	0.023
333	27	0.064*	0.062*	0.061*	0.009
334	36	0.063*	0.064*	0.062*	0.008
335	45	0.051*	0.055*	0.048*	0.006
336	54	0.051*	0.052*	0.051*	0.006
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B					
223	12	0.079	0.064*	0.067	0.009
224	16	0.073	0.059*	0.070	0.012
225	20	0.061*	0.056*	0.055*	0.013
226	24	0.057*	0.064*	0.057*	0.011
227	28	0.064*	0.059*	0.060*	0.012
228	32	0.062*	0.063*	0.055*	0.019
333	27	0.060*	0.055*	0.054*	0.004
334	36	0.061*	0.064*	0.063*	0.003
335	45	0.056*	0.060*	0.063*	0.002
336	54	0.062*	0.048*	0.054*	0.001

6) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ

จากตารางที่ 36 แสดงผลของความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธี จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดเลยที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ไม่มีสถิติทดสอบวิธีใดเลยที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นสถิติทดสอบ MP ที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 และ 45

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 16 ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สำหรับสถิติทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่างคือ สถิติทดสอบ S

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F, Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง ยกเว้นสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า มีสถิติทดสอบ Q เพียงวิธีเดียวที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง ส่วนสถิติทดสอบ F และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่กลุ่มของขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 16 สำหรับสถิติทดสอบที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่างคือ สถิติทดสอบ S

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F, Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง ยกเว้นสถิติทดสอบ S ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

2. ค่าอำนาจการทดสอบ

พิจารณาประสิทธิภาพของสถิติทดสอบจากค่าอำนาจการทดสอบซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้แบ่งการพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบเป็น 2 กรณีตามการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบดังนี้

กรณีที่ 1 แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์

$$\alpha_1 = -2, \alpha_2 = 2, \tau_1 = 5, \tau_2 = -5$$

แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์

$$\alpha_1 = -4, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 3, \tau_1 = 6, \tau_2 = -1, \tau_3 = -5$$

กรณีที่ 2 แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์

$$\alpha_1 = 5, \alpha_2 = -5, \tau_1 = -10, \tau_2 = 10$$

แผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์

$$\alpha_1 = 10, \alpha_2 = 2, \alpha_3 = -12, \tau_1 = -8, \tau_2 = -1, \tau_3 = 9$$

สำหรับผลการศึกษาระหว่างค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 37-57 และใช้กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ โดยจำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับได้แก่แผนแบบ 223, 224, 225, 226, 227 และ 228 ซึ่งมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12, 16, 20, 24, 28 และ 32 ตามลำดับ สำหรับที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับได้แก่แผนแบบ 333, 334, 335 และ 336 ซึ่งมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 27, 36, 45 และ 54 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่าสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มี 3 วิธีคือ สถิติทดสอบ F, Q และ MP โดยแบ่งลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ และแบบไม่ปกติ เป็น 6 ลักษณะ ดังนี้

- 1) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงแบบปกติ
- 2) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางยาว
- 3) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางสั้น
- 4) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางยาว
- 5) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางสั้น
- 6) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ

กรณีที่ 1 พิจารณาอำนาจการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 37-57 และภาพที่ 6-26 ดังนี้

ตารางที่ 37 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.8

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	13.5	8.9	9.2
224	16	17.2	11.2	12.2
225	20	16.0	11.1	12.6
226	24	17.4	13.7	13.9
227	28	21.2	16.1	17.2
228	32	22.7	17.5	17.5
333	27	25.5	17.7	18.9
334	36	33.1	22.6	23.7
335	45	39.9	28.6	29.0
336	54	45.7	32.3	33.2
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	35.1	25.3	27.1
224	16	40.7	28.6	29.9
225	20	52.4	43.7	43.9
226	24	61.1	49.5	51.6
227	28	67.1	58.2	59.7
228	32	73.7	64.7	65.5
333	27	43.5	34.2	35.0
334	36	59.2	47.0	48.1
335	45	69.8	59.8	61.2
336	54	82.0	73.0	72.7
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	83.4	72.6	74.7
224	16	93.0	86.7	88.5
225	20	97.4	95.2	95.9
226	24	99.2	97.6	98.0
227	28	99.7	98.9	99.2
228	32	99.9	99.7	99.7
333	27	99.9	99.3	99.5
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

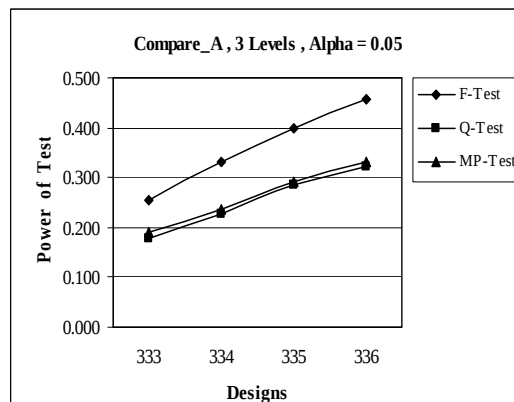
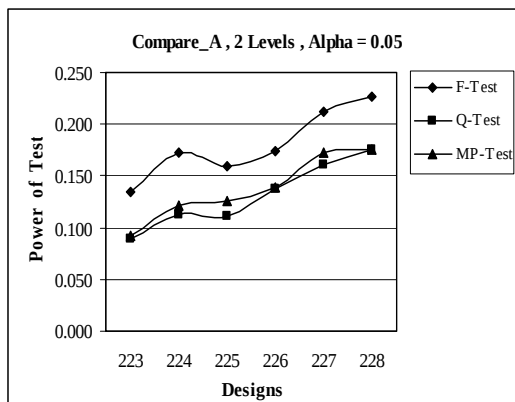
ตารางที่ 38 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	15.7	8.7	9.6
224	16	15.5	11.8	11.8
225	20	16.4	12.6	13.1
226	24	19.1	14.9	15.3
227	28	20.8	17.0	16.8
228	32	22.2	18.6	18.6
333	27	27.7	20.3	21.7
334	36	33.1	23.9	25.1
335	45	39.1	29.1	29.8
336	54	45.7	34.5	33.4
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	37.6	23.8	25.2
224	16	42.7	33.2	34.3
225	20	53.2	42.6	44.3
226	24	58.6	49.3	51.7
227	28	68.2	57.7	59.1
228	32	71.7	63.3	64.5
333	27	46.8	37.2	39.0
334	36	59.3	48.3	50.5
335	45	69.6	62.7	63.0
336	54	78.1	71.3	72.5
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	83.2	74.1	74.5
224	16	89.9	86.1	86.7
225	20	97.0	93.9	93.9
226	24	98.5	97.1	97.4
227	28	99.6	99.0	99.3
228	32	99.8	99.7	99.6
333	27	99.6	98.8	99.1
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

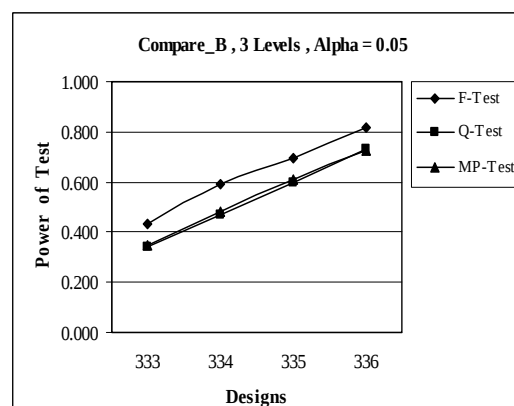
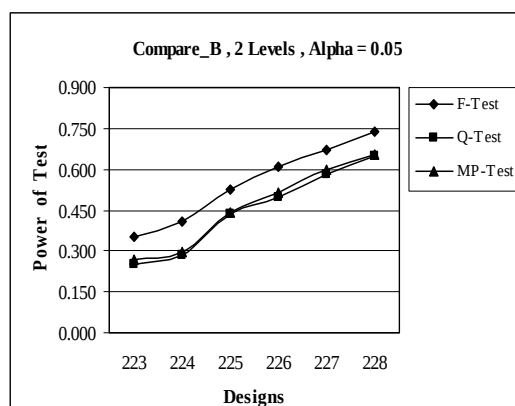
ตารางที่ 39 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	13.2	10.4	10.8
224	16	12.9	10.0	11.0
225	20	16.2	12.4	12.8
226	24	17.4	13.7	14.5
227	28	18.8	15.4	15.9
228	32	21.2	16.3	16.0
333	27	23.5	17.2	18.2
334	36	32.0	23.8	25.1
335	45	38.4	29.5	29.9
336	54	42.7	31.2	31.7
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	32.3	25.3	25.9
224	16	39.5	32.9	33.8
225	20	51.6	43.1	44.5
226	24	57.3	48.7	50.8
227	28	61.6	53.1	54.9
228	32	72.3	64.9	65.6
333	27	43.2	34.5	36.2
334	36	59.4	49.3	50.7
335	45	66.2	58.8	60.4
336	54	76.9	70.1	71.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	80.7	74.4	75.4
224	16	88.7	86.0	87.4
225	20	95.1	92.8	93.0
226	24	97.9	97.0	97.1
227	28	99.5	98.9	99.2
228	32	99.8	99.1	99.3
333	27	99.2	98.6	98.6
334	36	99.8	99.8	99.8
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

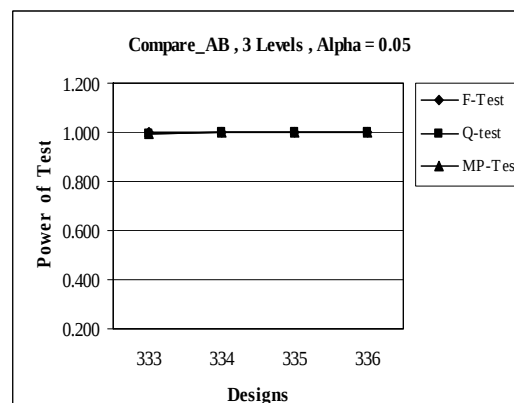
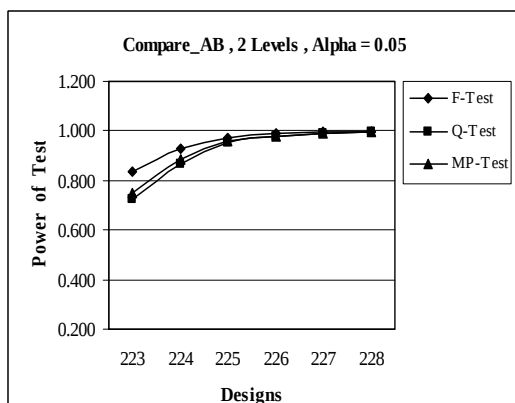
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

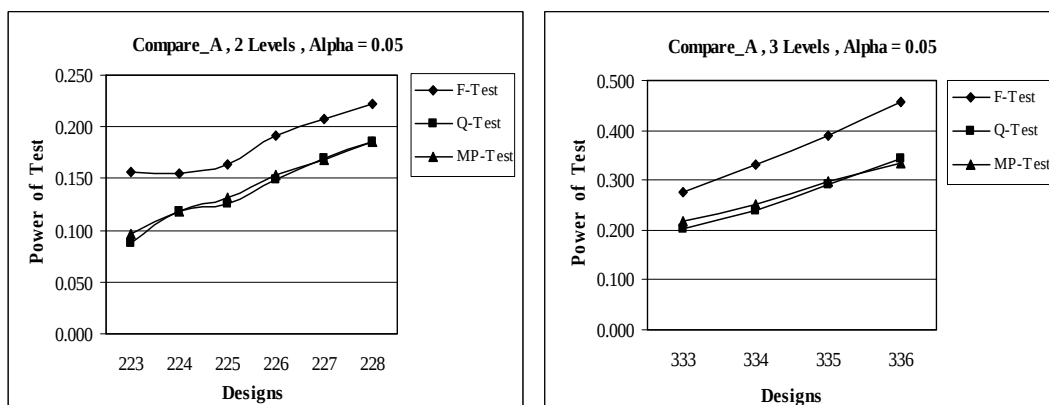


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

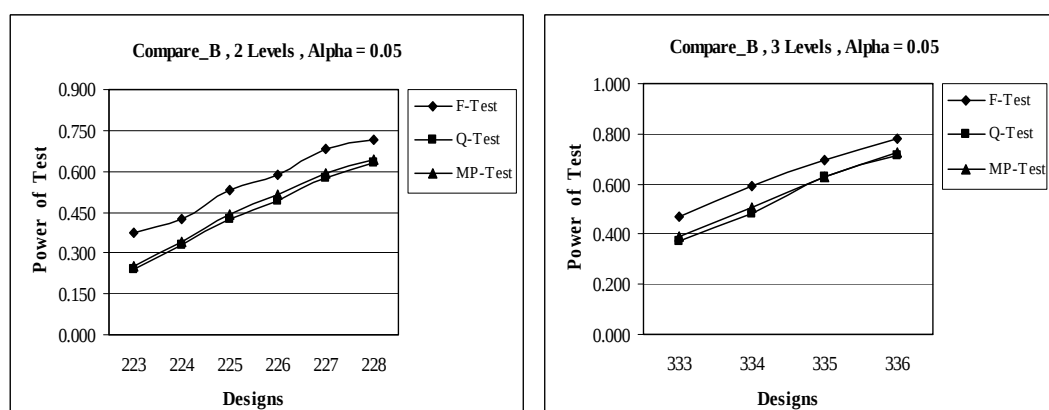


ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8

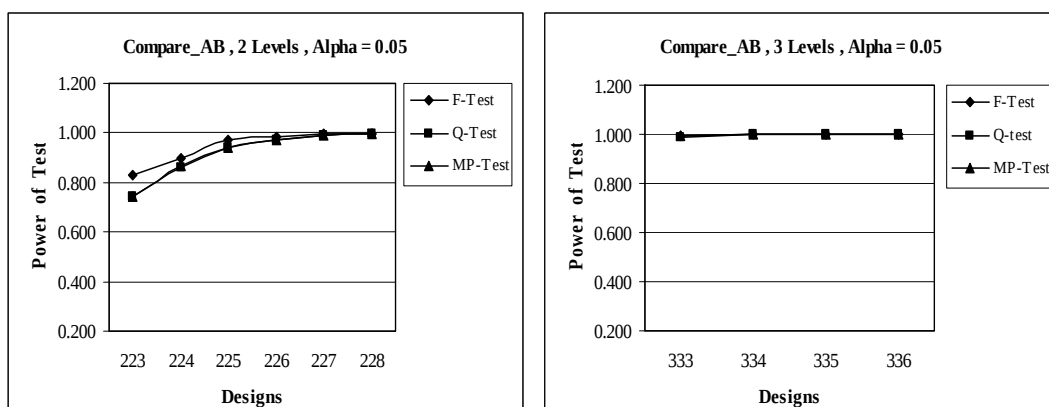
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

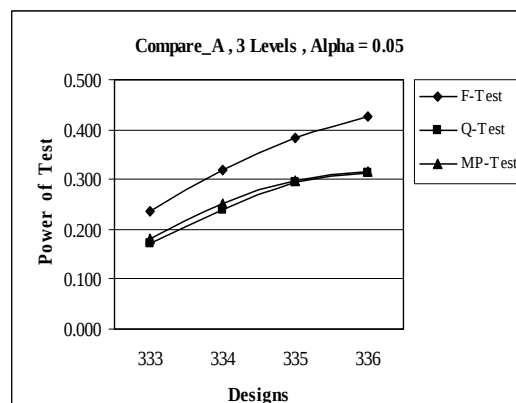
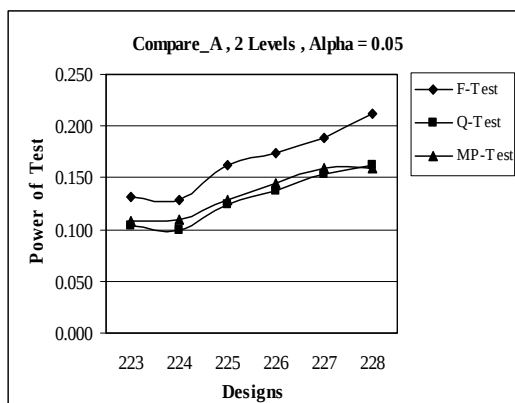


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

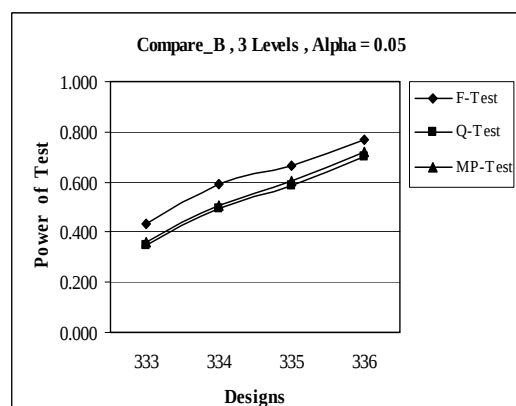
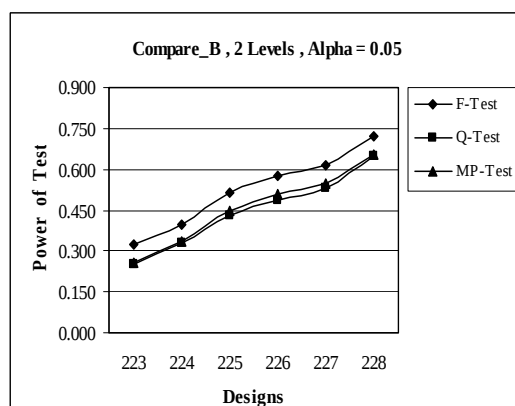


ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 3.6

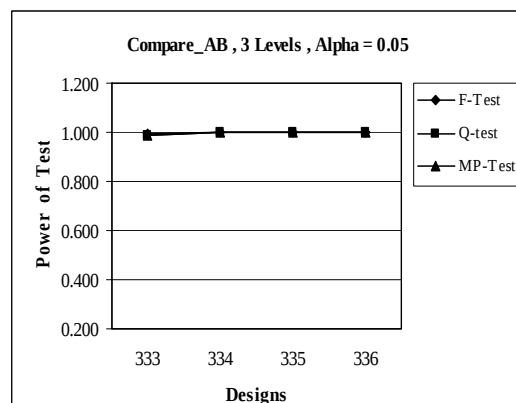
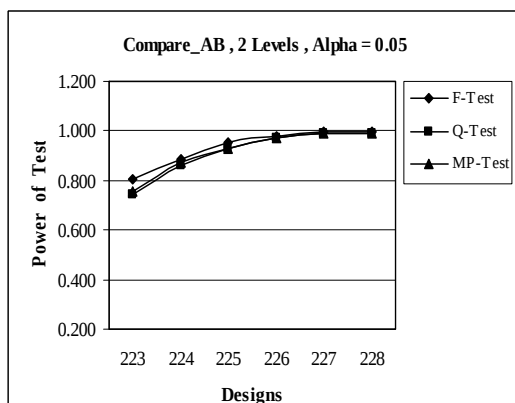
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 4.4

1) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงแบบปกติ

จากตารางที่ 37-39 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 6-8 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 , 3.6 และ 4.4 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด สำหรับสถิติทดสอบ MP และ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบแต่ละวิธีมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 , 3.6 และ 4.4 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 , 3.6 และ 4.4 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบ F , Q และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ส่วนเมื่อพิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันและมีค่าเท่ากันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 , 45 และ 54

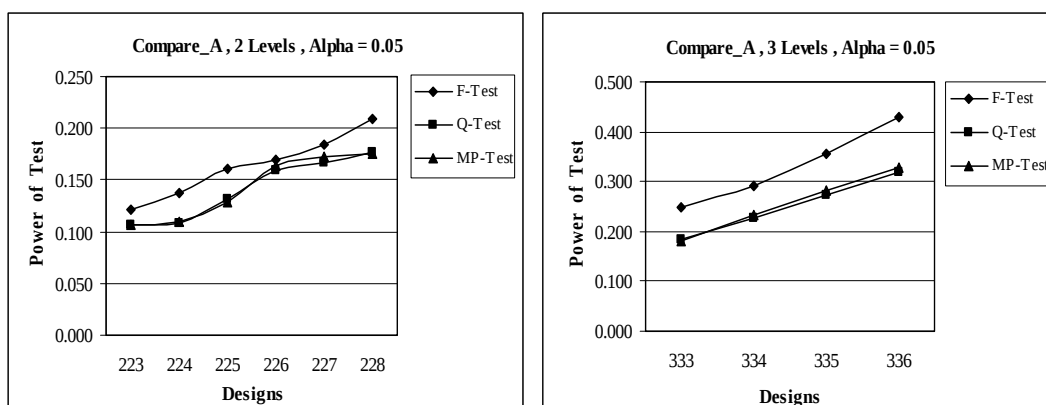
ตารางที่ 40 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	12.2	10.6	10.6
224	16	13.8	10.8	10.9
225	20	16.1	13.2	12.8
226	24	17.0	15.9	16.4
227	28	18.4	16.7	17.2
228	32	20.9	17.7	17.5
333	27	24.7	18.3	18.1
334	36	29.1	22.7	23.3
335	45	35.7	27.3	28.2
336	54	42.8	32.0	32.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	31.7	26.5	26.5
224	16	39.3	31.3	34.6
225	20	44.0	39.3	39.6
226	24	55.2	48.1	48.5
227	28	62.3	55.3	57.2
228	32	68.5	62.8	65.2
333	27	43.0	34.5	36.1
334	36	55.7	48.6	49.4
335	45	66.3	59.0	61.4
336	54	74.4	71.5	72.4
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	73.8	70.0	71.1
224	16	84.4	83.3	83.6
225	20	93.6	93.0	92.6
226	24	96.1	95.5	96.2
227	28	99.2	98.7	98.9
228	32	99.4	99.1	99.2
333	27	98.6	97.4	97.7
334	36	99.9	99.9	99.9
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

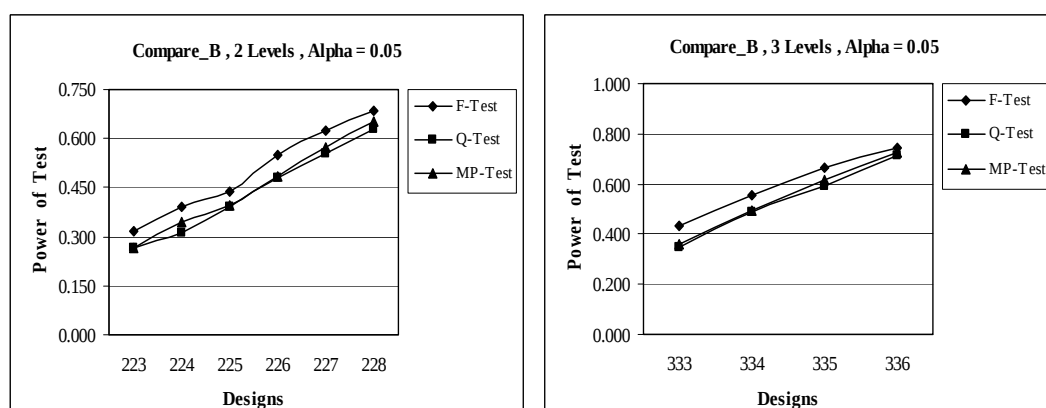
ตารางที่ 41 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	12.9	11.5	12.0
224	16	13.6	11.4	12.9
225	20	13.9	12.7	12.9
226	24	17.5	16.6	13.1
227	28	19.5	14.0	13.8
228	32	19.9	16.0	16.1
333	27	23.6	18.6	20.7
334	36	28.4	23.7	24.8
335	45	35.1	29.0	30.1
336	54	44.2	34.1	35.1
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	29.9	24.2	27.4
224	16	35.6	32.5	33.4
225	20	41.8	37.7	39.4
226	24	49.9	46.3	47.7
227	28	60.8	56.7	58.0
228	32	63.3	62.0	62.7
333	27	38.3	32.9	34.6
334	36	52.3	46.0	46.4
335	45	64.6	57.5	60.3
336	54	73.4	70.3	71.2
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	65.6	68.4	69.2
224	16	80.3	82.9	83.5
225	20	90.4	91.3	92.0
226	24	95.7	96.6	97.1
227	28	97.9	97.9	97.9
228	32	99.2	99.6	99.7
333	27	98.2	98.0	98.3
334	36	99.7	99.7	99.8
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

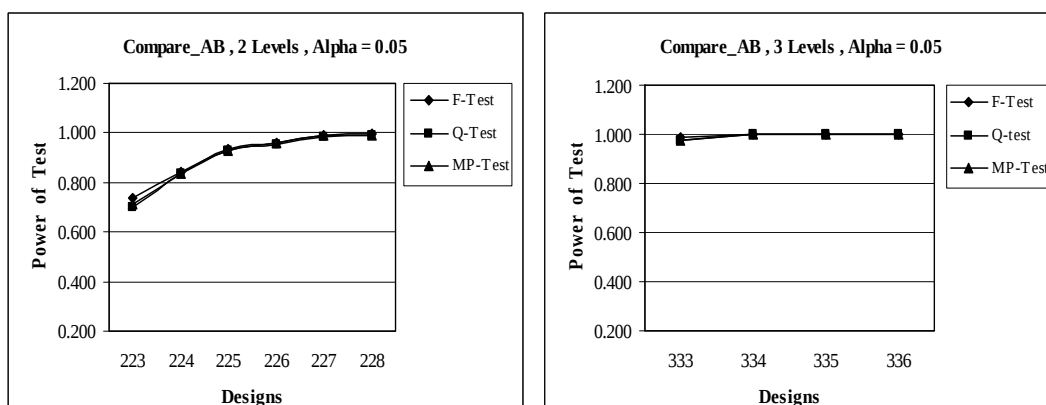
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

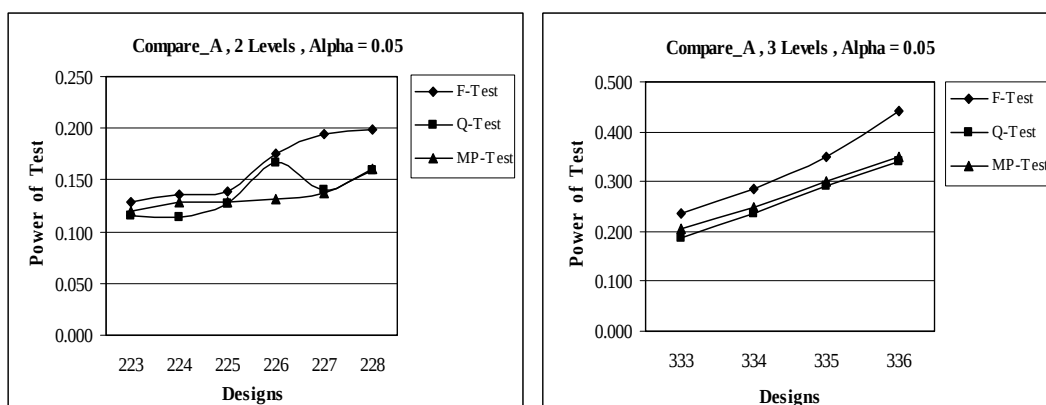


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

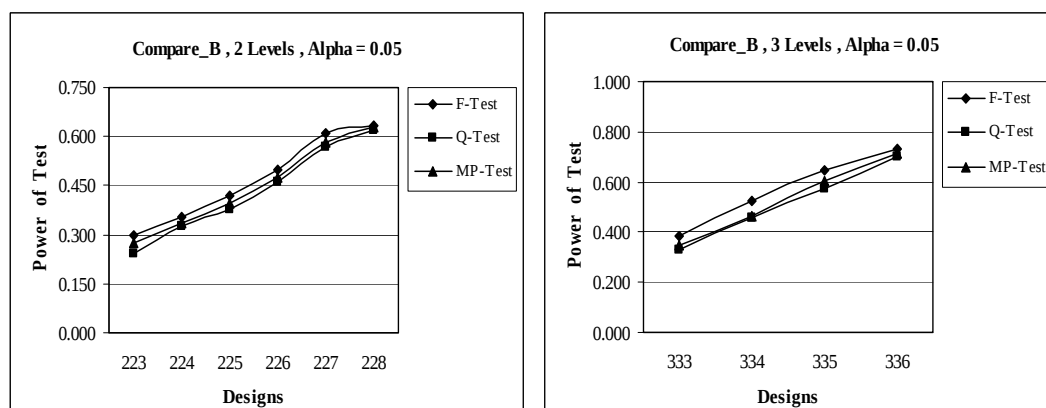


ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2

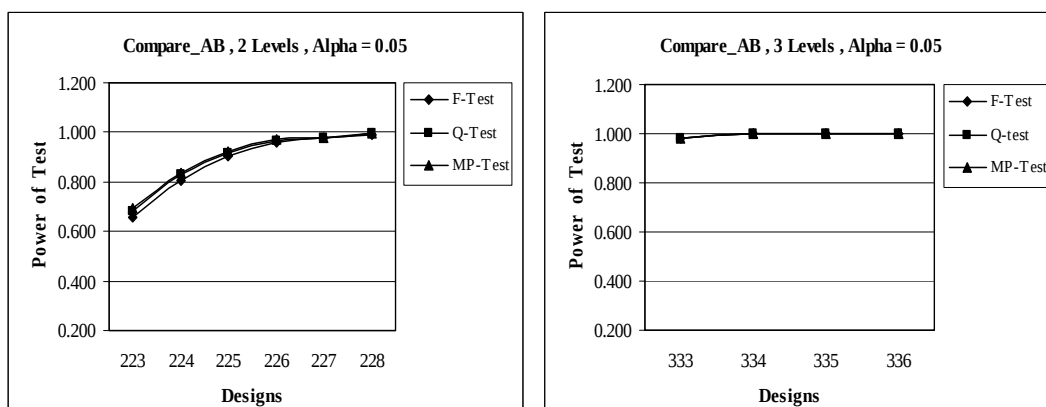
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 6.0

2) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางยาว

จากตารางที่ 40-41 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 9-10 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 และ 6.0 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ส่วนสถิติทดสอบ MP และสถิติทดสอบ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ MP และสถิติทดสอบ Q ซึ่งสถิติทั้ง 2 วิธีนี้ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

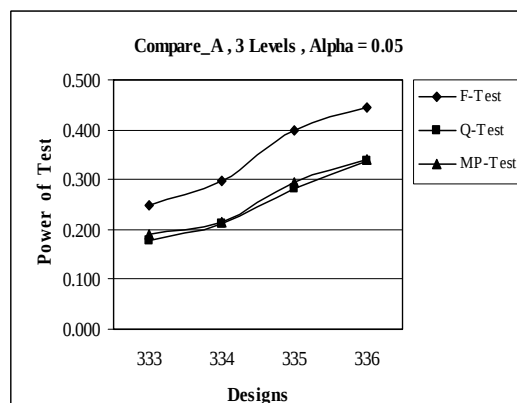
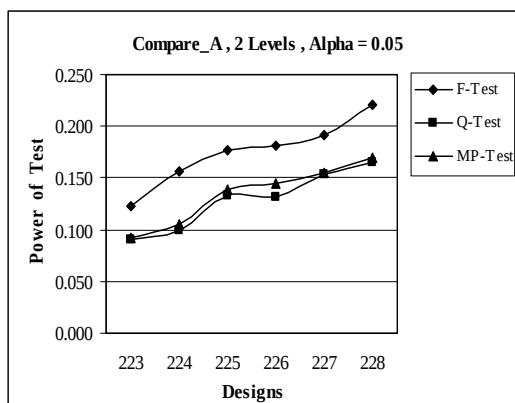
พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ Q และ MP ซึ่งให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อความโด่งของการแจกแจงเท่ากับ 6.0 สถิติทดสอบ MP จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ F และ Q ตามลำดับ และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นจนเท่ากับ 32 สถิติทดสอบ F , Q และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ส่วนเมื่อพิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความ

โด่งเท่ากับ 5.2 สถิติทดสอบ F , Q และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันจนมีค่าเท่ากัน เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 , 45 และ 54 เมื่อการแจกแจงมีค่าความโด่งเท่ากับ 6.0 สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันมากจนมีค่าเท่ากันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 45 และ 54

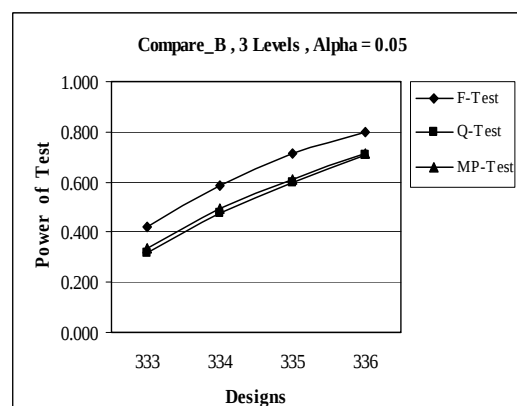
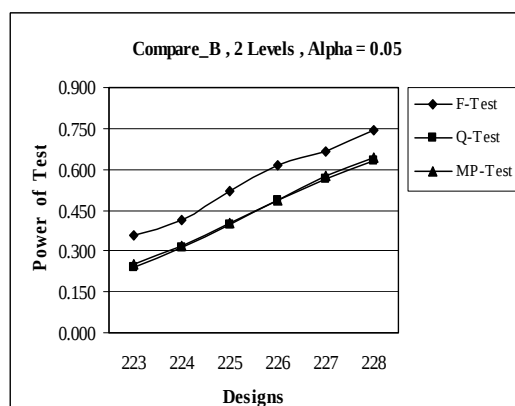
ตารางที่ 42 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	12.3	9.0	9.2
224	16	15.6	9.9	10.5
225	20	17.7	13.3	13.9
226	24	18.1	13.2	14.5
227	28	19.2	15.3	15.5
228	32	22.1	16.5	16.9
333	27	25.0	17.9	19.1
334	36	29.8	21.3	21.6
335	45	39.8	28.2	29.5
336	54	44.5	33.6	34.1
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	35.5	23.8	25.4
224	16	41.1	31.2	32.0
225	20	52.1	39.6	40.2
226	24	61.4	48.4	48.5
227	28	66.6	56.4	57.5
228	32	74.4	63.4	64.5
333	27	41.9	31.6	33.6
334	36	58.3	47.7	49.1
335	45	71.6	59.9	61.0
336	54	79.8	70.5	71.6
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	81.6	69.6	69.9
224	16	93.0	82.6	85.3
225	20	97.8	93.6	94.3
226	24	99.3	97.7	98.1
227	28	100.0	99.5	99.6
228	32	99.9	99.8	99.9
333	27	100.0	99.7	99.7
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

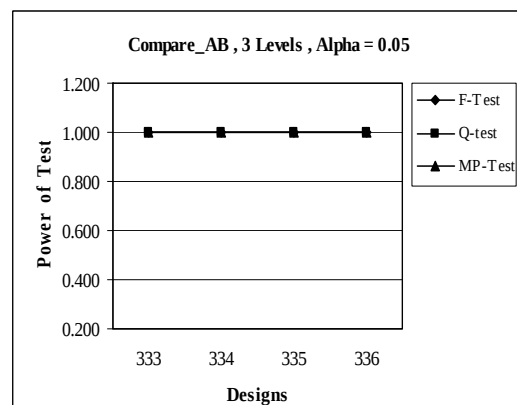
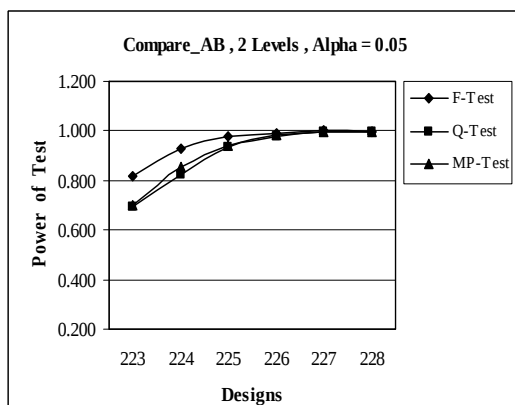
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.0

3) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางสั้น

จากตารางที่ 42 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบรองลงมาก็คือสถิติทดสอบ MP ส่วนสถิติทดสอบ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบรองลงมาก็คือสถิติทดสอบ MP ส่วนสถิติทดสอบ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบรองลงมาก็คือสถิติทดสอบ MP ส่วนสถิติทดสอบ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จะสูงขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกัน และแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็น 36, 45 และ 54 สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน

ตารางที่ 43 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	15.9	10.6	11.4
224	16	15.4	11.8	12.3
225	20	17.3	13.3	13.5
226	24	19.0	15.5	14.7
227	28	22.1	16.3	17.3
228	32	24.1	18.0	17.9
333	27	26.0	19.5	19.7
334	36	32.7	22.8	23.6
335	45	39.6	28.2	29.0
336	54	46.7	36.5	37.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	36.7	27.7	27.4
224	16	43.6	34.6	34.8
225	20	52.8	42.1	42.6
226	24	60.6	49.6	50.9
227	28	67.4	58.3	59.4
228	32	75.8	65.9	67.2
333	27	45.3	34.9	36.1
334	36	58.3	48.1	48.5
335	45	71.9	60.3	63.1
336	54	77.8	68.3	69.2
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	84.3	74.4	76.3
224	16	91.4	86.4	87.0
225	20	96.8	95.6	95.7
226	24	98.7	97.5	97.6
227	28	99.4	98.9	98.9
228	32	99.9	99.8	99.8
333	27	99.9	99.0	99.5
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 44 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	14.9	10.2	11.6
224	16	14.4	10.0	10.0
225	20	17.1	11.3	13.2
226	24	19.1	16.1	15.6
227	28	20.4	16.2	16.9
228	32	23.1	17.6	18.6
333	27	26.1	20.0	20.2
334	36	32.6	23.5	24.8
335	45	40.0	29.0	30.1
336	54	44.7	32.7	33.9
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	34.4	27.5	28.5
224	16	44.5	33.5	35.4
225	20	52.9	43.6	45.1
226	24	57.2	49.7	50.2
227	28	66.7	58.0	60.6
228	32	71.6	63.6	65.0
333	27	42.4	35.4	35.1
334	36	59.2	51.4	53.9
335	45	67.9	60.0	62.2
336	54	77.1	69.4	70.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	82.6	75.1	76.4
224	16	89.8	86.0	87.0
225	20	95.5	93.9	94.4
226	24	98.9	98.3	98.4
227	28	99.4	99.2	99.1
228	32	99.9	99.6	99.7
333	27	99.0	98.5	98.8
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 45 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	15.5	9.9	11.2
224	16	15.0	11.6	12.4
225	20	16.9	12.2	12.6
226	24	18.1	14.4	15.3
227	28	19.7	16.0	16.3
228	32	22.0	17.5	17.6
333	27	23.8	19.2	21.0
334	36	31.5	25.4	25.4
335	45	37.0	29.2	30.6
336	54	45.6	35.3	36.1
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	34.9	25.4	26.6
224	16	41.1	35.2	35.7
225	20	50.1	43.2	43.1
226	24	55.5	48.6	50.0
227	28	61.5	55.7	57.8
228	32	69.1	62.8	64.5
333	27	38.9	32.8	34.3
334	36	57.1	50.9	52.7
335	45	68.5	61.3	62.6
336	54	76.4	69.0	70.1
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	75.4	71.2	73.2
224	16	88.2	87.5	87.8
225	20	93.8	93.3	93.3
226	24	96.6	96.3	96.5
227	28	99.1	99.0	99.0
228	32	99.8	99.6	99.6
333	27	99.6	99.1	99.3
334	36	99.9	99.9	99.8
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 46 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	12.3	9.7	10.7
224	16	12.6	11.5	10.9
225	20	16.6	14.3	14.8
226	24	19.8	17.0	17.3
227	28	17.2	16.6	16.5
228	32	19.4	17.9	18.0
333	27	23.4	16.7	17.9
334	36	30.0	22.6	23.4
335	45	36.7	28.7	29.3
336	54	44.2	35.2	36.1
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	28.8	25.8	25.4
224	16	36.0	33.4	35.0
225	20	45.6	41.1	42.0
226	24	50.3	46.9	48.0
227	28	59.2	56.5	57.3
228	32	68.6	62.6	64.4
333	27	40.0	31.8	32.3
334	36	52.8	47.5	49.8
335	45	66.7	60.8	62.8
336	54	75.2	72.2	73.5
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	70.4	69.6	71.7
224	16	82.6	83.9	83.9
225	20	91.3	91.1	91.7
226	24	95.4	96.6	97.0
227	28	97.4	99.1	98.2
228	32	99.4	99.8	99.8
333	27	98.0	97.9	98.3
334	36	99.7	99.7	99.7
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 47 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	15.2	10.3	10.1
224	16	16.1	13.0	12.2
225	20	17.8	13.6	13.6
226	24	19.6	15.2	16.2
227	28	19.8	15.5	15.6
228	32	26.0	19.3	20.0
333	27	27.0	18.7	19.6
334	36	35.6	26.4	27.5
335	45	41.4	29.9	30.7
336	54	45.2	33.5	34.3
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	38.0	28.9	28.6
224	16	46.8	37.8	38.5
225	20	51.8	40.3	42.6
226	24	60.6	52.3	52.4
227	28	67.2	58.2	59.9
228	32	74.1	65.1	67.4
333	27	47.4	37.3	39.0
334	36	59.3	48.4	49.7
335	45	70.2	59.9	62.5
336	54	80.3	70.6	73.2
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	85.1	77.0	76.8
224	16	92.8	89.5	89.8
225	20	97.7	94.9	95.3
226	24	98.8	98.2	98.4
227	28	99.2	99.0	99.1
228	32	99.8	99.3	99.7
333	27	99.8	99.5	99.5
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 48 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	14.0	8.4	9.9
224	16	14.6	9.7	11.0
225	20	17.6	12.7	13.1
226	24	19.7	15.6	15.7
227	28	21.5	16.1	16.4
228	32	22.6	18.8	18.2
333	27	27.9	19.8	21.4
334	36	34.2	24.9	25.0
335	45	37.3	29.2	28.8
336	54	46.7	38.0	38.5
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	37.0	25.9	28.0
224	16	44.5	37.6	38.3
225	20	52.0	42.7	44.8
226	24	62.5	52.0	54.0
227	28	67.5	58.5	61.6
228	32	70.7	63.7	65.0
333	27	48.4	38.8	41.2
334	36	60.6	51.8	53.7
335	45	70.9	61.7	63.7
336	54	81.8	75.4	76.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	81.4	75.2	75.9
224	16	91.9	89.0	89.3
225	20	95.7	94.0	94.5
226	24	99.2	98.8	98.9
227	28	99.7	99.5	99.5
228	32	99.8	99.8	99.7
333	27	99.6	99.3	99.5
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 49 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	12.0	9.8	9.6
224	16	14.4	10.8	11.7
225	20	16.9	13.1	13.6
226	24	18.4	15.0	15.1
227	28	21.0	15.5	15.9
228	32	22.9	18.1	18.3
333	27	26.4	21.3	21.4
334	36	31.8	22.8	24.6
335	45	40.9	31.7	33.0
336	54	45.7	36.5	36.2
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	32.1	23.4	24.4
224	16	41.1	32.8	34.5
225	20	49.7	41.2	44.6
226	24	59.3	51.1	52.8
227	28	64.2	57.9	58.7
228	32	71.4	66.8	67.4
333	27	40.7	33.0	34.5
334	36	58.3	50.4	52.2
335	45	67.9	59.9	61.9
336	54	78.4	72.9	74.7
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	76.5	71.4	73.4
224	16	89.9	87.2	88.1
225	20	95.1	94.1	94.8
226	24	98.1	97.8	98.0
227	28	98.3	98.6	98.7
228	32	99.9	99.3	99.8
333	27	99.6	98.9	99.3
334	36	99.9	99.9	99.9
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 50 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	12.1	8.5	9.4
224	16	16.1	11.5	11.3
225	20	16.5	14.6	12.9
226	24	19.0	15.5	16.1
227	28	19.4	16.0	16.0
228	32	22.6	17.7	18.4
333	27	23.1	17.4	18.9
334	36	31.4	23.9	25.0
335	45	36.9	28.8	28.1
336	54	41.6	34.1	34.5
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	32.7	27.2	28.5
224	16	40.8	34.1	35.9
225	20	45.7	42.9	43.3
226	24	55.2	49.5	50.8
227	28	60.1	54.7	55.7
228	32	69.1	65.1	66.8
333	27	36.7	29.9	31.7
334	36	56.7	50.8	53.0
335	45	68.3	63.2	64.5
336	54	78.7	71.7	72.3
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	73.7	69.6	70.9
224	16	85.3	86.3	86.4
225	20	92.6	91.9	93.2
226	24	97.9	98.4	98.5
227	28	99.0	99.0	99.3
228	32	99.4	99.6	99.7
333	27	98.6	97.5	97.8
334	36	100.0	99.8	99.8
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 51 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	16.1	11.8	11.1
224	16	16.5	12.2	11.6
225	20	17.7	14.0	13.4
226	24	20.0	15.2	15.4
227	28	21.7	15.6	15.8
228	32	22.8	17.3	16.6
333	27	27.0	20.0	19.2
334	36	32.9	23.0	23.4
335	45	38.8	27.1	27.8
336	54	45.0	34.6	34.5
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	38.1	24.2	25.7
224	16	45.9	33.8	34.2
225	20	54.1	44.9	47.6
226	24	60.8	51.5	52.1
227	28	68.4	59.7	58.9
228	32	74.6	66.1	67.1
333	27	47.6	36.8	37.6
334	36	63.1	50.3	52.0
335	45	71.4	63.4	64.1
336	54	80.5	74.4	75.7
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	84.9	75.1	76.8
224	16	93.3	89.5	89.7
225	20	98.3	96.5	97.2
226	24	99.2	97.5	98.0
227	28	99.4	99.3	99.2
228	32	99.9	99.4	99.6
333	27	97.7	99.8	99.5
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 52 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโค้งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	15.3	9.0	10.2
224	16	15.6	10.7	11.4
225	20	19.4	12.5	12.7
226	24	19.9	14.2	14.6
227	28	20.3	16.6	17.1
228	32	24.8	19.4	19.4
333	27	27.5	19.3	20.1
334	36	34.6	26.4	28.0
335	45	41.1	30.6	31.5
336	54	46.5	35.1	35.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	40.1	29.4	29.8
224	16	44.7	35.2	35.9
225	20	56.7	46.8	47.6
226	24	61.8	52.8	55.3
227	28	69.0	58.8	59.7
228	32	73.6	65.1	66.0
333	27	48.9	38.6	39.4
334	36	57.0	47.3	48.9
335	45	69.9	61.4	63.5
336	54	79.7	74.1	75.7
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	86.4	77.4	79.4
224	16	93.3	89.6	89.6
225	20	97.6	95.2	95.9
226	24	99.0	98.0	98.1
227	28	99.5	99.0	99.0
228	32	99.9	99.9	99.9
333	27	99.9	99.0	99.1
334	36	99.9	99.9	99.9
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

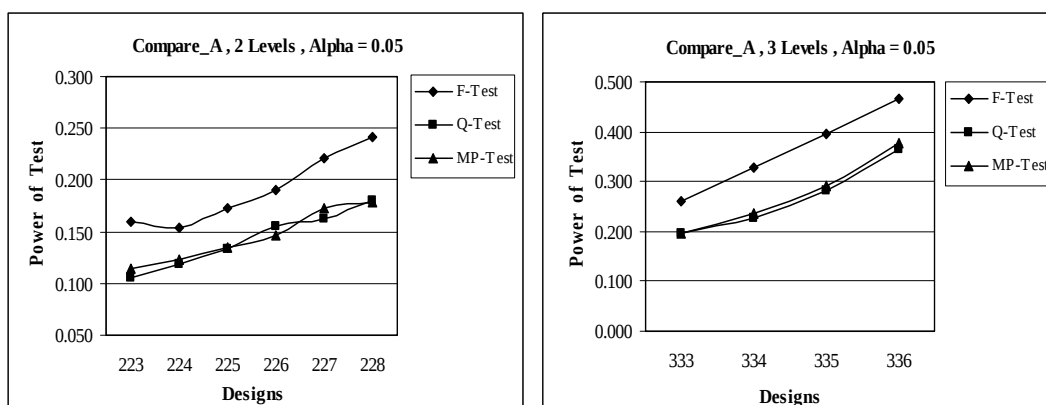
ตารางที่ 53 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	11.2	8.8	9.6
224	16	13.6	13.4	12.5
225	20	14.6	12.7	13.8
226	24	15.0	13.3	14.2
227	28	16.0	14.0	14.3
228	32	17.5	14.4	15.2
333	27	19.1	15.4	17.3
334	36	24.6	20.9	21.3
335	45	31.4	25.5	25.8
336	54	32.8	27.0	27.2
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	32.0	26.2	27.0
224	16	40.4	35.5	37.1
225	20	41.9	37.1	38.1
226	24	45.6	40.1	41.3
227	28	51.5	47.4	48.2
228	32	59.7	54.5	55.7
333	27	33.9	29.6	30.6
334	36	46.1	39.6	40.8
335	45	53.5	48.6	50.6
336	54	62.5	60.4	61.4
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	65.3	63.2	65.2
224	16	91.7	90.2	89.7
225	20	92.4	90.1	90.2
226	24	94.3	94.9	96.1
227	28	97.1	97.4	97.2
228	32	98.0	97.7	97.8
333	27	96.3	95.5	96.0
334	36	99.5	99.4	99.5
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

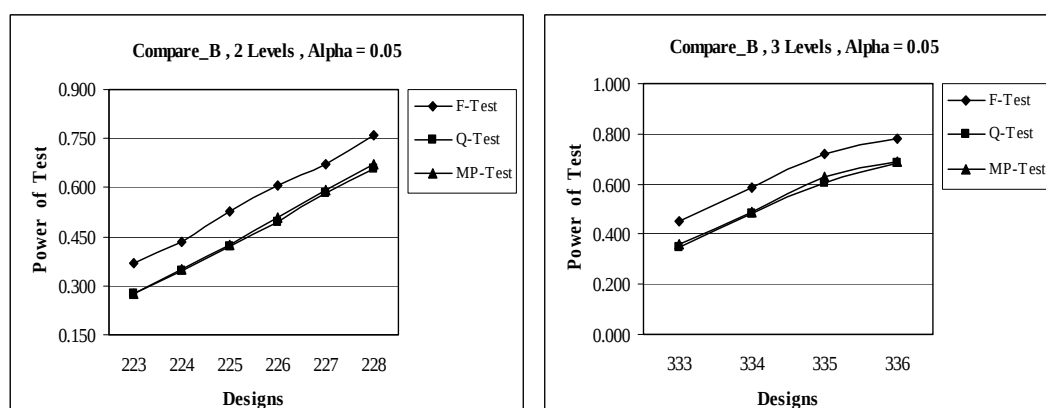
ตารางที่ 54 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	13.4	11.4	11.6
224	16	14.0	12.9	13.0
225	20	16.3	12.0	12.4
226	24	17.4	13.1	13.9
227	28	20.2	16.5	16.4
228	32	23.4	20.0	19.6
333	27	25.2	19.5	21.5
334	36	32.5	23.4	24.5
335	45	38.3	30.1	30.5
336	54	46.5	35.7	36.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	32.9	26.9	27.8
224	16	40.0	32.8	34.5
225	20	52.4	45.5	45.9
226	24	59.7	52.4	53.1
227	28	65.4	59.6	59.9
228	32	70.1	61.4	65.3
333	27	45.6	35.9	37.6
334	36	61.3	51.6	54.8
335	45	69.6	63.1	64.4
336	54	79.1	73.3	76.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	73.4	72.2	73.0
224	16	87.6	88.8	89.0
225	20	96.0	95.5	96.0
226	24	98.9	98.1	98.6
227	28	99.5	99.2	99.4
228	32	99.9	99.8	99.9
333	27	99.5	98.7	98.7
334	36	100.0	99.9	99.9
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

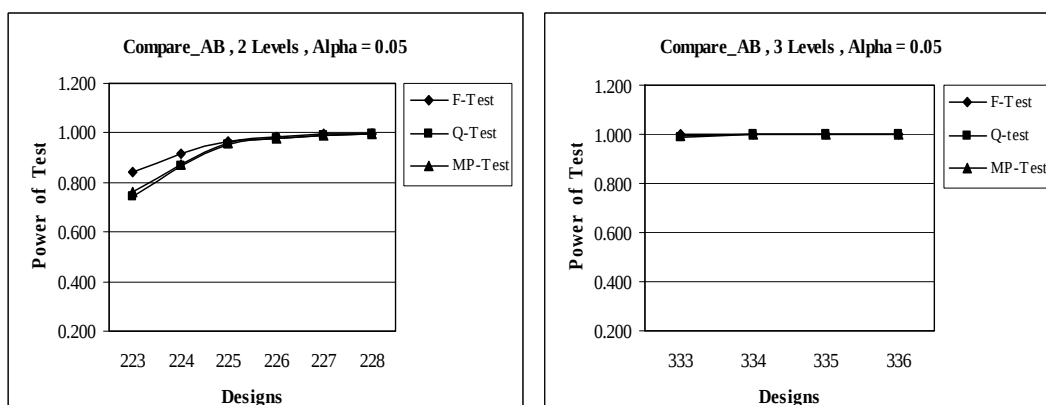
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

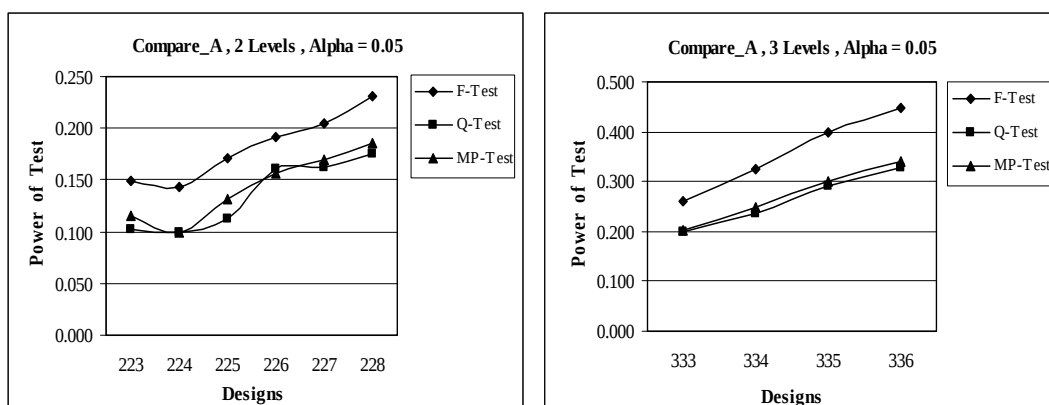


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

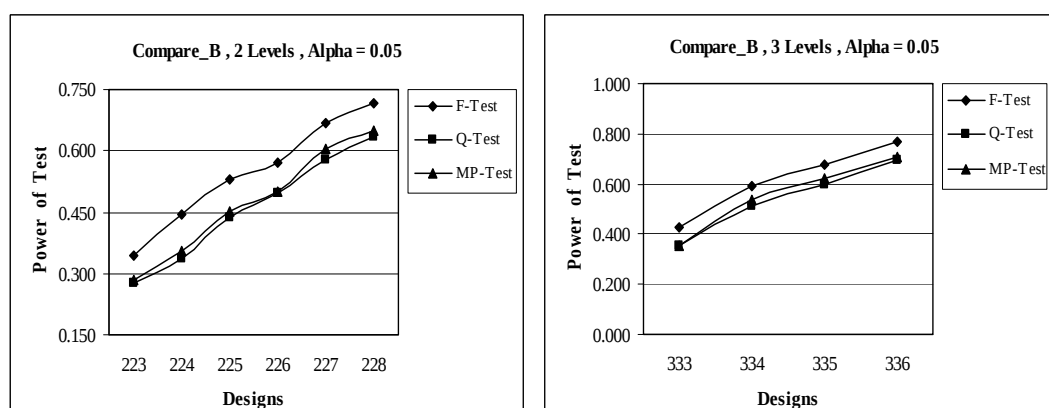


ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 3.6

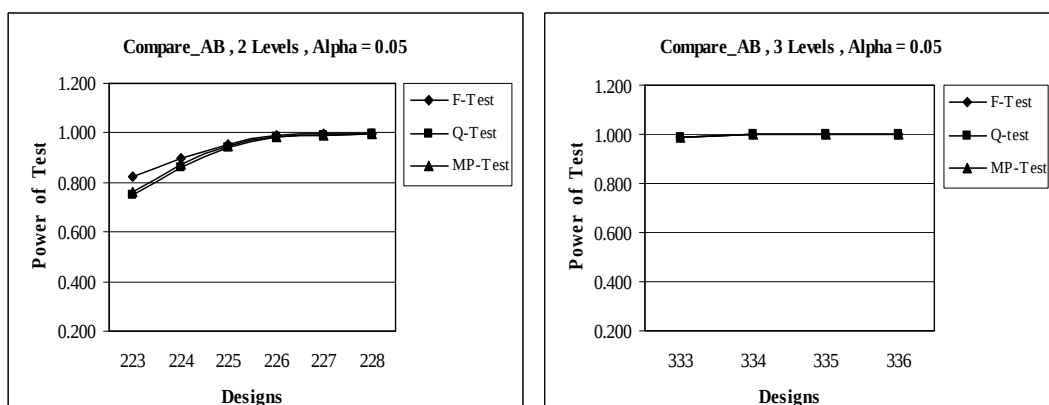
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

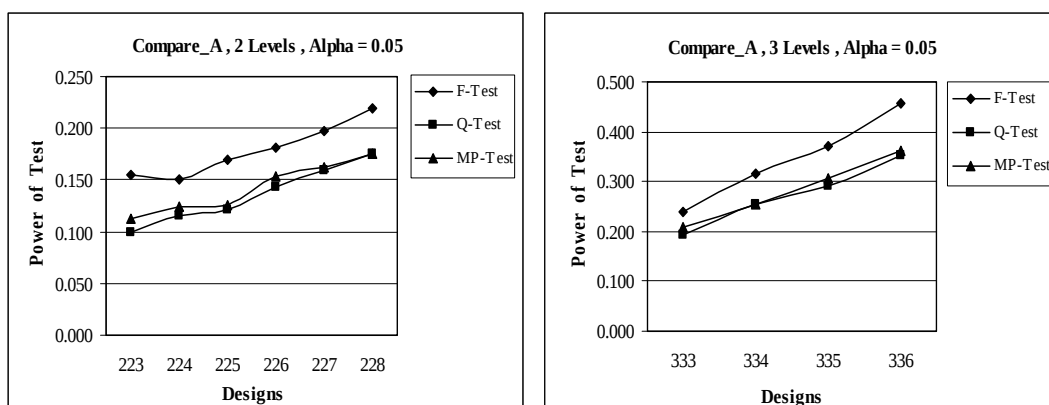


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

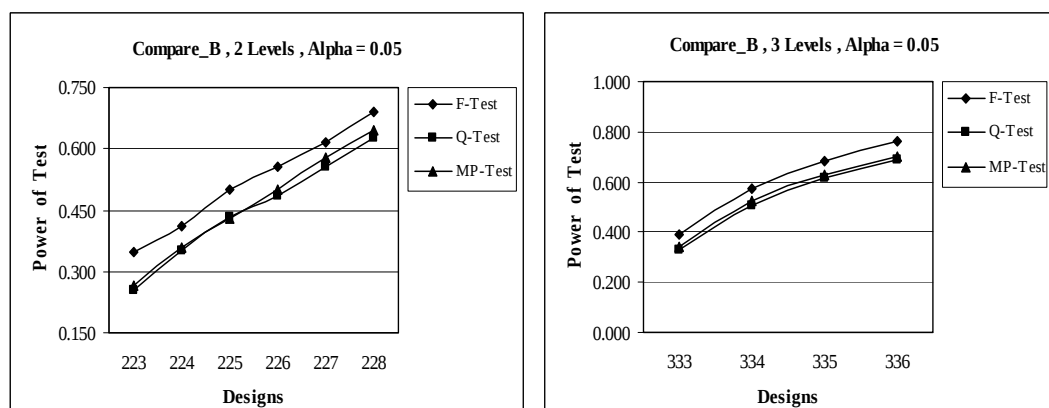


ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 4.4

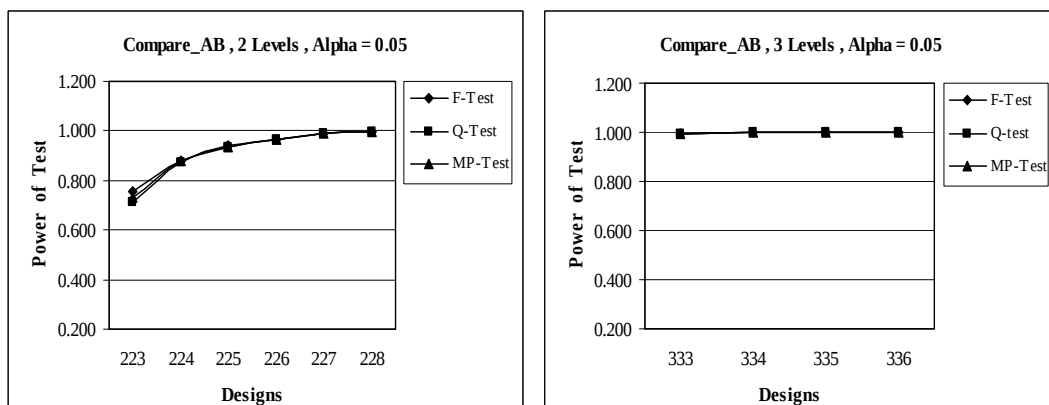
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

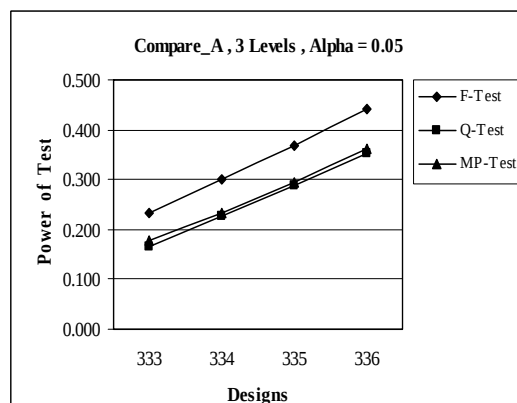
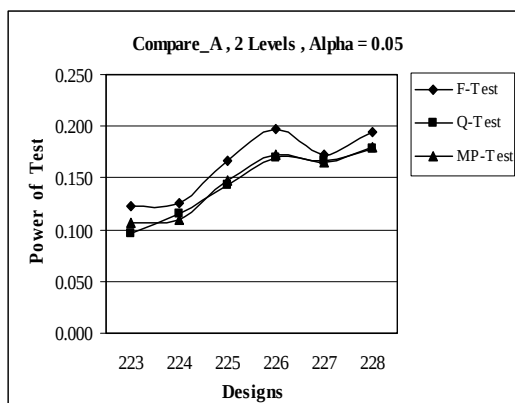


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

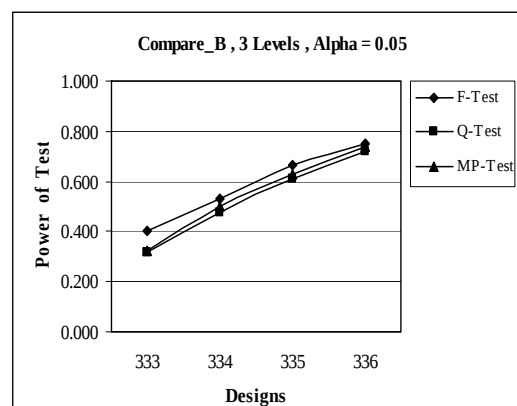
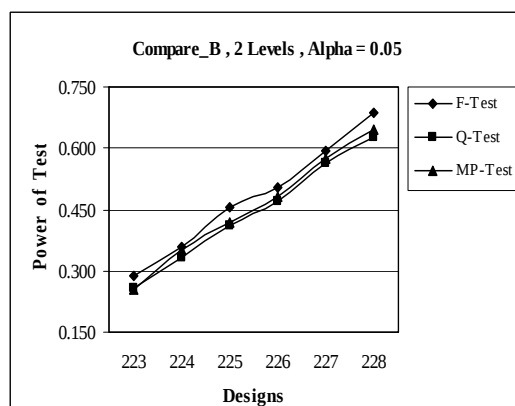


ภาพที่ 14 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 5.2

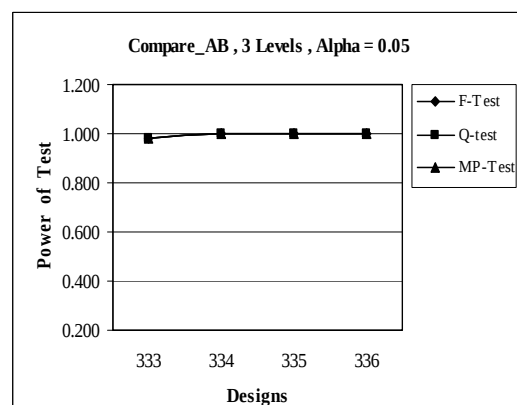
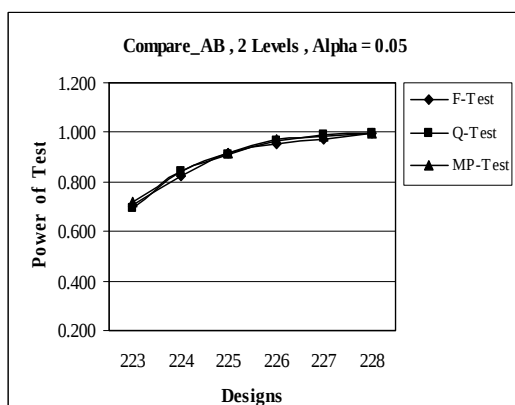
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

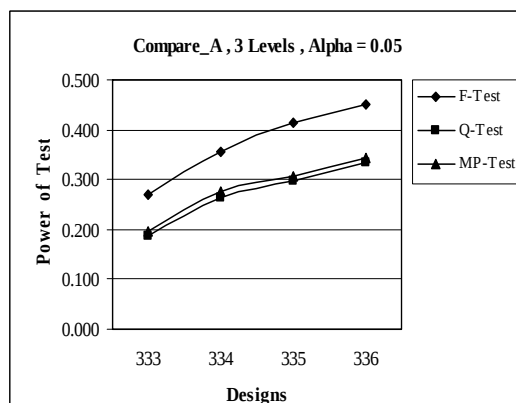
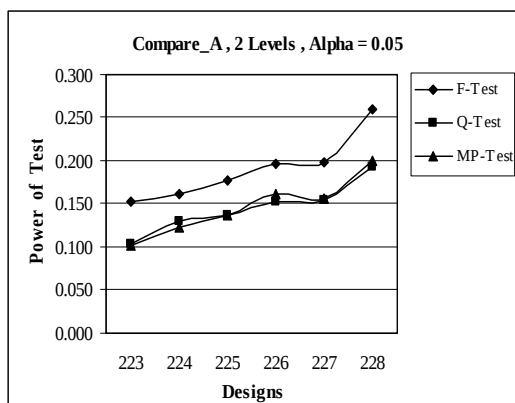


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

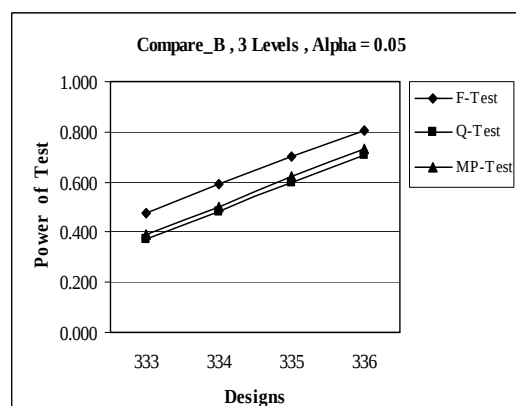
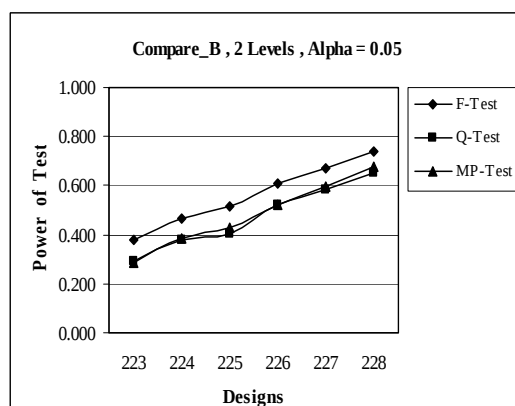


ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 6.0

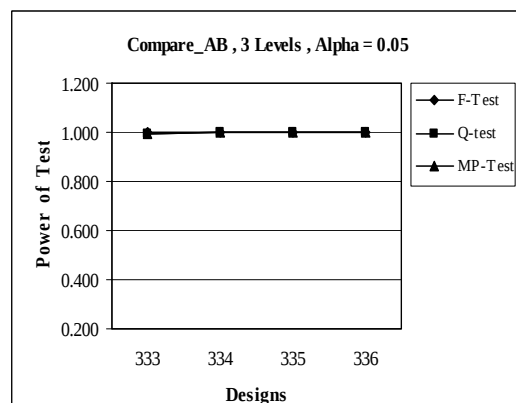
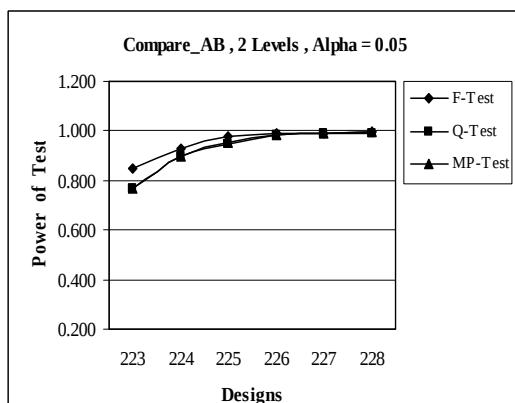
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

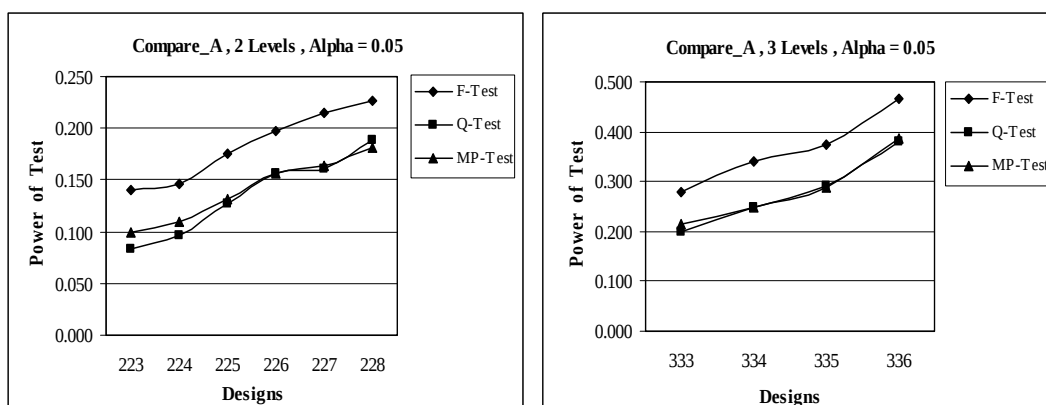


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

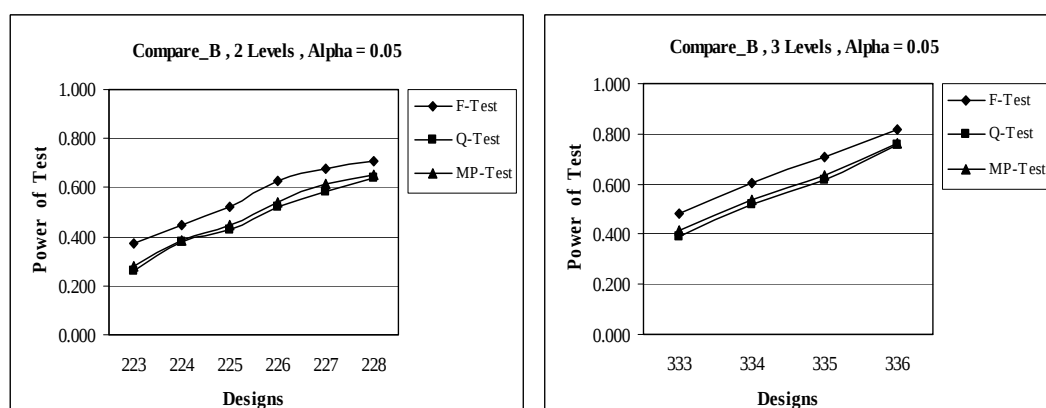


ภาพที่ 16 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโด่งเท่ากับ 3.6

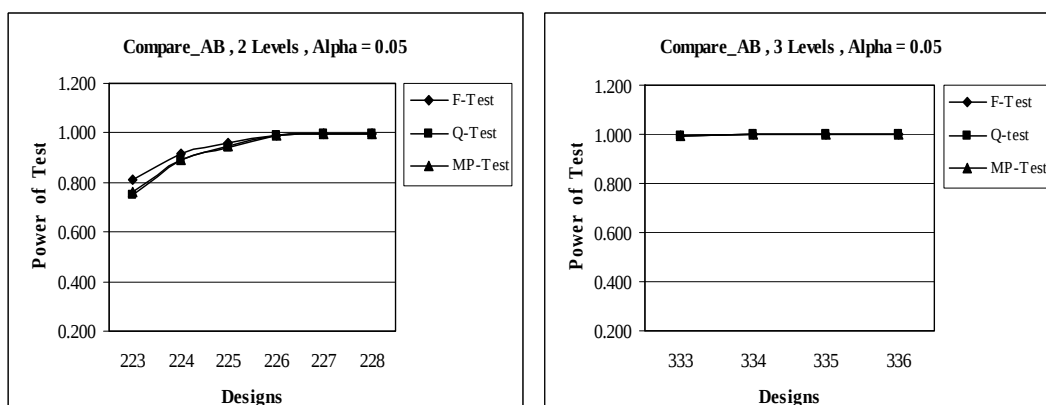
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

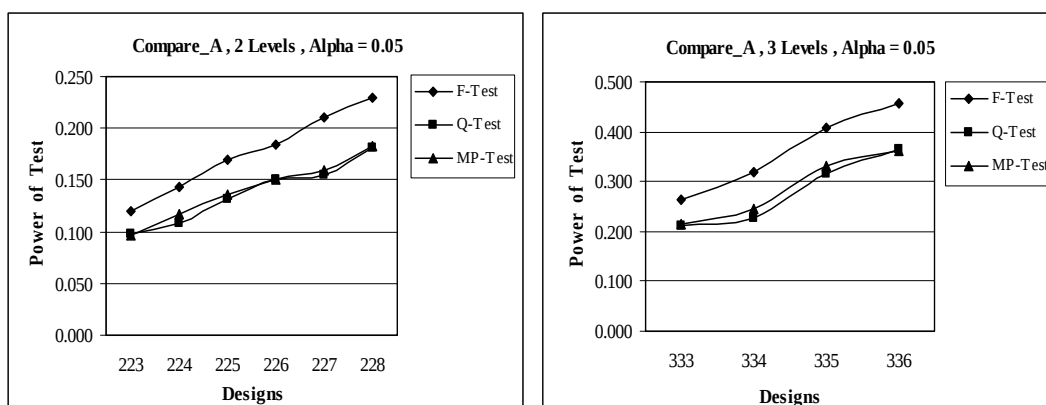


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

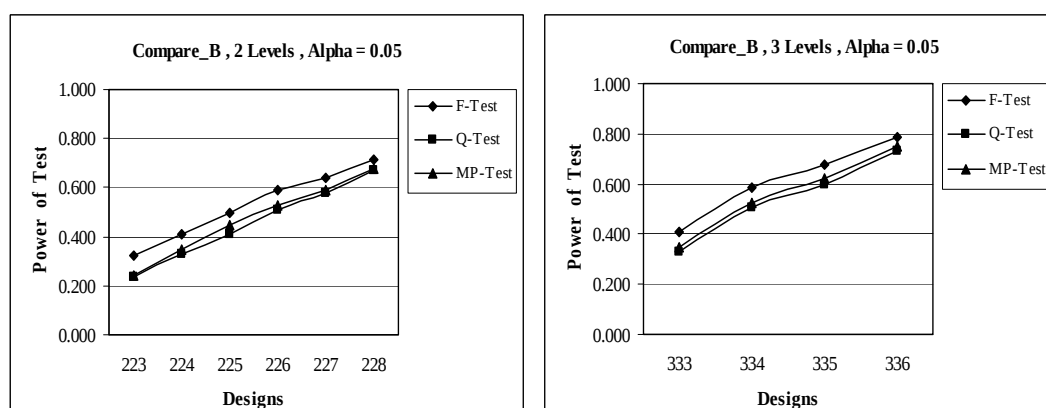


ภาพที่ 17 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโด่งเท่ากับ 4.4

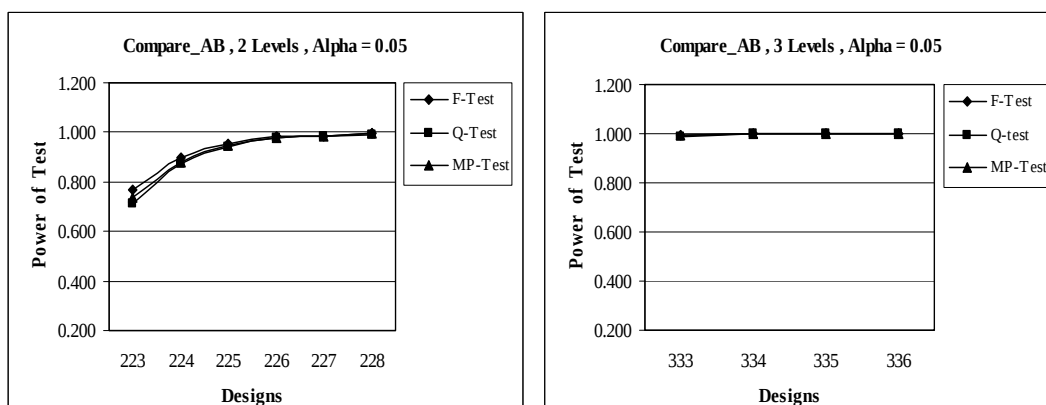
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

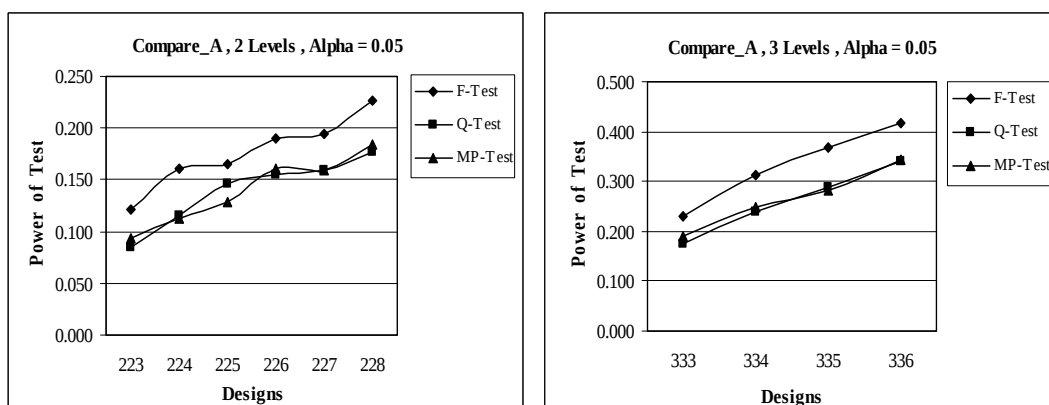


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

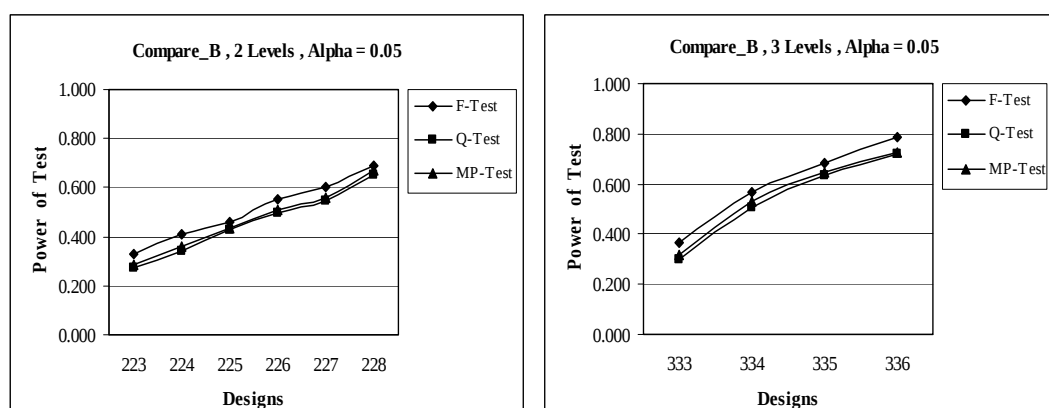


ภาพที่ 18 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโด่งเท่ากับ 5.2

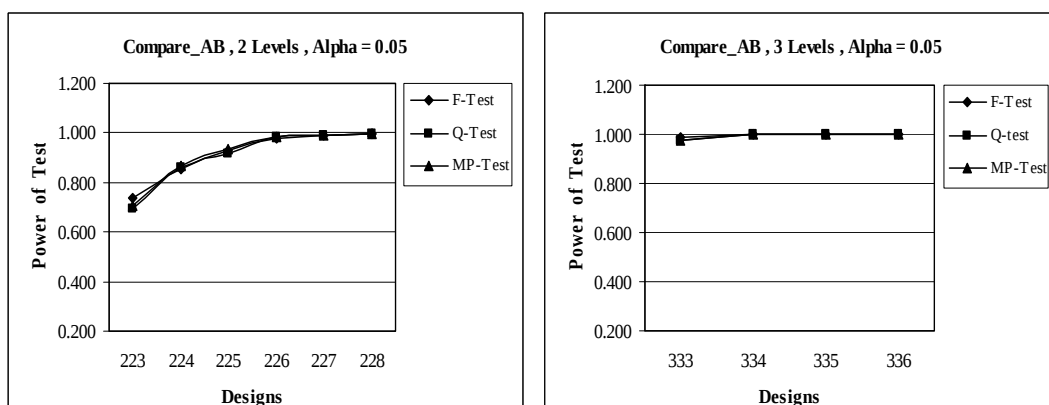
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

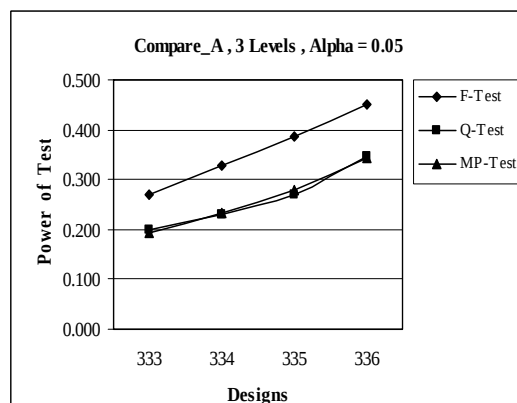
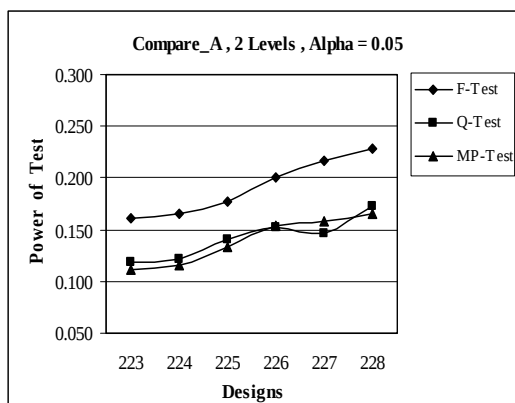


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

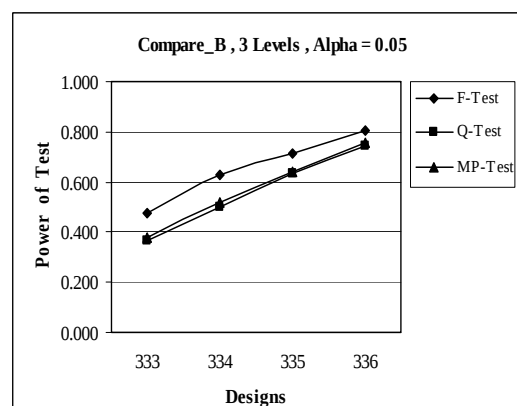
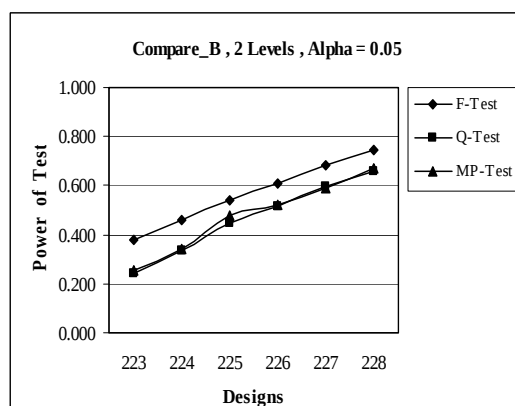


ภาพที่ 19 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโด่งเท่ากับ 6.0

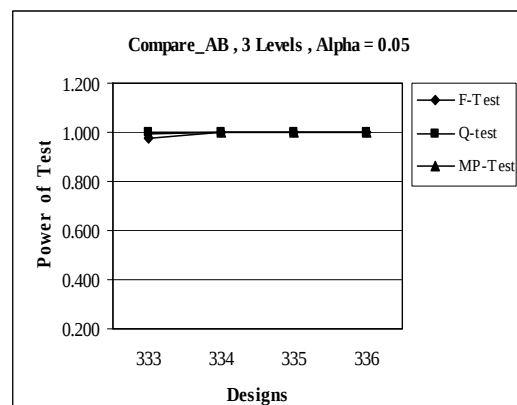
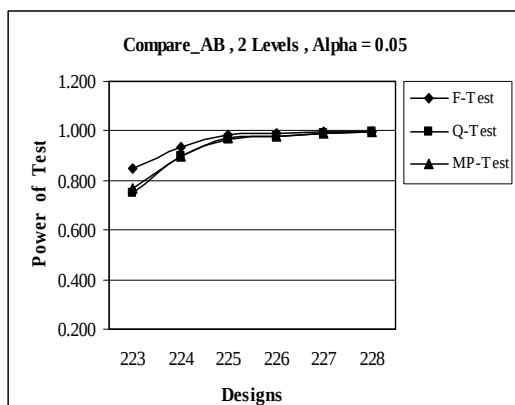
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

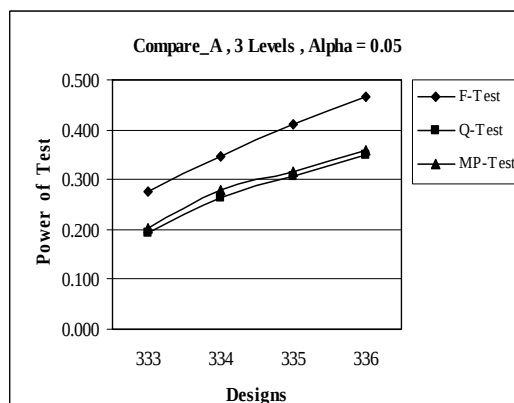
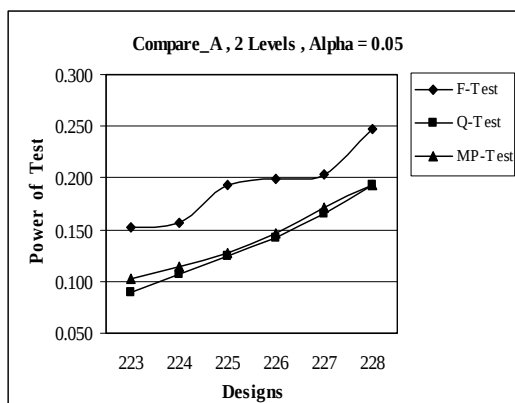


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

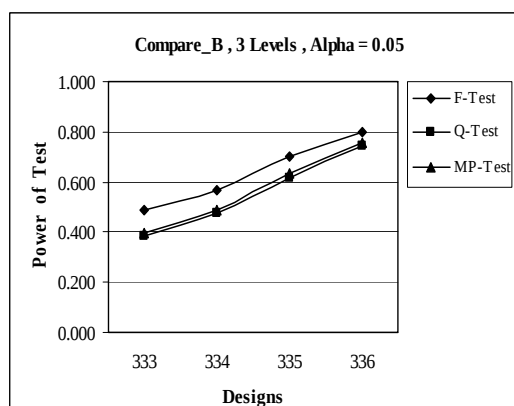
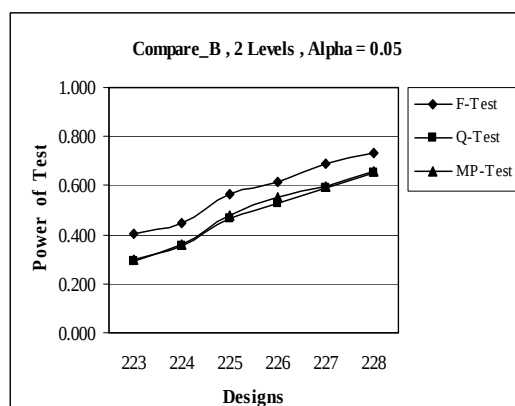


ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 3.6

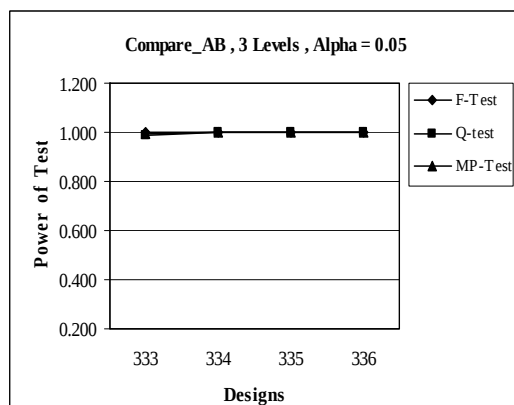
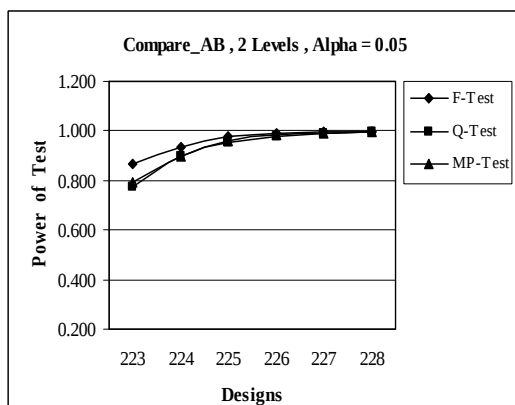
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

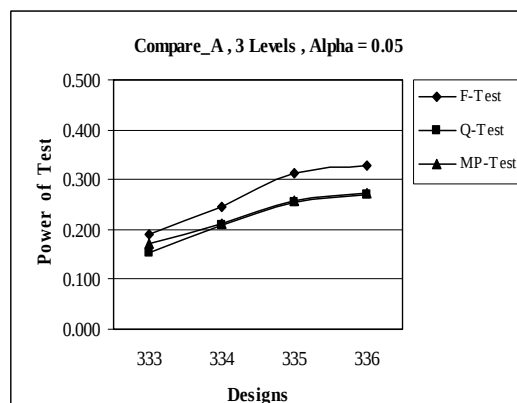
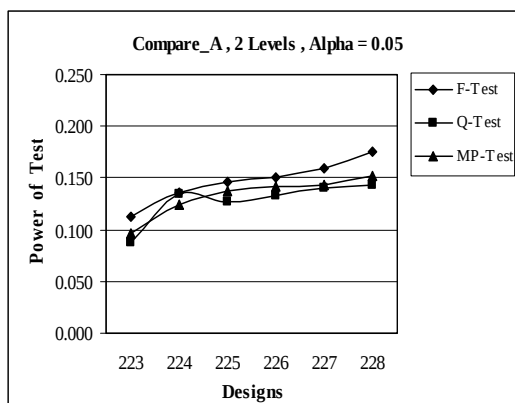


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

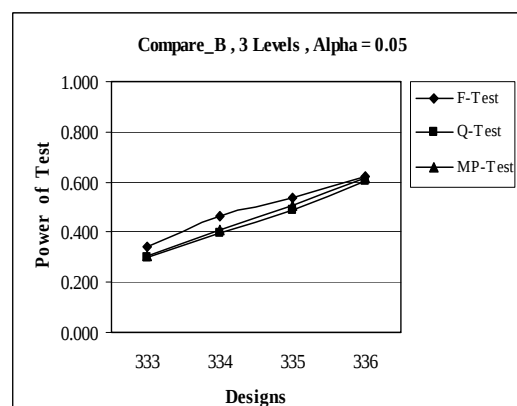
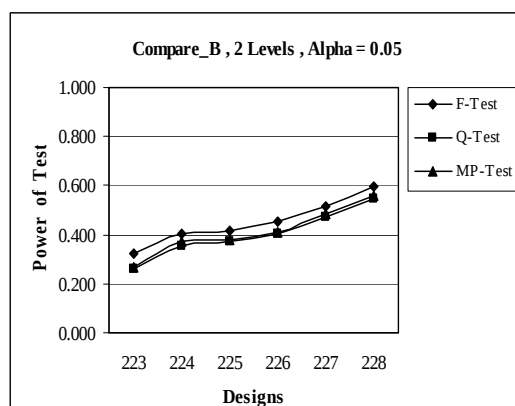


ภาพที่ 21 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 4.4

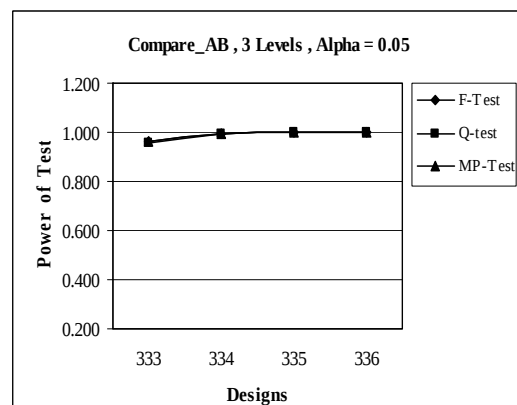
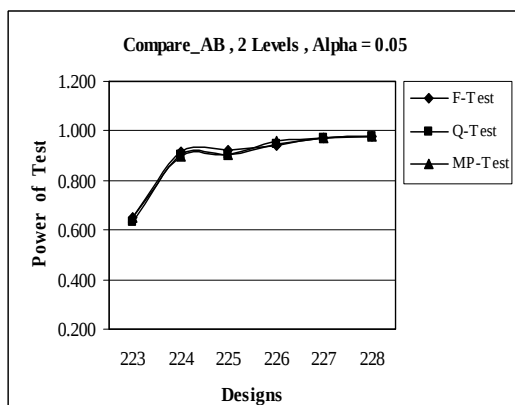
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

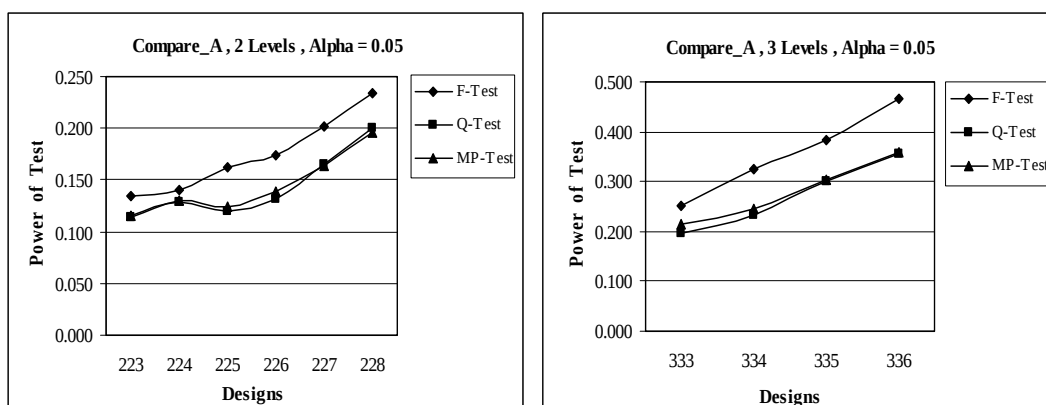


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

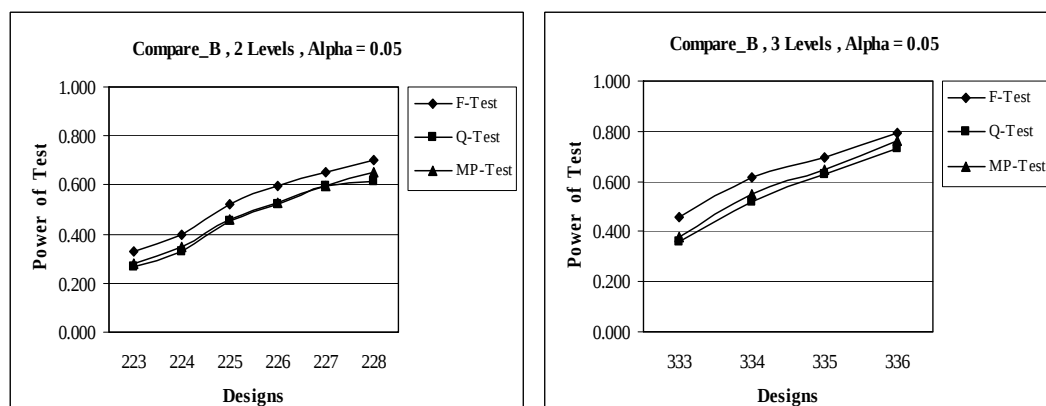


ภาพที่ 22 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 5.2

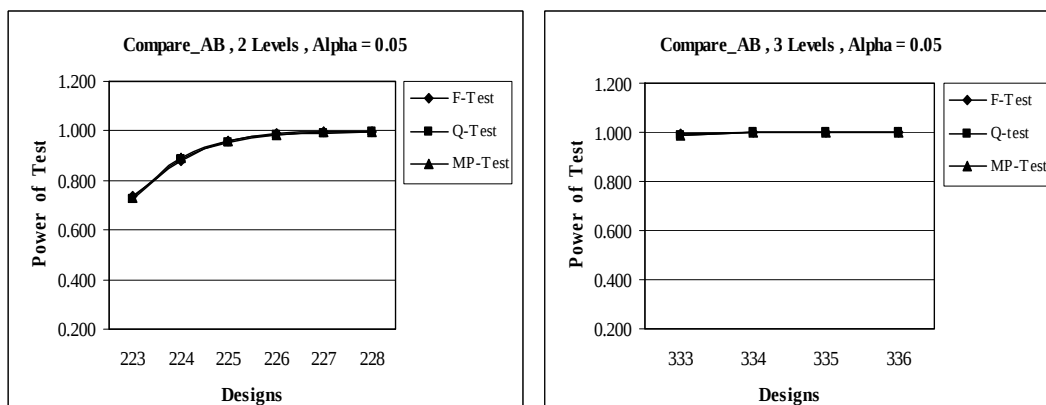
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 23 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 6.0

4) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางยาว

จากตารางที่ 43-54 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 12-23 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และ 1.0 ส่วนความโด่งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ในแต่ละค่าของความเบ้ สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และ 1.0 ส่วนความโด่งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ในแต่ละค่าของความเบ้ สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP สำหรับสถิติทดสอบ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ Q และ MP จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และ 1.0 ส่วนความโด่งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ในแต่ละค่าของความเบ้ สถิติทดสอบ F เป็นสถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือสถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ สถิติทดสอบ F ยังคงเป็นสถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ Q และ MP ซึ่งสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีนี้ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ยกเว้นที่การแจกแจงที่มีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 6.0 สถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือสถิติทดสอบ F และ Q พิจารณาแผน

แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่าในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และ 1.0 ส่วนความโด่งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ในแต่ละค่าของความเบ้ สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ Q และ MP ซึ่งให้ค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 , 45 และ 54 สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน

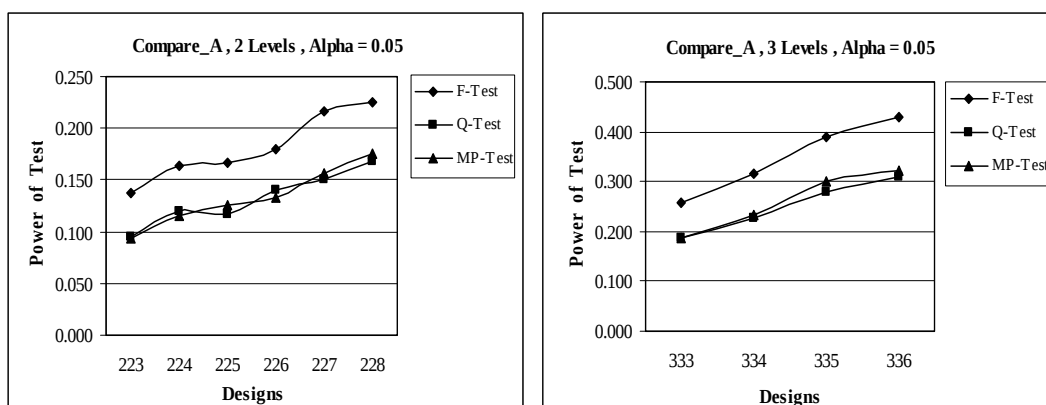
ตารางที่ 55 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 2.8

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	13.8	9.5	9.3
224	16	16.4	12.0	11.5
225	20	16.7	11.7	12.6
226	24	18.0	14.1	13.3
227	28	21.6	15.1	15.7
228	32	22.5	16.8	17.5
333	27	25.8	18.7	18.8
334	36	31.7	22.7	23.2
335	45	39.1	28.0	30.2
336	54	43.0	31.1	32.2
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	38.1	24.4	26.5
224	16	41.9	31.3	32.2
225	20	53.5	42.2	44.8
226	24	59.0	49.4	49.0
227	28	68.8	56.9	57.3
228	32	74.2	64.6	66.0
333	27	46.9	35.1	36.8
334	36	61.4	48.4	49.5
335	45	69.9	62.3	62.8
336	54	80.4	71.9	73.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	82.9	72.4	74.4
224	16	93.7	86.7	88.1
225	20	97.1	94.1	94.7
226	24	99.0	98.1	98.4
227	28	99.9	99.2	99.6
228	32	100.0	99.7	99.9
333	27	100.0	99.1	99.2
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

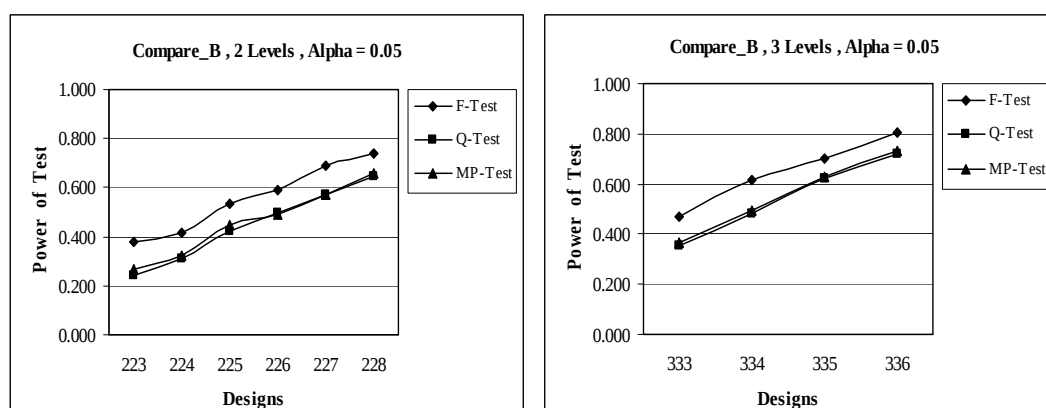
ตารางที่ 56 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 2.8

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	15.1	9.1	8.9
224	16	16.3	10.0	12.3
225	20	15.8	10.7	11.1
226	24	17.5	13.3	13.9
227	28	20.9	16.3	16.3
228	32	28.7	14.5	15.0
333	27	25.2	17.5	18.7
334	36	33.9	23.7	24.0
335	45	41.6	29.4	30.7
336	54	44.5	32.8	33.9
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	37.6	28.2	29.2
224	16	45.4	34.9	35.9
225	20	52.6	43.1	43.6
226	24	59.0	48.0	49.1
227	28	67.8	54.8	56.3
228	32	75.7	64.9	66.2
333	27	47.3	36.3	37.2
334	36	61.2	46.6	47.8
335	45	70.8	58.6	62.7
336	54	79.7	70.5	73.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	83.4	74.0	75.2
224	16	94.0	88.8	89.6
225	20	98.4	93.7	94.7
226	24	99.5	98.1	98.5
227	28	99.7	99.2	99.2
228	32	99.8	99.8	99.7
333	27	99.9	99.4	99.4
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

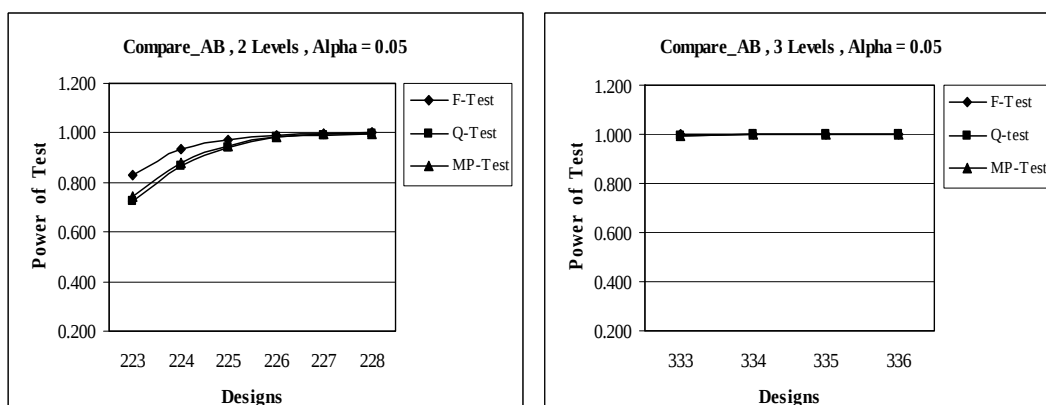
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

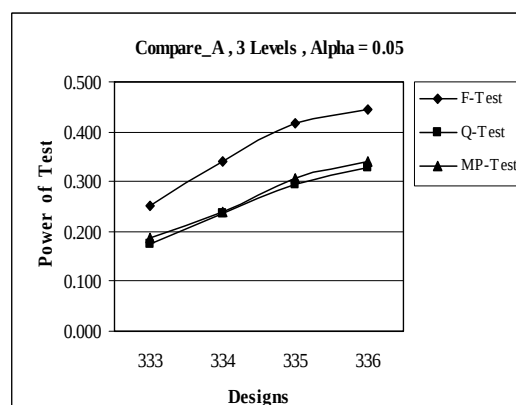
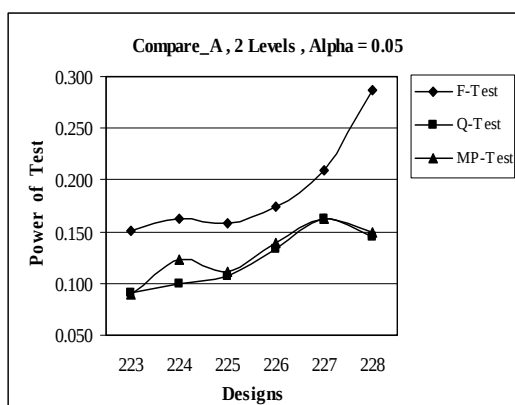


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

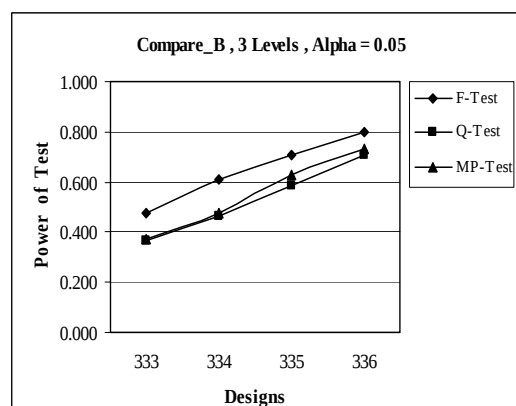
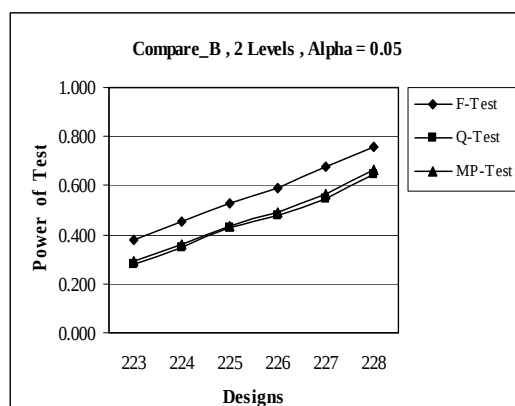


ภาพที่ 24 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 2.8

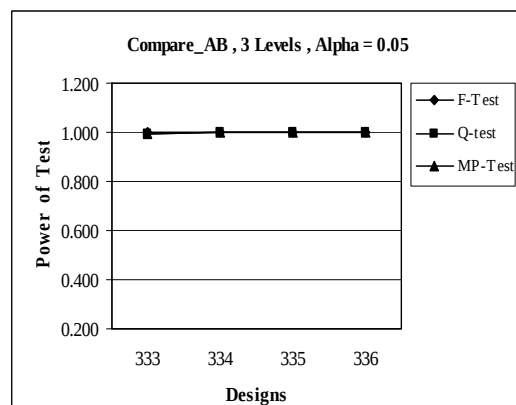
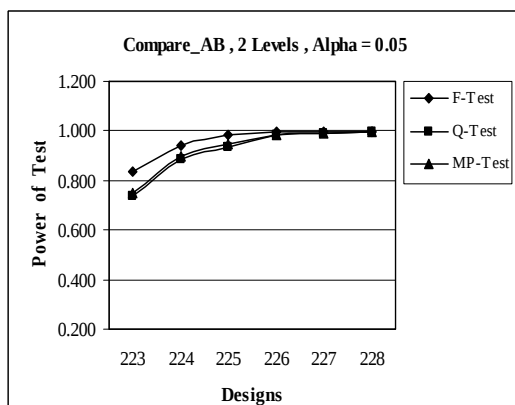
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 25 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโด่งเท่ากับ 2.8

5) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางสั้น

จากตารางที่ 55-56 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 24-25 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP เมื่อพิจารณาที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 16 สถิติทดสอบ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ MP แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นสถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ Q แต่เมื่อความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโด่งเท่าเดิม สถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ Q ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 สำหรับแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และ 0.75 ความโด่งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือสถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และ 0.75 ความโด่งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือสถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะสูงขึ้นด้วย

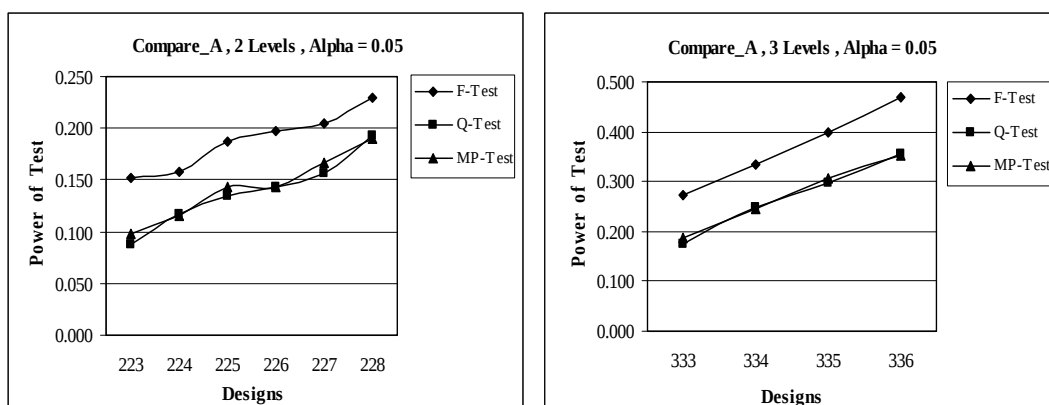
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และ 0.75 ความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือสถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะสูงขึ้น และแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัย 3 ระดับ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 36 , 45 และ 54 สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน

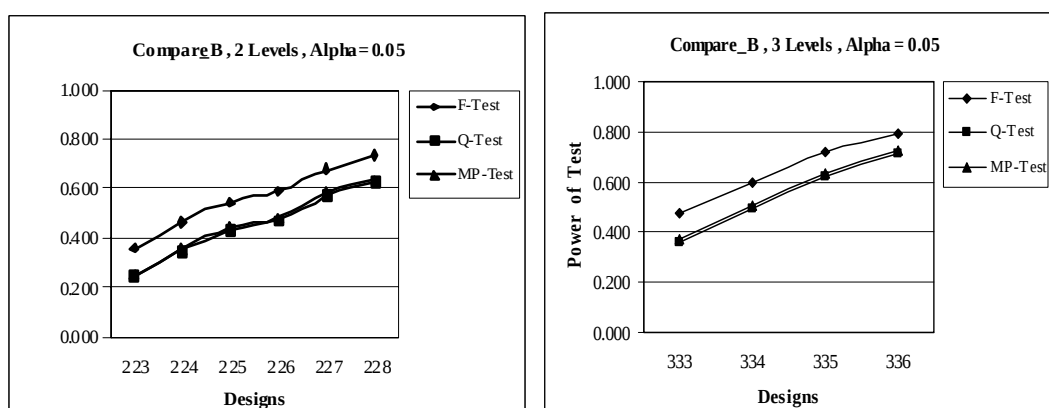
ตารางที่ 57 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	15.2	8.8	9.8
224	16	15.8	11.7	11.5
225	20	18.7	13.5	14.3
226	24	19.7	14.3	14.3
227	28	20.5	15.7	16.6
228	32	22.9	19.3	19.0
333	27	27.3	17.5	18.6
334	36	33.3	24.7	24.6
335	45	39.8	29.8	30.6
336	54	46.8	35.5	35.4
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	36.1	24.8	24.6
224	16	46.2	34.9	35.2
225	20	54.8	42.6	44.2
226	24	59.3	47.2	48.0
227	28	67.5	57.0	58.6
228	32	73.4	62.5	63.1
333	27	47.7	36.1	37.3
334	36	59.9	49.1	50.4
335	45	71.7	62.5	63.4
336	54	79.5	71.4	72.3
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	83.3	72.0	74.8
224	16	92.1	86.4	86.6
225	20	96.6	93.7	94.3
226	24	98.9	97.1	97.3
227	28	99.8	99.7	99.5
228	32	100.0	99.7	99.8
333	27	99.8	99.1	99.2
334	36	100.0	100.0	99.9
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

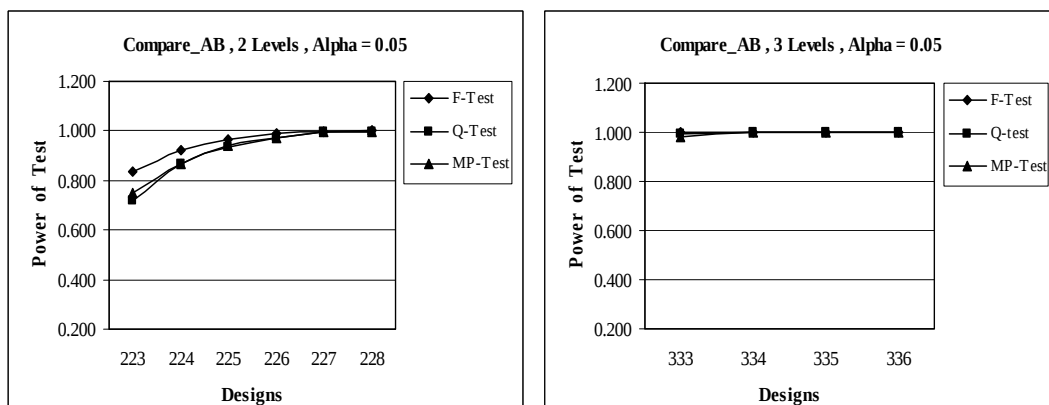
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 26 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 3.0

6) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ

จากตารางที่ 57 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน และค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีจะสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง ส่วนสถิติทดสอบ Q และสถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน และค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีจะสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน และค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีจะสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับพบว่า ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 45 และ 54 สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน

กรณีที่ 2 พิจารณาอำนาจการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 58-78 และภาพที่ 27-47 ดังนี้

ตารางที่ 58 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	36.5	11.2	13.6
224	16	43.9	13.7	15.1
225	20	53.1	18.4	21.4
226	24	59.1	23.8	27.0
227	28	66.3	26.7	29.6
228	32	71.7	31.1	36.7
333	27	94.4	25.9	34.1
334	36	98.9	37.4	45.5
335	45	99.9	52.4	61.7
336	54	100.0	60.1	68.5
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	83.2	46.1	58.9
224	16	94.0	66.3	79.3
225	20	97.8	82.0	89.0
226	24	98.9	89.0	93.9
227	28	99.6	92.2	96.1
228	32	99.9	96.3	98.8
333	27	82.5	67.8	86.7
334	36	94.8	86.6	97.5
335	45	98.1	95.5	99.5
336	54	99.1	98.0	99.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.0	100.0
224	16	100.0	99.8	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

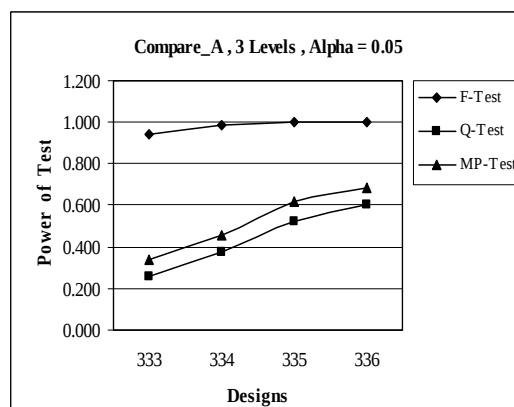
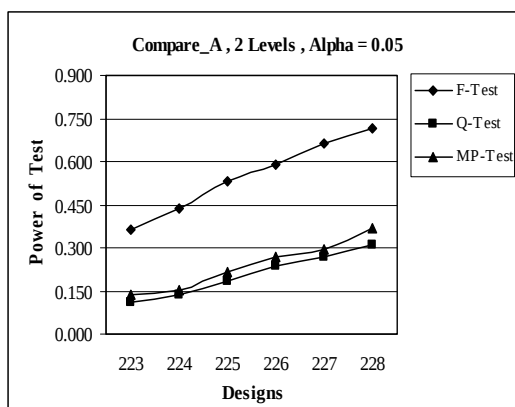
ตารางที่ 59 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	36.1	11.2	14.3
224	16	46.3	14.8	16.6
225	20	52.1	20.1	21.6
226	24	58.4	18.4	21.9
227	28	65.1	27.7	31.7
228	32	71.3	46.0	47.1
333	27	94.3	27.0	33.9
334	36	98.4	36.6	47.4
335	45	99.8	46.7	56.7
336	54	99.9	59.0	69.6
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	85.1	47.6	60.1
224	16	92.2	64.7	77.1
225	20	97.4	80.8	88.6
226	24	99.3	86.2	93.3
227	28	99.6	93.2	97.3
228	32	99.9	98.6	99.0
333	27	80.7	71.1	87.5
334	36	92.1	86.6	96.5
335	45	96.3	93.8	99.2
336	54	98.6	97.3	99.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.4	100.0
224	16	100.0	100.0	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	99.8	98.8	99.2
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

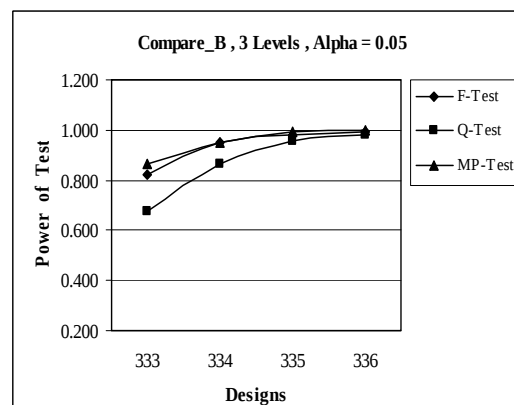
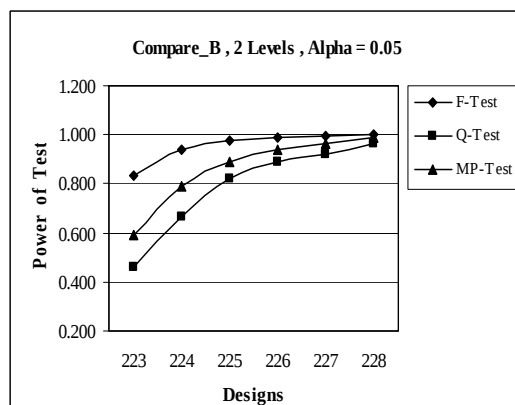
ตารางที่ 60 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	33.8	9.5	12.6
224	16	43.6	13.3	16.2
225	20	48.8	18.9	20.8
226	24	56.3	22.2	25.1
227	28	62.4	26.6	32.0
228	32	69.5	47.8	48.4
333	27	93.2	27.2	36.1
334	36	97.7	34.9	47.6
335	45	99.4	46.5	56.1
336	54	100.0	59.0	69.3
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	80.5	48.8	60.8
224	16	90.3	67.1	79.0
225	20	94.6	79.3	85.7
226	24	98.4	86.6	93.4
227	28	99.5	91.6	96.5
228	32	99.7	98.4	98.7
333	27	77.3	69.2	83.5
334	36	90.4	85.7	95.9
335	45	97.6	95.5	99.1
336	54	98.5	97.6	99.6
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	98.7	99.5
224	16	100.0	100.0	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	99.8	98.9	99.3
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

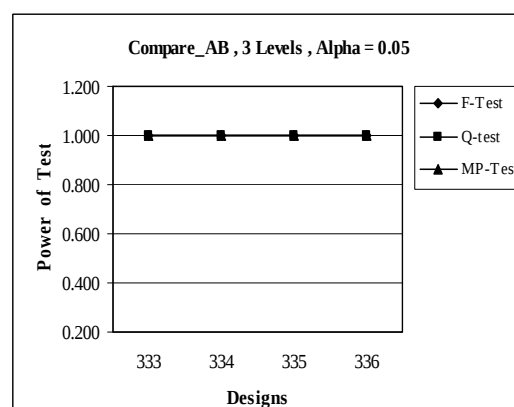
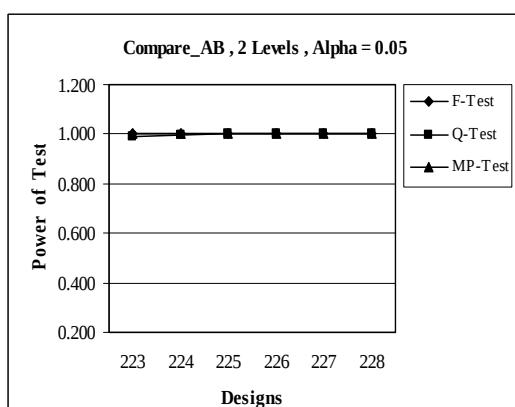
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

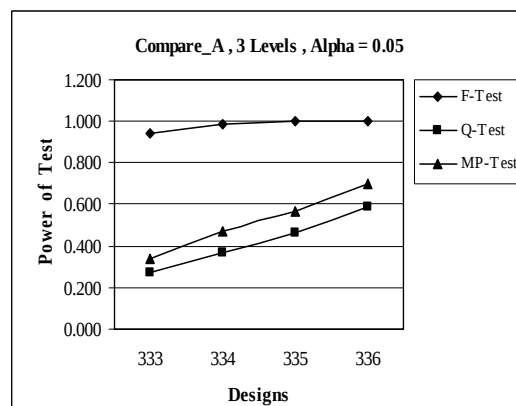
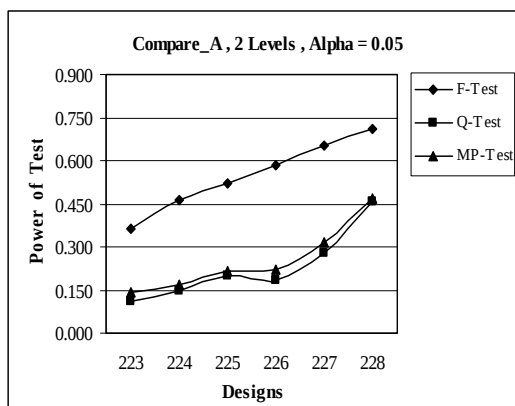


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

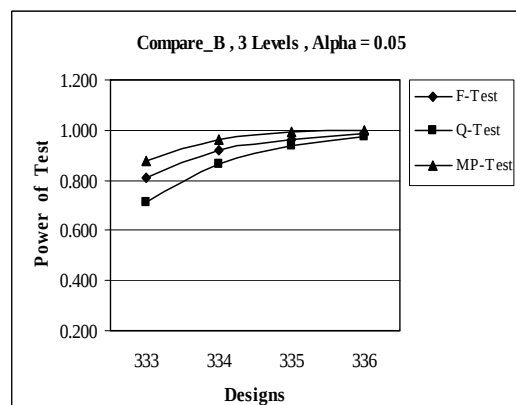
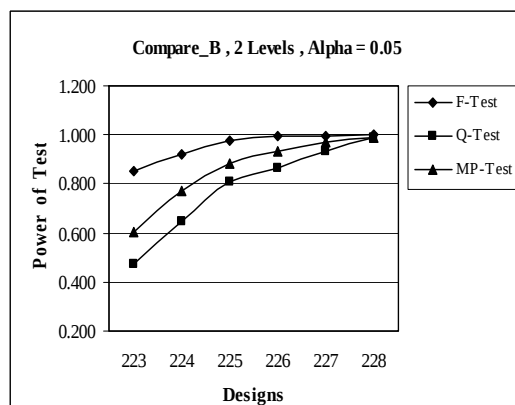


ภาพที่ 27 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8

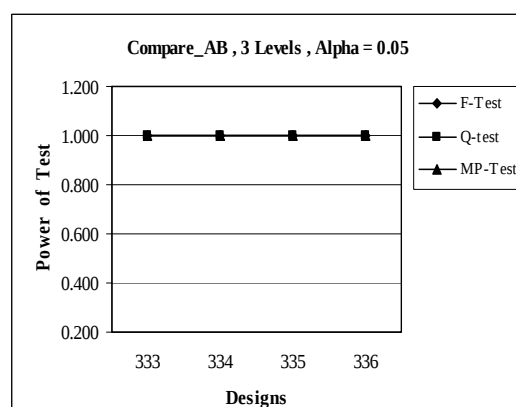
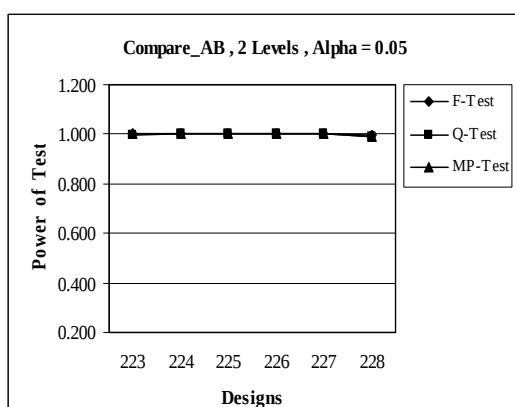
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

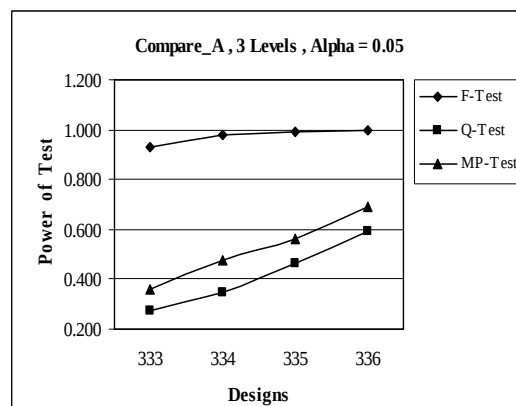
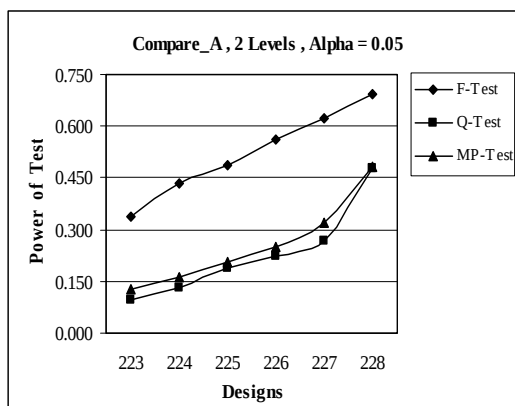


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

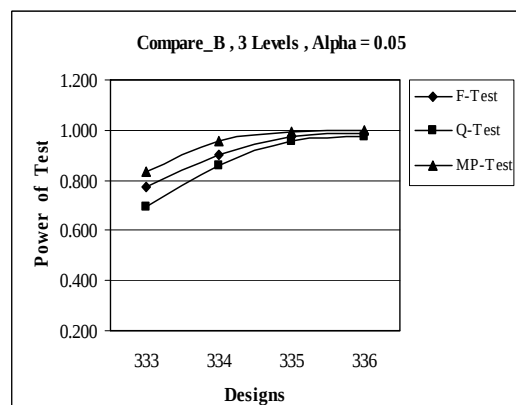
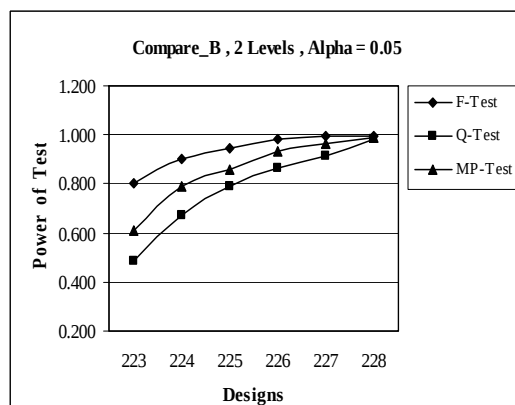


ภาพที่ 28 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.6

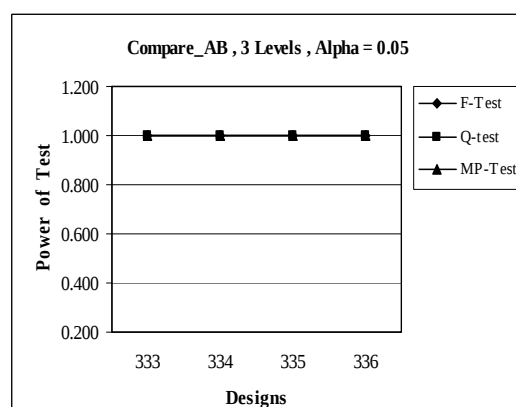
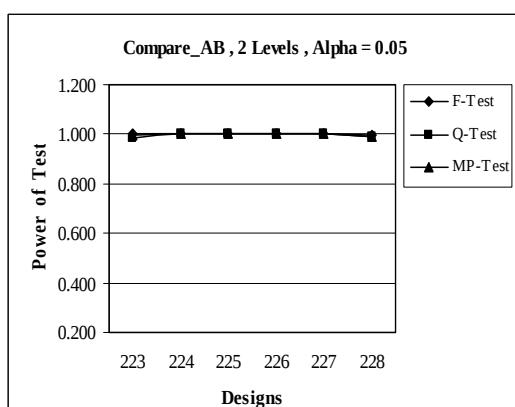
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 29 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 4.4

1) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงแบบปกติ

จากตารางที่ 58-60 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 27-29 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 , 3.6 และ 4.4 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 , 3.6 และ 4.4 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และพิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 , 3.6 และ 4.4 สถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ F และ Q ตามลำดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 , 3.6 และ 4.4 สถิติทดสอบ F และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน และสูงกว่าสถิติทดสอบ Q และเมื่อขนาดของตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน และที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบแต่ละวิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน

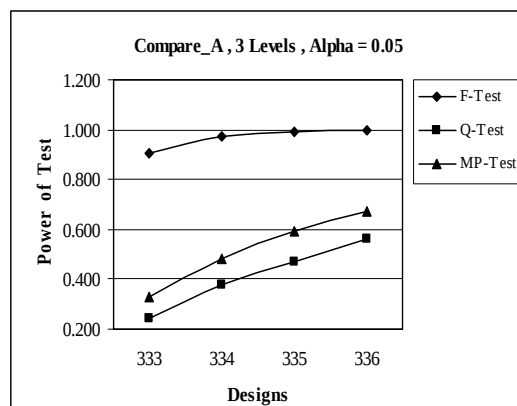
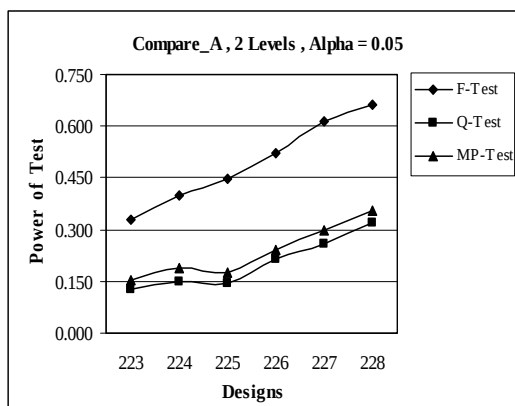
ตารางที่ 61 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	33.1	12.9	15.3
224	16	39.8	15.0	18.8
225	20	44.6	14.5	17.4
226	24	52.1	21.4	24.2
227	28	61.4	25.8	29.9
228	32	66.4	32.0	35.7
333	27	90.7	24.2	32.9
334	36	97.6	37.8	48.3
335	45	99.2	47.2	59.0
336	54	100.0	56.5	67.1
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	73.1	48.9	60.8
224	16	85.1	62.7	72.6
225	20	93.2	77.8	85.5
226	24	97.0	86.8	92.4
227	28	98.6	93.2	96.5
228	32	99.4	94.9	97.9
333	27	73.8	65.5	84.3
334	36	90.7	86.7	96.4
335	45	94.1	94.5	99.0
336	54	98.4	98.2	99.7
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.2	99.8
224	16	100.0	99.9	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

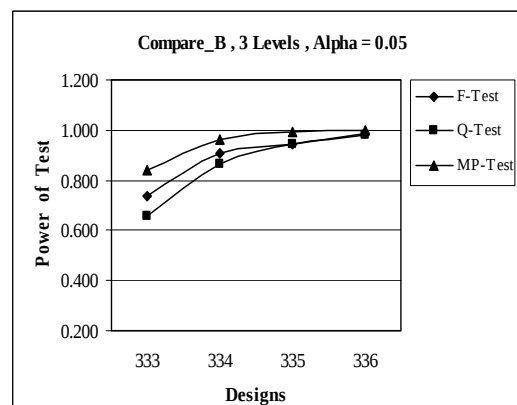
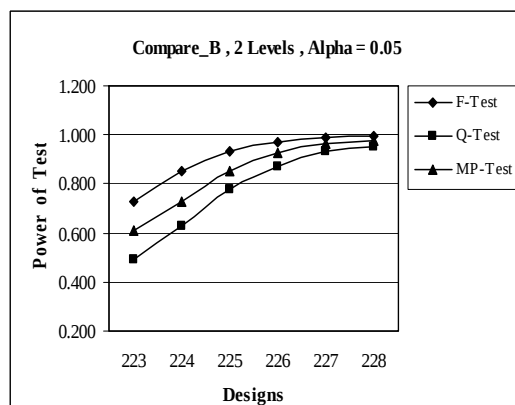
ตารางที่ 62 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	30.5	14.4	17.3
224	16	35.0	14.5	17.0
225	20	42.2	15.2	17.7
226	24	49.2	20.2	24.4
227	28	58.7	25.7	29.7
228	32	65.3	31.0	35.5
333	27	89.4	26.7	34.7
334	36	96.4	37.5	46.3
335	45	99.1	48.1	57.9
336	54	99.9	59.2	67.3
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	69.3	47.7	61.2
224	16	80.7	63.3	73.4
225	20	91.7	77.8	86.4
226	24	96.4	87.1	92.0
227	28	97.5	90.5	94.8
228	32	99.3	94.9	97.3
333	27	73.8	65.5	82.3
334	36	86.9	82.9	93.5
335	45	93.6	95.2	97.9
336	54	97.3	97.7	99.6
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.0	99.9
224	16	100.0	99.9	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

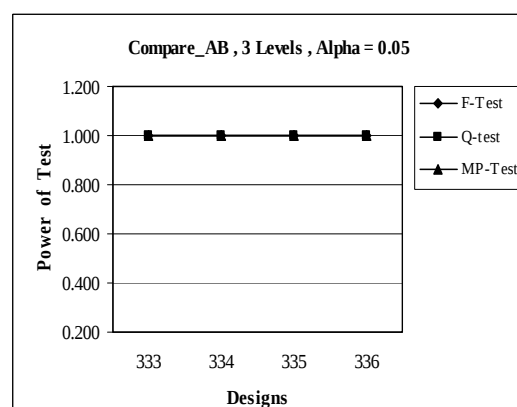
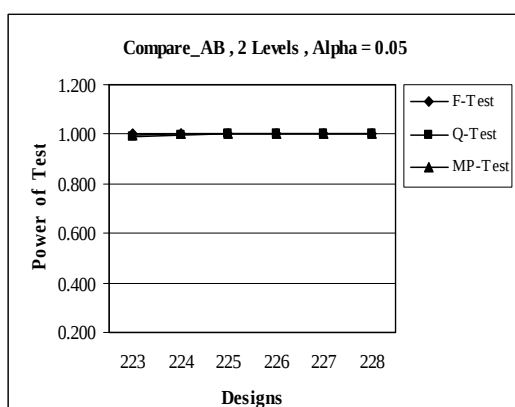
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

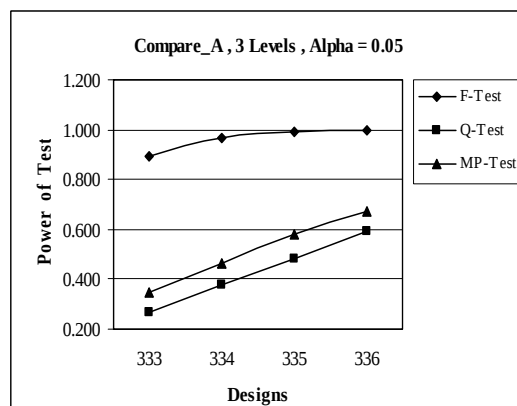
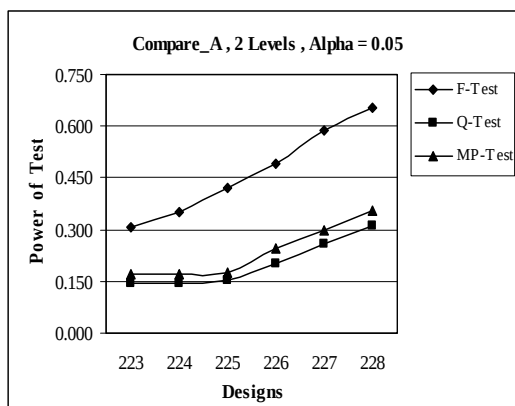


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

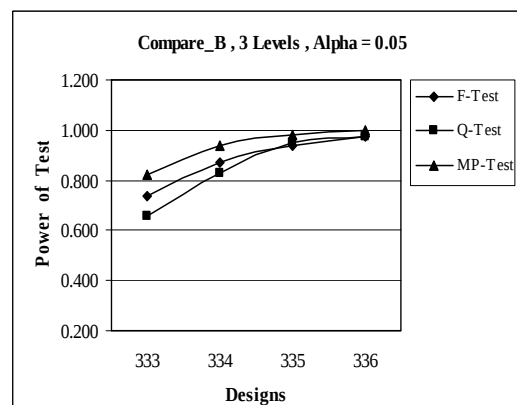
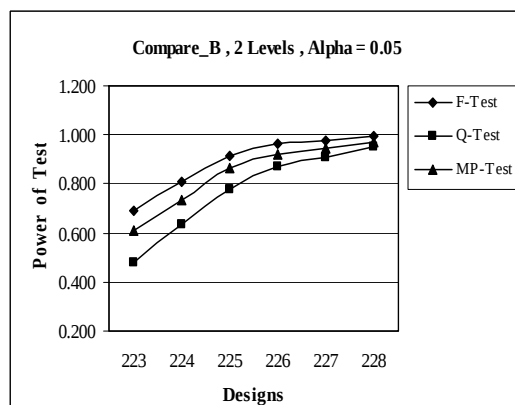


ภาพที่ 30_ การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 5.2

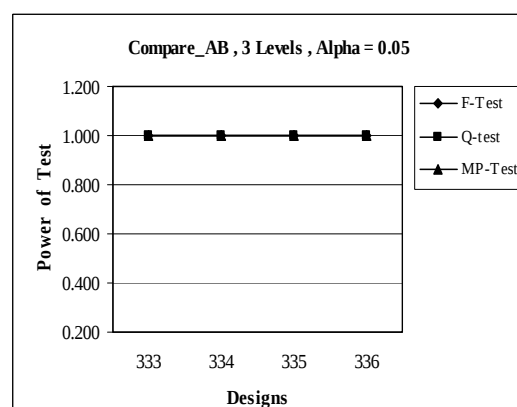
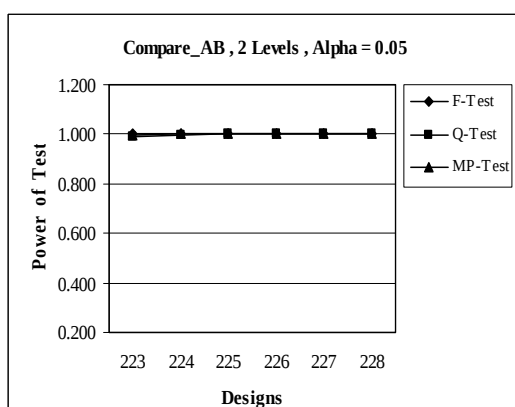
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 31 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 6.0

2) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางยาว

จากตารางที่ 61-62 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 30-31 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 และ 6.0 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 และ 6.0 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และพิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ F และ Q ตามลำดับ

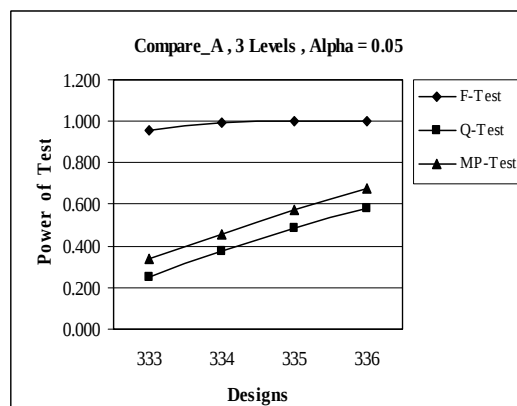
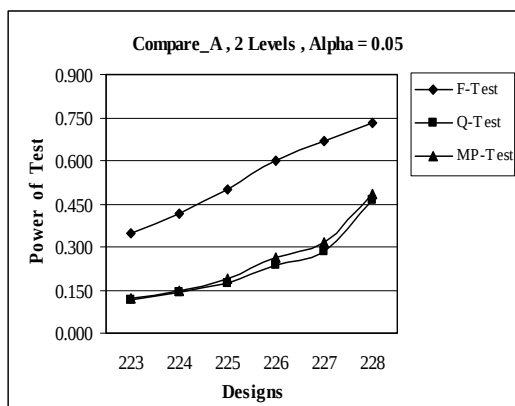
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า ในกรณีที่การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 5.2 และ 6.0 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 สถิติทดสอบ F และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน ซึ่งสูงกว่าสถิติทดสอบ Q และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 24, 28 และ 32 สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน และที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบแต่ละวิธี จะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

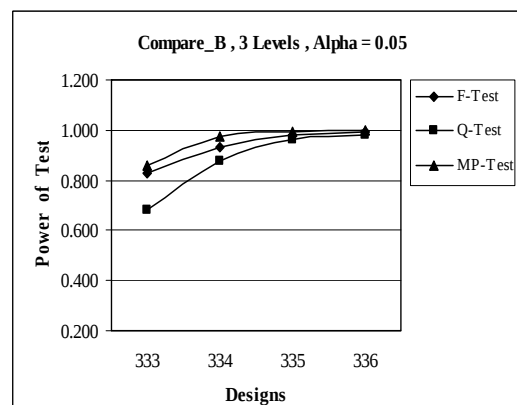
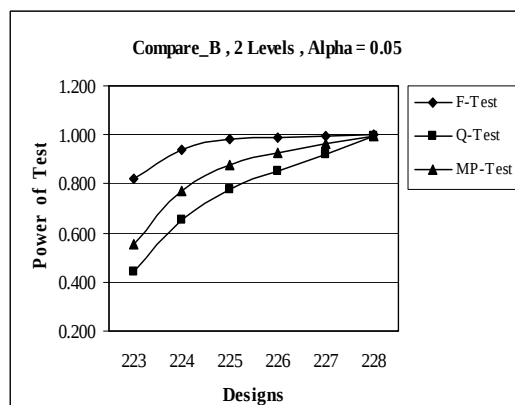
ตารางที่ 63 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 2.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	35.0	11.7	12.1
224	16	41.7	14.0	14.6
225	20	50.1	17.6	19.0
226	24	60.0	23.7	26.3
227	28	67.0	28.4	31.4
228	32	73.0	46.4	48.3
333	27	95.6	25.1	33.9
334	36	99.6	37.2	45.5
335	45	99.8	48.4	57.7
336	54	100.0	57.8	67.9
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	82.0	44.0	55.3
224	16	94.1	65.6	76.9
225	20	98.5	78.0	87.7
226	24	99.1	85.0	92.4
227	28	99.7	91.8	96.7
228	32	99.9	99.2	99.4
333	27	82.8	68.2	85.7
334	36	93.4	87.6	97.5
335	45	97.8	96.0	99.2
336	54	99.3	97.9	100.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.4	99.9
224	16	100.0	99.9	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	99.9	98.7	99.1
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

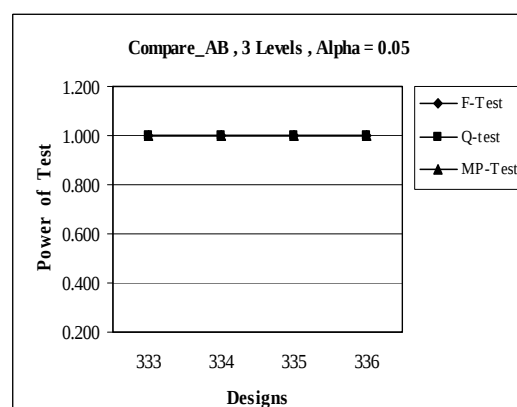
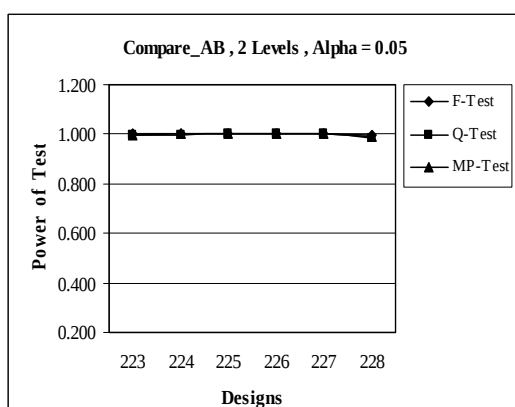
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 32 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.0

3) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบสมมาตรและหางสั้น

จากตารางที่ 63 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 32 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และพิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ F และ Q ตามลำดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 32 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 สถิติทดสอบ F และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน ซึ่งสูงกว่าสถิติทดสอบ Q และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 24 และ 28 สถิติทดสอบจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากันทั้ง 3 วิธี สำหรับแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบแต่ละวิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 64 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	35.7	11.5	13.9
224	16	45.7	15.1	17.1
225	20	51.7	17.3	20.4
226	24	60.0	21.8	26.7
227	28	66.0	28.8	33.6
228	32	70.8	44.3	45.7
333	27	94.5	24.3	32.3
334	36	98.2	39.0	49.1
335	45	99.7	49.6	60.4
336	54	100.0	59.5	68.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	82.9	46.8	60.8
224	16	92.5	67.6	78.0
225	20	96.8	80.1	88.5
226	24	99.0	87.1	93.3
227	28	99.7	92.2	97.8
228	32	99.8	99.3	99.4
333	27	82.1	70.0	86.0
334	36	93.7	87.8	96.7
335	45	97.0	94.6	98.9
336	54	99.0	99.0	99.9
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.1	99.8
224	16	100.0	99.9	99.9
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	99.9	99.5	99.5
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 65 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	37.7	10.2	13.9
224	16	44.5	14.1	16.5
225	20	52.8	18.0	21.9
226	24	55.0	19.6	23.3
227	28	65.3	26.1	29.1
228	32	68.3	30.5	34.0
333	27	94.2	27.4	35.5
334	36	98.1	37.8	48.3
335	45	99.9	46.9	58.9
336	54	100.0	59.8	69.5
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	82.3	50.8	61.7
224	16	90.7	67.7	77.4
225	20	96.5	81.3	89.5
226	24	98.4	87.6	94.2
227	28	99.4	91.9	96.2
228	32	99.9	95.5	98.6
333	27	80.7	72.4	86.2
334	36	90.1	87.0	95.6
335	45	96.0	94.3	99.2
336	54	98.5	98.2	99.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	98.9	99.7
224	16	100.0	99.9	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 66 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	34.4	13.0	15.7
224	16	41.6	14.6	17.4
225	20	49.6	18.9	21.4
226	24	53.0	21.3	24.7
227	28	61.3	25.2	29.2
228	32	67.9	38.4	36.9
333	27	92.5	25.8	35.7
334	36	97.3	36.2	46.7
335	45	99.6	49.3	59.3
336	54	99.8	57.9	67.9
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	75.6	47.3	61.6
224	16	89.2	68.3	78.3
225	20	93.8	77.0	85.5
226	24	97.5	86.2	93.4
227	28	98.9	92.5	95.8
228	32	99.8	95.9	98.2
333	27	80.1	68.6	86.6
334	36	89.0	88.4	95.3
335	45	96.3	93.9	98.3
336	54	99.0	97.9	99.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.2	100.0
224	16	100.0	100.0	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 67 ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	33.4	11.4	14.7
224	16	40.3	16.7	19.5
225	20	40.2	17.0	20.3
226	24	51.7	21.6	25.8
227	28	62.3	27.2	32.0
228	32	65.2	29.9	33.6
333	27	91.2	26.2	33.8
334	36	97.4	36.4	45.3
335	45	99.5	46.8	57.7
336	54	99.7	57.4	68.1
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	71.9	46.2	60.1
224	16	82.0	64.1	74.3
225	20	89.5	76.2	84.3
226	24	96.4	85.9	91.8
227	28	98.9	90.7	96.3
228	32	99.3	95.9	98.1
333	27	72.5	69.8	85.3
334	36	87.3	86.1	96.4
335	45	94.2	95.2	99.2
336	54	98.1	97.7	99.4
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.6	99.9
224	16	100.0	100.0	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 68 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	38.6	10.3	12.3
224	16	44.2	14.1	14.4
225	20	51.4	17.0	20.6
226	24	60.4	20.3	24.4
227	28	66.5	27.3	32.6
228	32	71.2	33.0	38.7
333	27	95.7	28.3	33.5
334	36	98.8	38.8	48.0
335	45	99.6	48.7	60.1
336	54	100.0	62.2	72.3
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	84.5	49.3	62.2
224	16	93.2	66.3	77.3
225	20	97.2	81.7	89.0
226	24	99.3	88.8	94.1
227	28	99.7	93.5	97.1
228	32	99.9	95.8	99.0
333	27	81.1	71.9	86.9
334	36	94.4	89.3	97.0
335	45	97.4	96.2	99.7
336	54	99.4	98.6	100.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.1	100.0
224	16	100.0	100.0	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 69 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	38.6	12.3	15.6
224	16	43.2	13.3	15.1
225	20	51.6	17.5	20.6
226	24	60.8	23.2	26.5
227	28	64.7	24.7	28.7
228	32	72.2	31.9	36.2
333	27	95.0	26.8	33.2
334	36	98.5	39.5	48.2
335	45	99.9	50.1	63.0
336	54	100.0	55.4	66.7
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	82.5	49.0	60.7
224	16	92.8	68.4	79.5
225	20	96.3	80.3	90.3
226	24	98.1	89.8	95.0
227	28	99.6	92.2	96.7
228	32	99.8	96.5	98.7
333	27	81.6	70.1	87.2
334	36	89.6	87.7	96.2
335	45	96.9	95.6	99.5
336	54	99.5	98.0	100.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	98.6	99.8
224	16	100.0	100.0	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 70 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	34,8	10.3	14.4
224	16	43,4	15.1	17.6
225	20	49,1	18.5	20.3
226	24	59,0	20.7	25.8
227	28	63,4	25.7	29.5
228	32	69,8	33.8	36.3
333	27	92,9	27.3	36.8
334	36	97,8	37.4	48.3
335	45	99,8	51.1	62.0
336	54	99,8	56.4	69.5
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	77,1	49.5	63.3
224	16	90,0	70.2	79.3
225	20	94,8	78.7	88.0
226	24	98,2	89.5	94.6
227	28	98,9	91.4	97.1
228	32	99,7	95.8	98.4
333	27	80.5	72.6	86.9
334	36	90.7	88.6	96.7
335	45	96.3	96.1	99.0
336	54	99.4	97.6	99.9
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100,0	99.3	100.0
224	16	100,0	100,0	100.0
225	20	100,0	100,0	100.0
226	24	100,0	100,0	100.0
227	28	100,0	100,0	100.0
228	32	100,0	100,0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 71 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	34.2	14.1	16.5
224	16	38.7	13.5	17.4
225	20	42.4	16.9	19.8
226	24	54.8	22.2	25.6
227	28	61.0	28.5	33.4
228	32	67.2	31.8	39.0
333	27	91.7	27.4	35.7
334	36	97.7	37.9	46.1
335	45	99.7	48.1	58.9
336	54	99.8	60.4	69.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	72.2	47.7	58.7
224	16	85.5	65.4	77.9
225	20	93.3	79.6	87.8
226	24	97.9	88.1	94.2
227	28	99.4	93.1	96.5
228	32	99.7	95.1	98.0
333	27	74.6	69.4	84.3
334	36	87.6	86.4	95.7
335	45	94.8	95.4	99.1
336	54	98.2	97.8	100.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.1	100.0
224	16	100.0	100.0	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 72 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 3.6

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	38.4	12.9	11.3
224	16	47.4	15.4	17.0
225	20	55.0	18.4	22.1
226	24	61.7	21.2	26.1
227	28	66.5	26.9	31.1
228	32	73.7	31.4	35.9
333	27	95.5	27.2	35.0
334	36	99.1	40.6	50.3
335	45	99.6	49.5	61.0
336	54	100.0	60.9	70.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	87.2	49.7	62.9
224	16	92.7	67.7	78.0
225	20	98.4	80.5	89.9
226	24	99.1	87.9	94.5
227	28	99.5	91.6	96.6
228	32	100.0	97.2	99.1
333	27	82.0	72.8	86.8
334	36	92.6	88.5	96.3
335	45	98.1	97.3	99.6
336	54	98.9	97.9	99.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.2	99.9
224	16	100.0	99.8	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 73 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 4.4

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	40.5	11.2	14.1
224	16	45.6	15.8	18.7
225	20	54.2	19.8	22.9
226	24	60.5	22.6	27.3
227	28	67.3	25.6	29.4
228	32	72.7	29.8	32.9
333	27	95.9	29.4	36.5
334	36	99.0	40.7	49.8
335	45	99.8	49.2	60.6
336	54	100.0	61.1	70.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	84.6	50.3	63.3
224	16	93.8	69.2	80.9
225	20	96.3	78.2	87.6
226	24	98.8	89.1	94.9
227	28	99.8	93.5	98.4
228	32	99.6	96.9	98.9
333	27	82.0	73.2	88.3
334	36	93.6	89.5	98.1
335	45	97.7	95.6	99.2
336	54	99.4	98.7	99.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.0	100.0
224	16	100.0	99.9	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

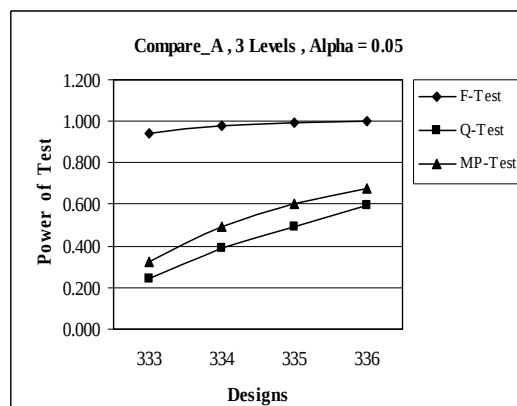
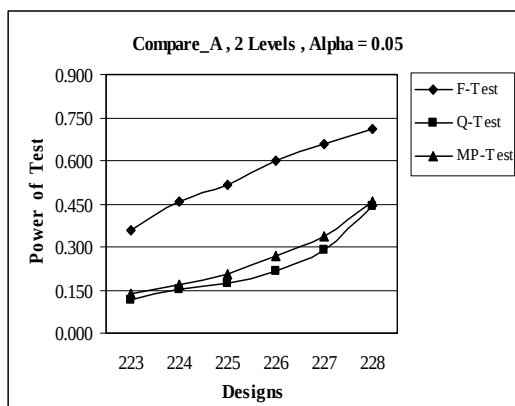
ตารางที่ 74 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 5.2

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	31.8	12.5	13.9
224	16	44.8	14.2	16.6
225	20	41.6	20.9	22.2
226	24	45.1	21.1	23.0
227	28	50.4	24.4	28.3
228	32	55.8	28.2	32.0
333	27	84.2	21.4	27.0
334	36	93.2	33.5	41.1
335	45	98.0	41.1	51.9
336	54	99.4	52.4	58.9
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	65.2	40.4	51.9
224	16	92.9	68.8	78.6
225	20	88.3	72.5	79.6
226	24	94.8	81.9	89.5
227	28	97.3	90.0	94.5
228	32	97.7	92.3	95.6
333	27	66.2	63.6	78.1
334	36	79.6	81.6	91.5
335	45	89.9	92.9	98.1
336	54	93.7	96.9	99.2
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.1	99.7
224	16	100.0	100.0	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

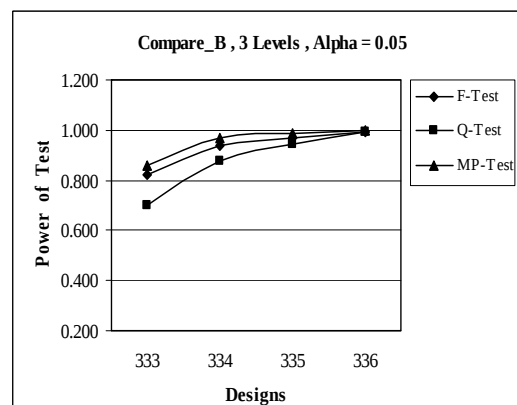
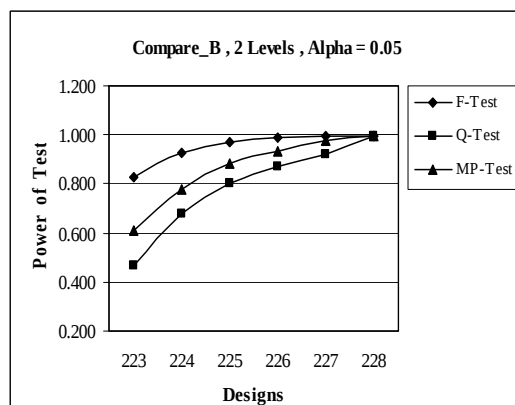
ตารางที่ 75 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 6.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	32.9	11.6	14.8
224	16	39.9	13.4	16.9
225	20	52.6	17.5	22.1
226	24	57.2	19.3	23.9
227	28	64.4	27.9	34.1
228	32	68.0	30.4	36.5
333	27	92.2	27.2	34.1
334	36	98.5	39.4	49.4
335	45	99.8	52.2	59.9
336	54	100.0	59.8	71.3
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	76.8	48.9	62.6
224	16	88.5	69.1	77.3
225	20	94.0	78.0	87.8
226	24	98.3	87.9	93.7
227	28	99.1	92.6	96.6
228	32	100.0	96.3	98.7
333	27	80.6	68.2	84.9
334	36	91.3	87.8	96.7
335	45	96.3	95.3	99.2
336	54	98.9	97.9	100.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.4	100.0
224	16	100.0	99.9	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

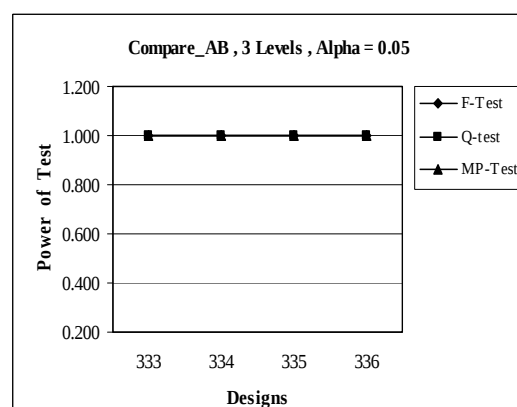
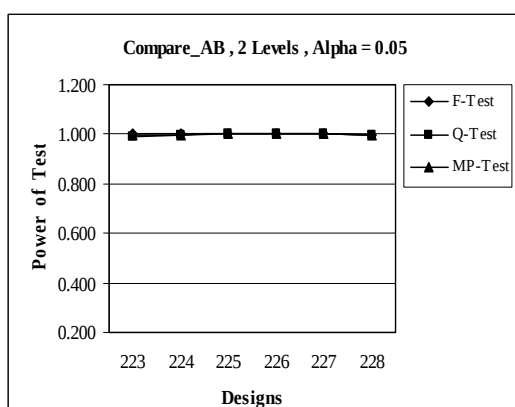
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

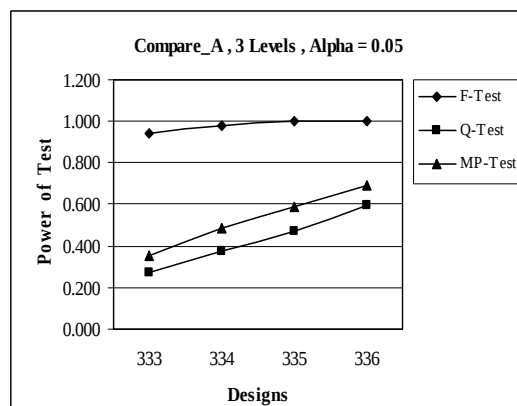
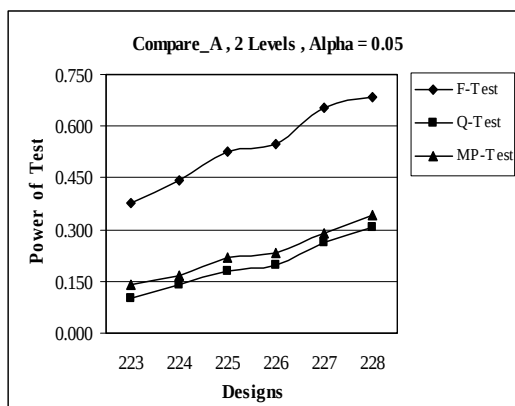


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

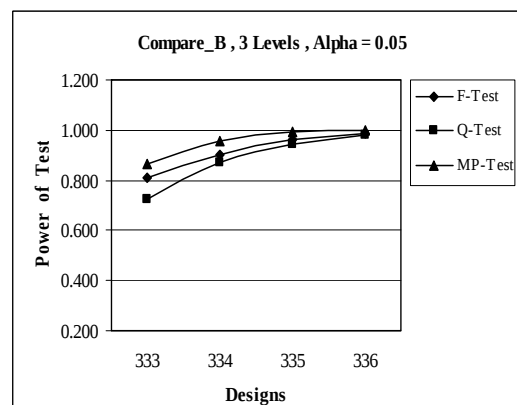
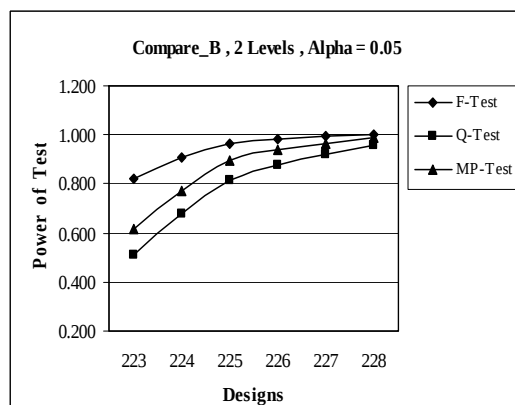


ภาพที่ 33 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 3.6

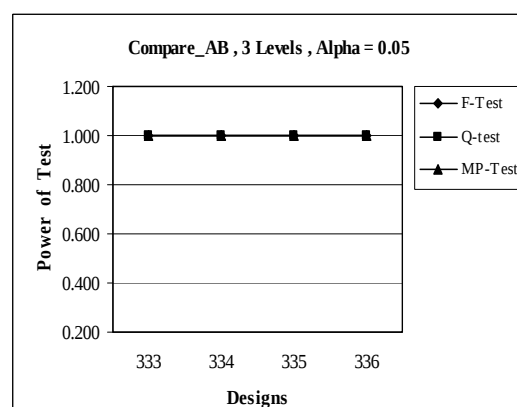
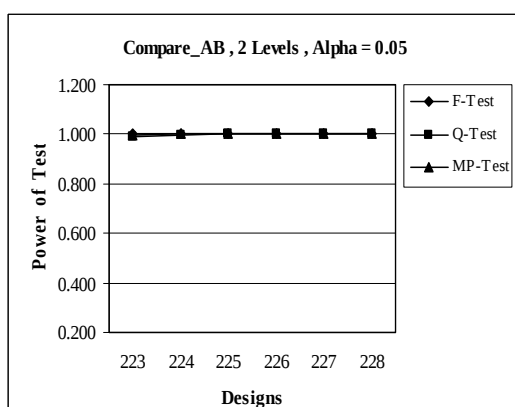
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

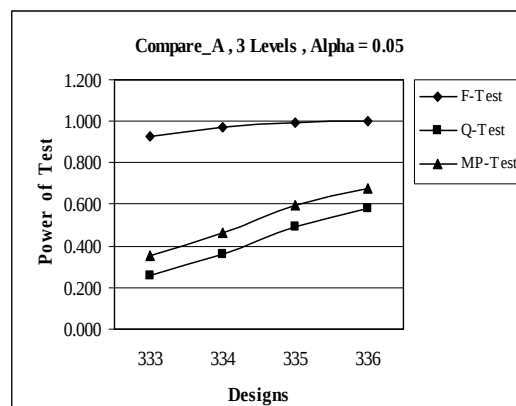
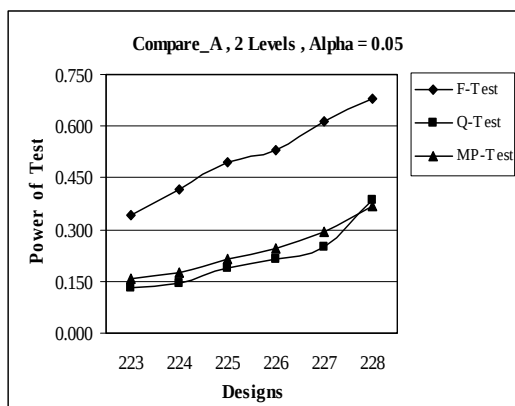


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

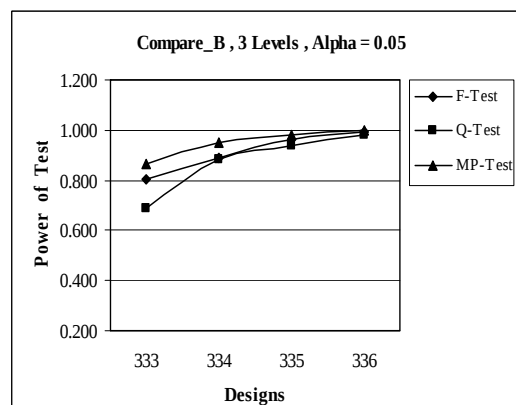
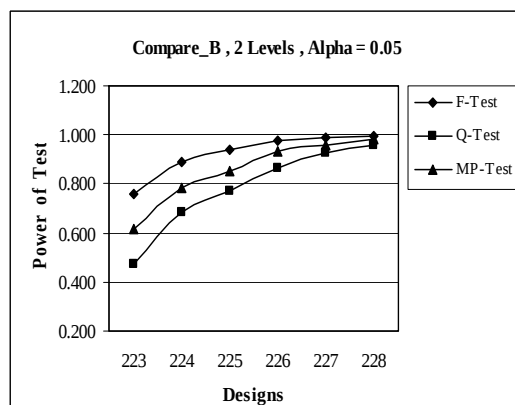


ภาพที่ 34 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 4.4

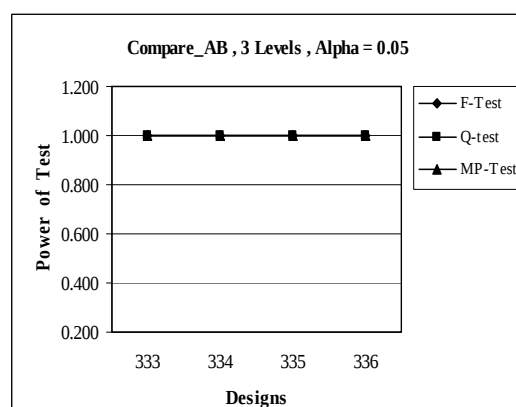
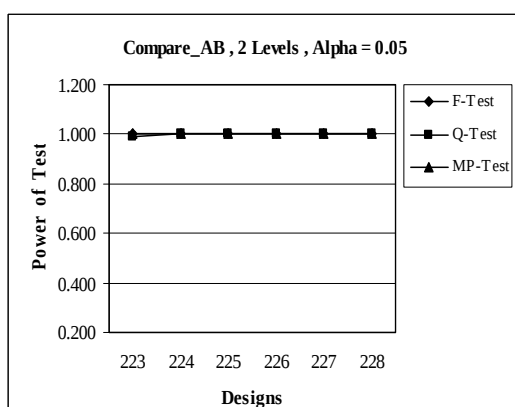
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

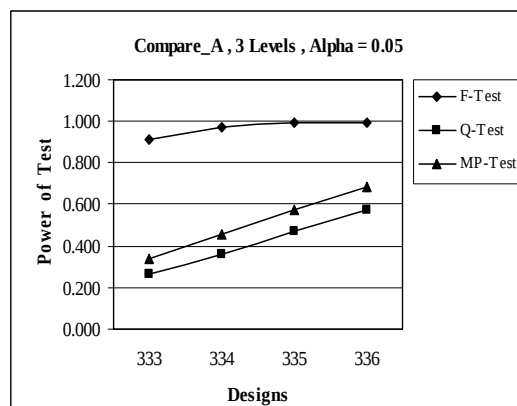
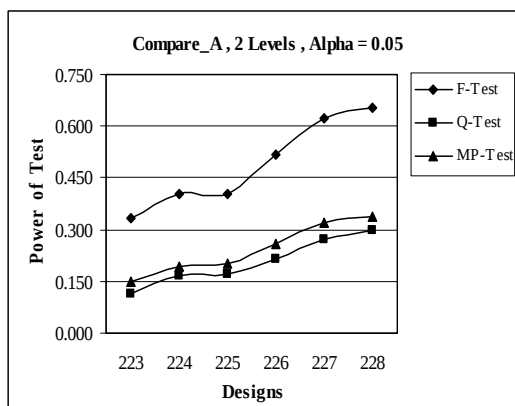


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

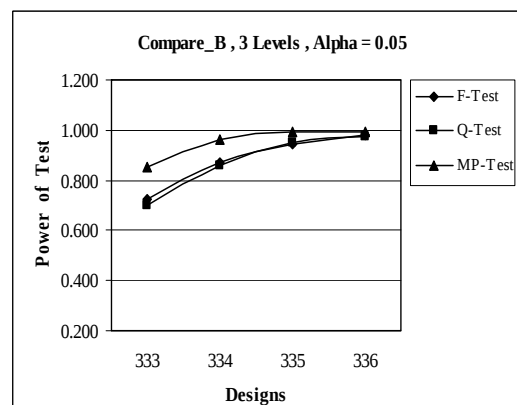
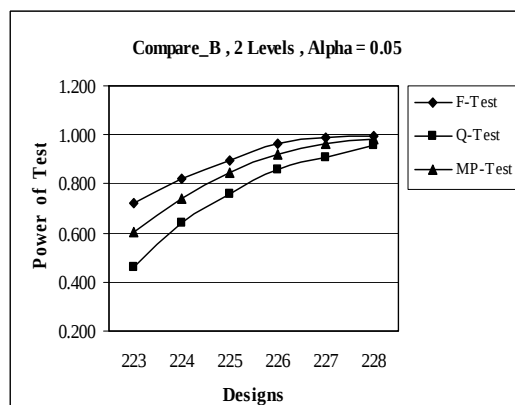


ภาพที่ 35 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 5.2

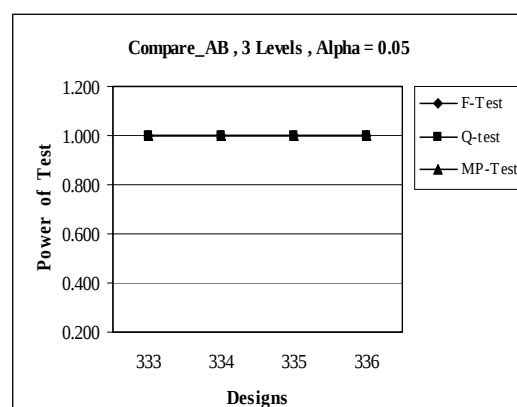
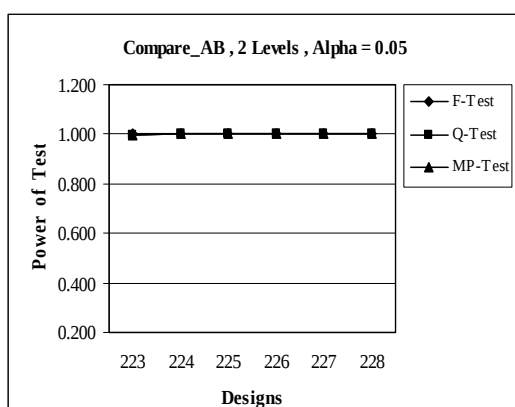
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

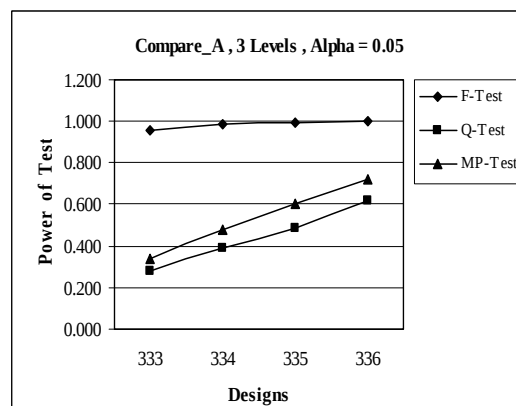
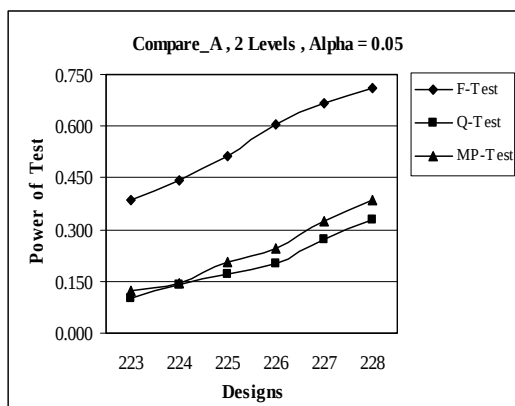


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

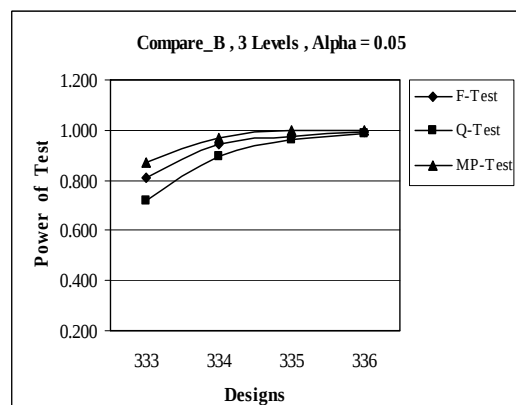
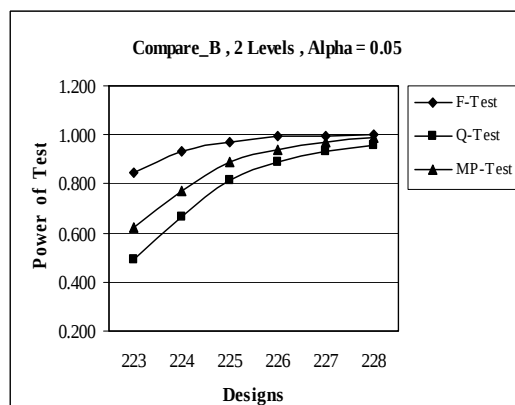


ภาพที่ 36 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 6.0

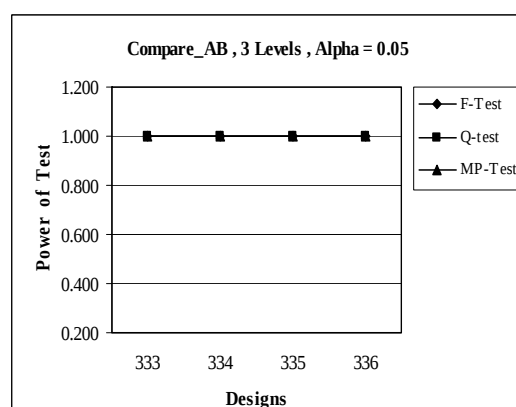
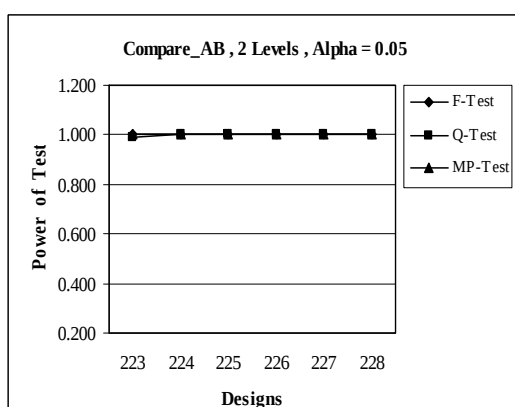
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

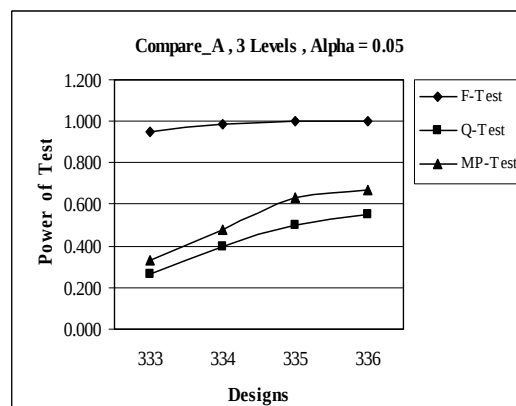
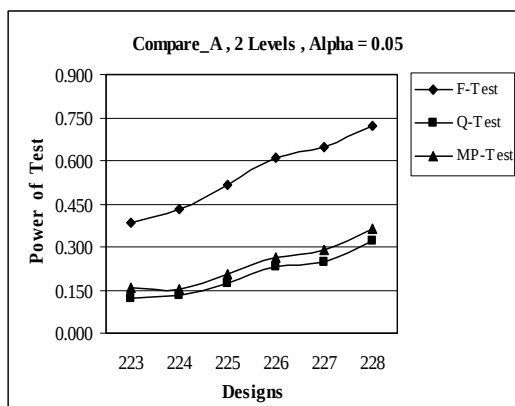


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

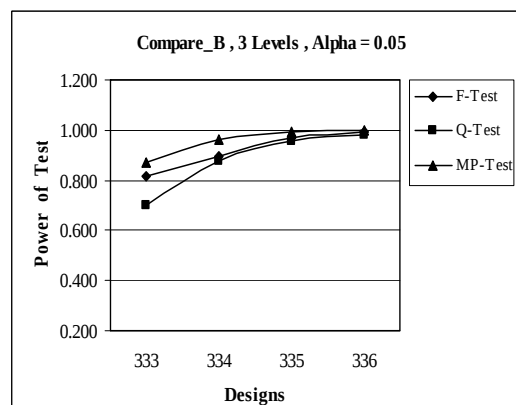
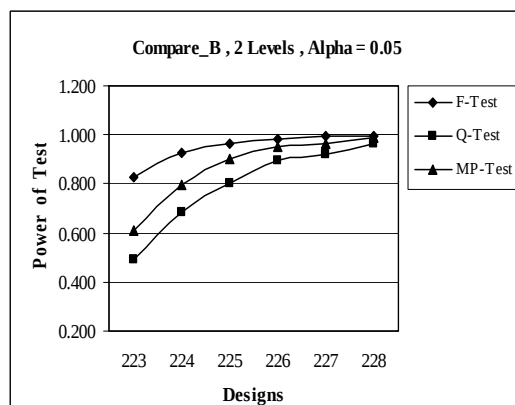


ภาพที่ 37 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 3.6

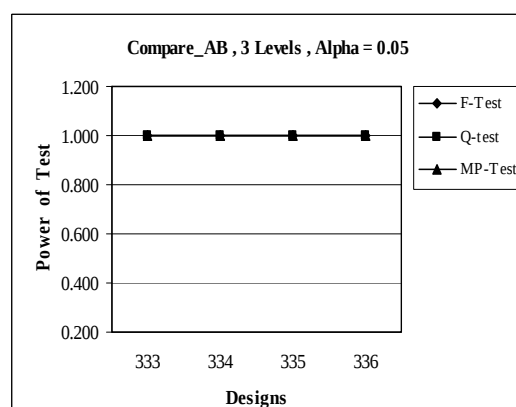
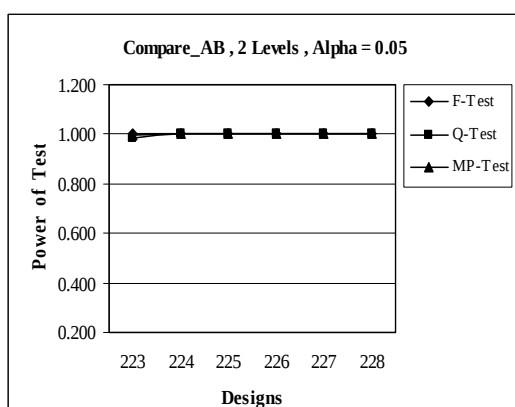
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

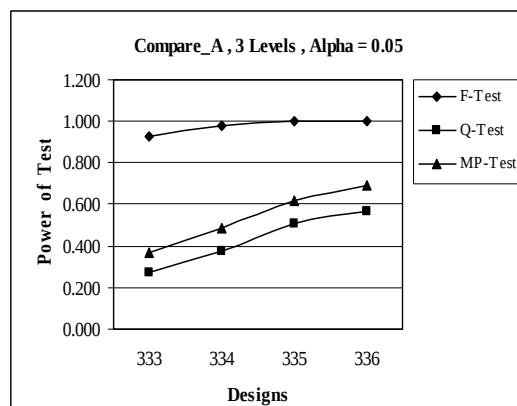
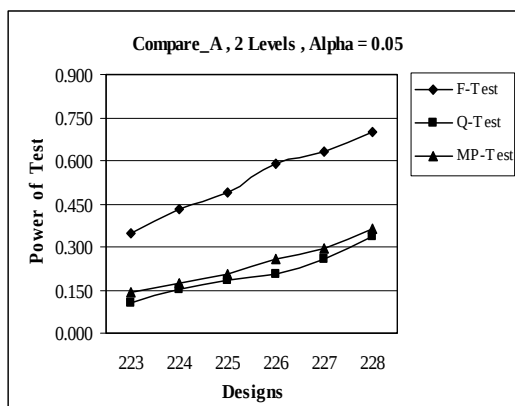


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

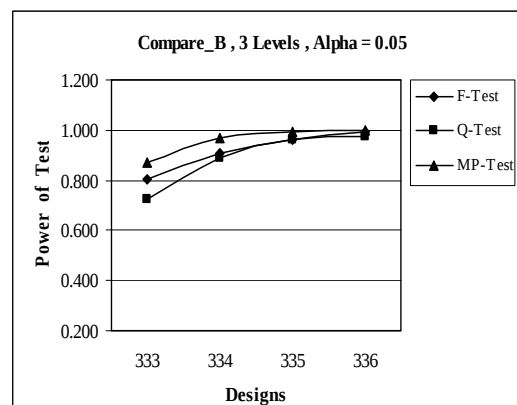
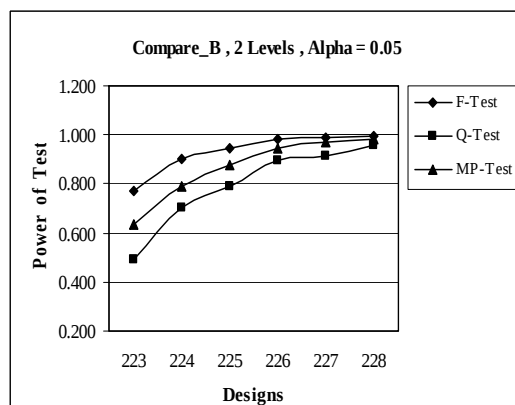


ภาพที่ 38 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 4.4

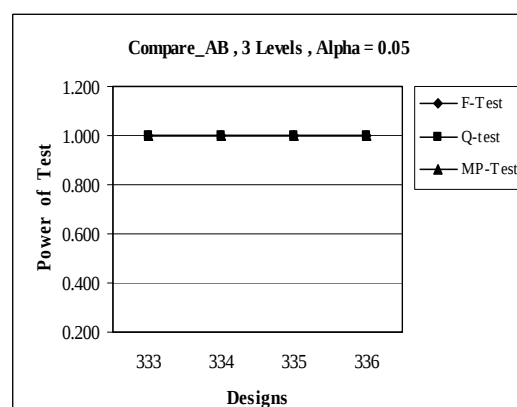
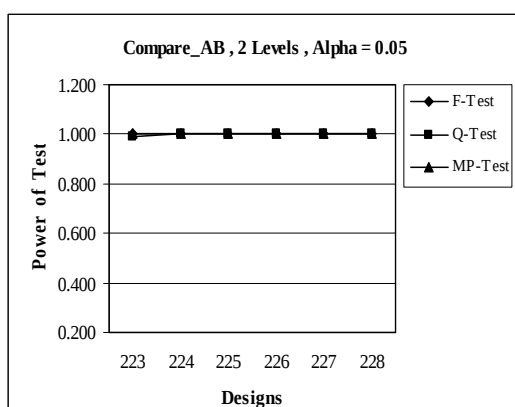
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

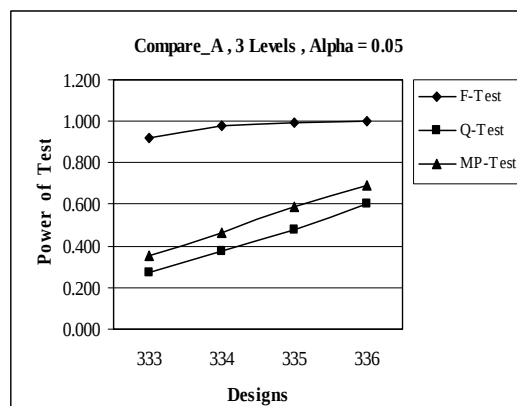
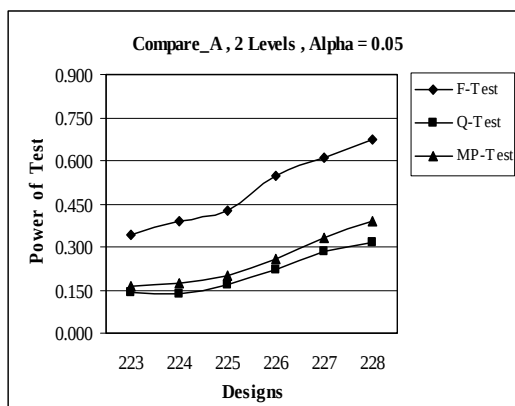


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

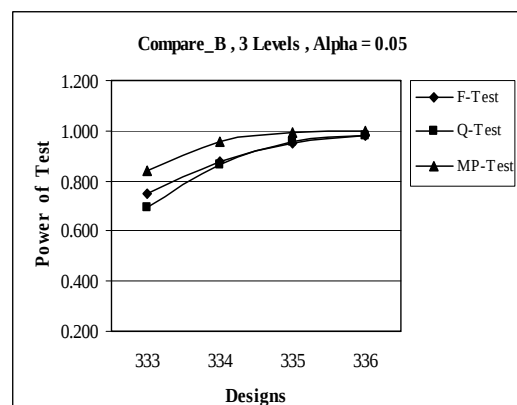
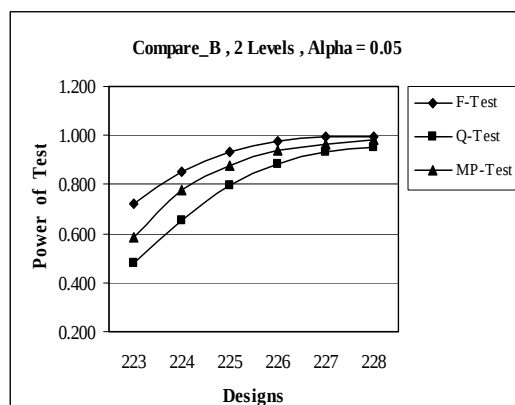


ภาพที่ 39 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 5.2

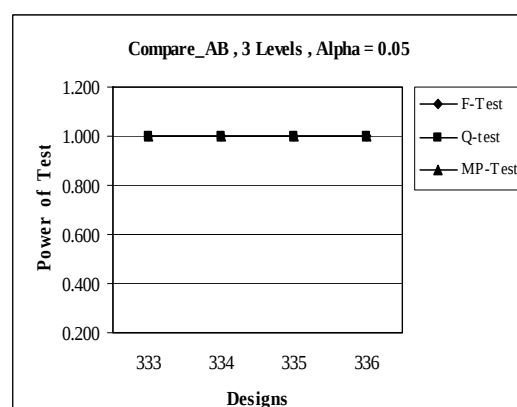
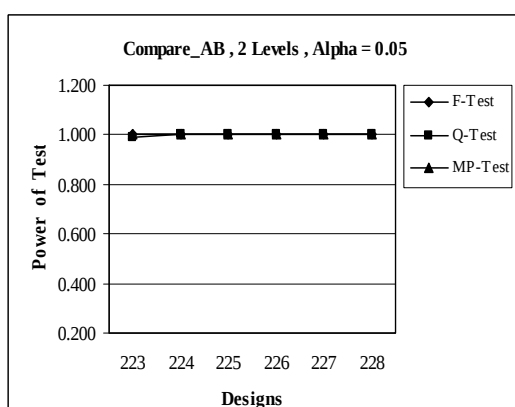
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

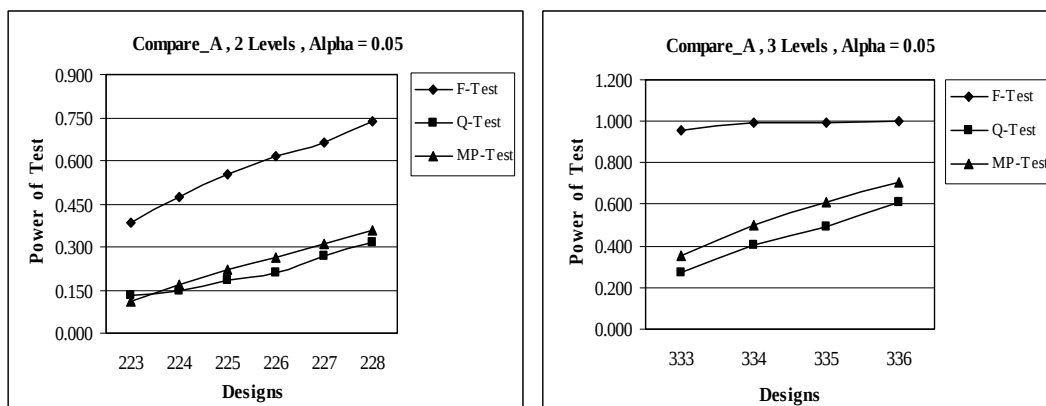


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

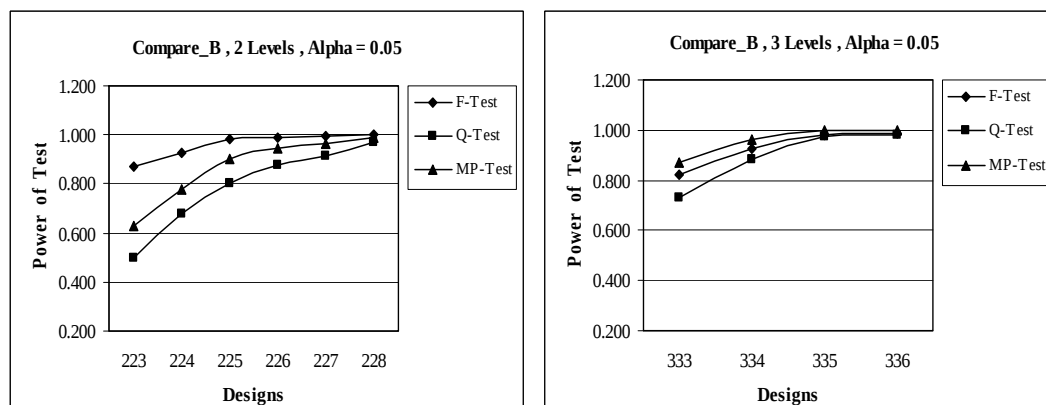


ภาพที่ 40 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 6.0

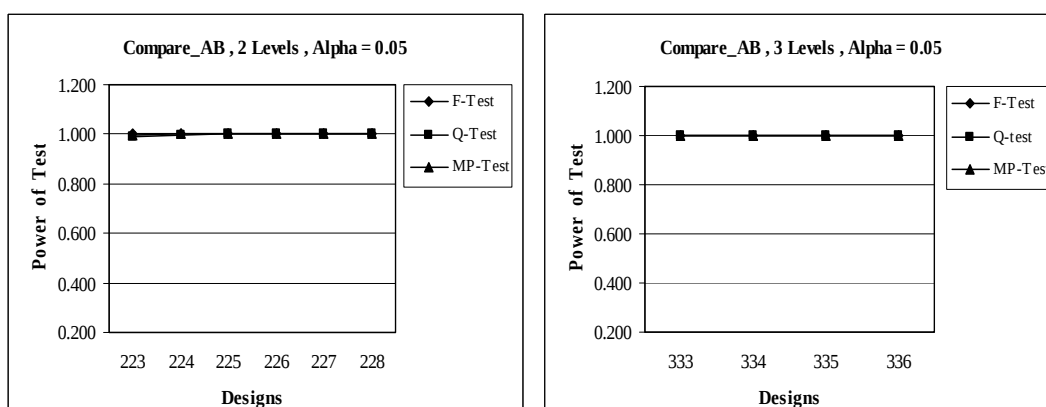
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

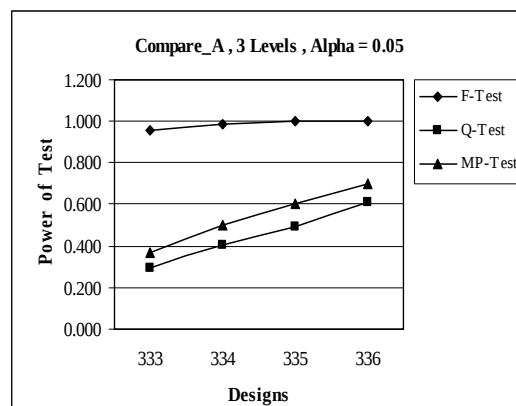
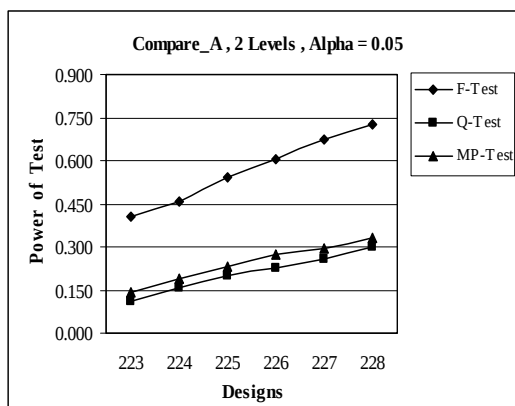


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

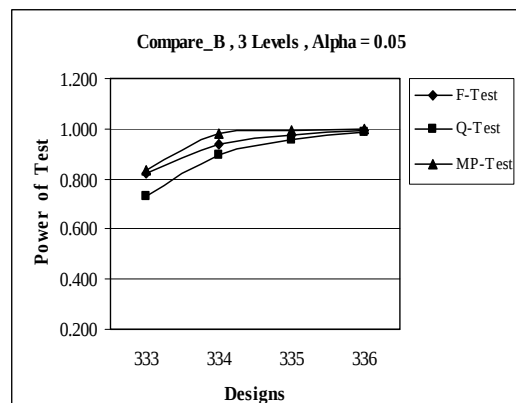
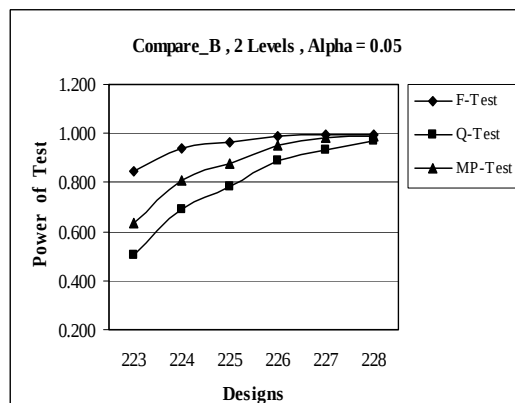


ภาพที่ 41 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 3.6

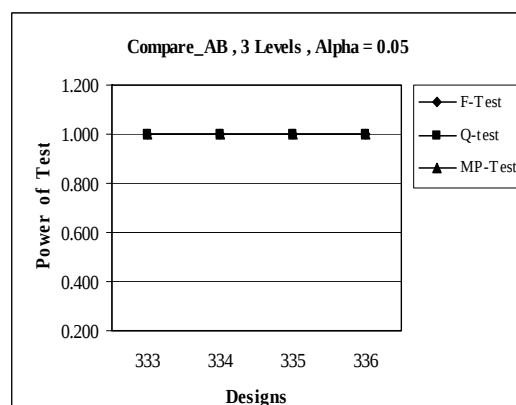
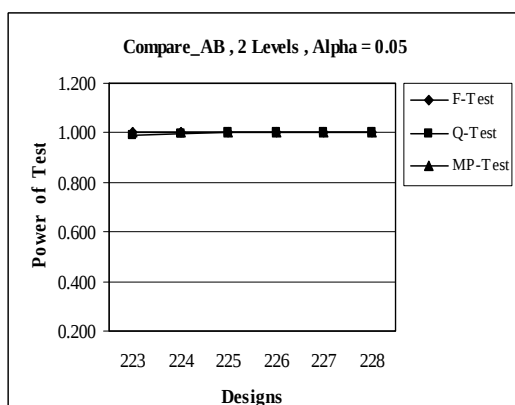
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

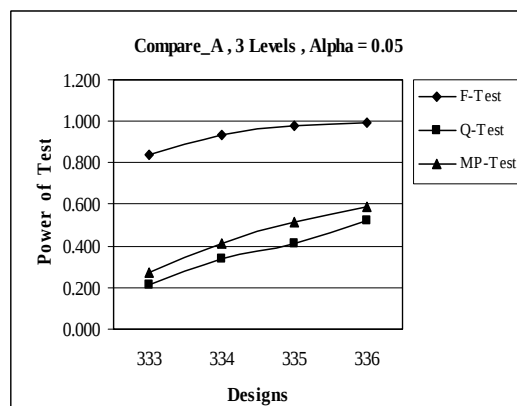
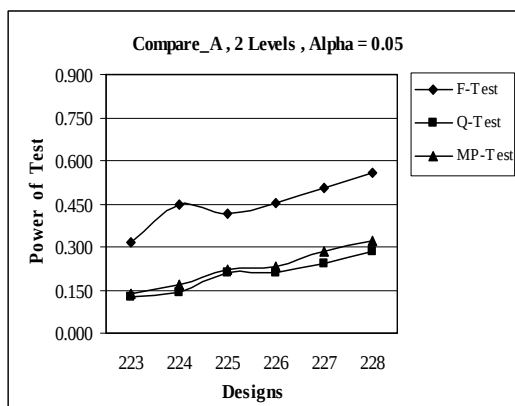


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

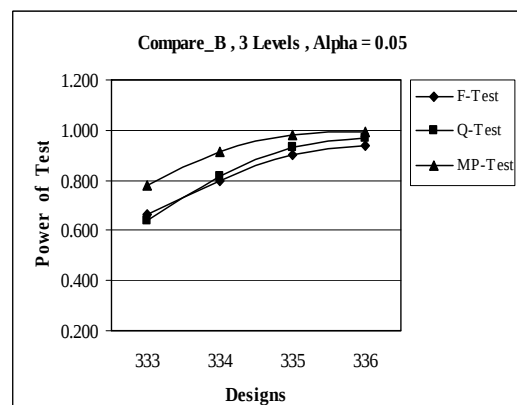
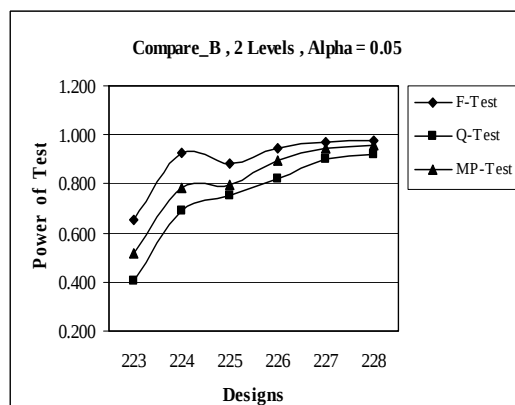


ภาพที่ 42 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 4.4

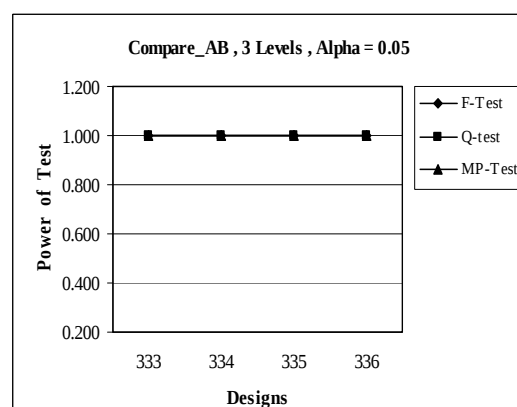
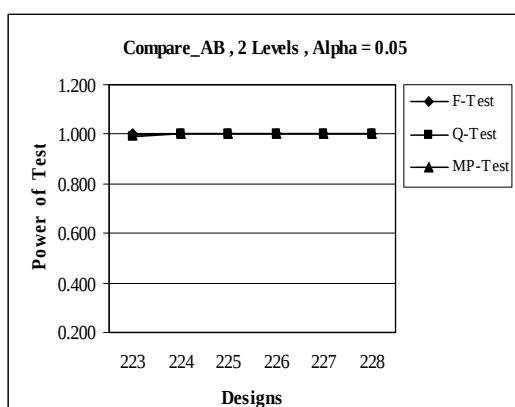
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

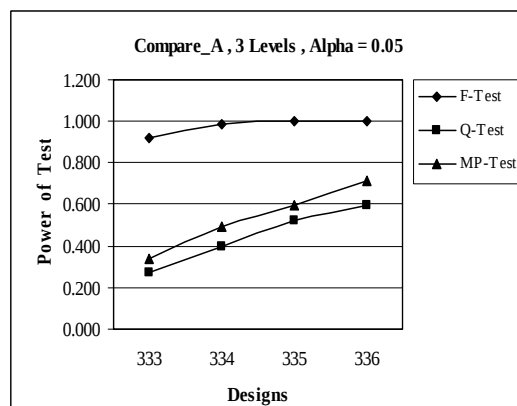
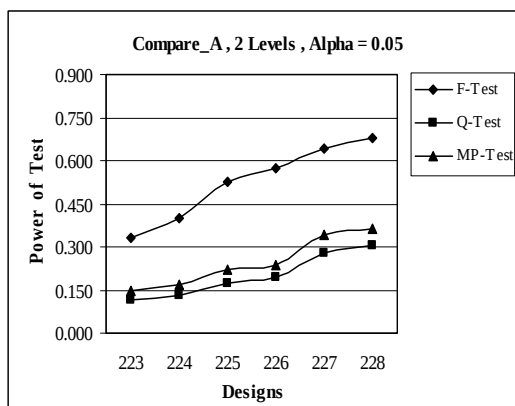


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

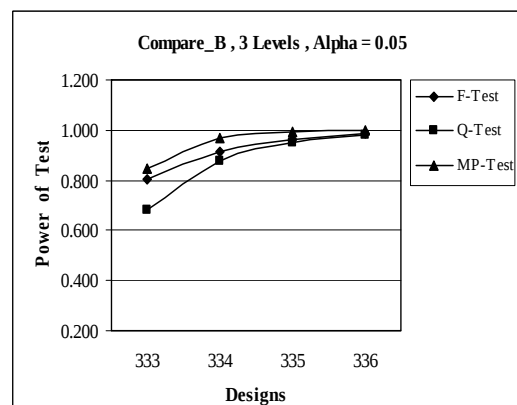
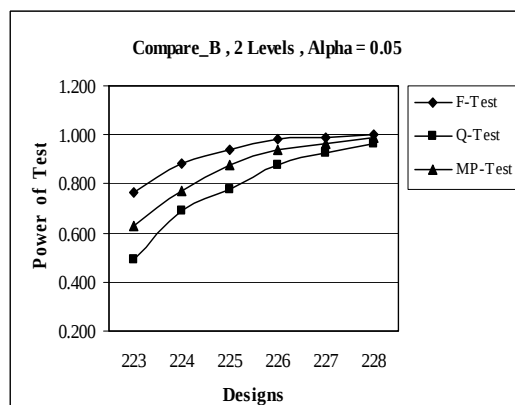


ภาพที่ 43 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 5.2

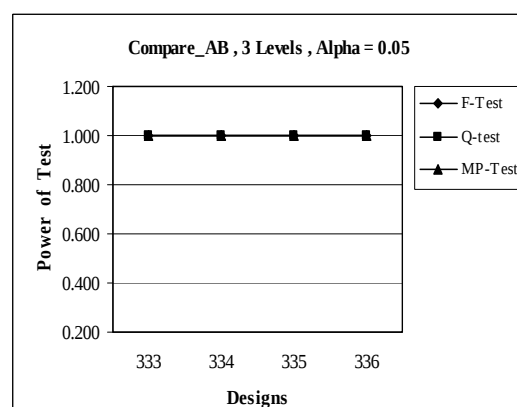
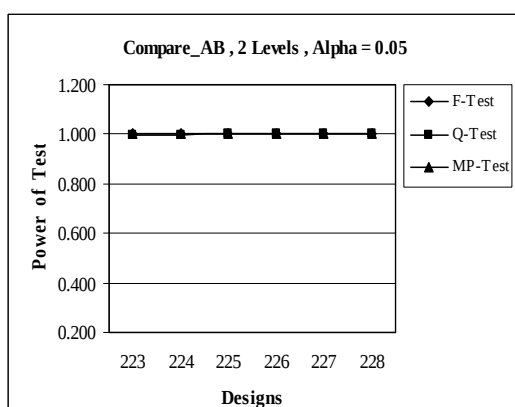
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 44 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 1.0 และความโด่งเท่ากับ 6.0

4) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางยาว

จากตารางที่ 64-75 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 33-44 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และ 1.0 ส่วนความโด่งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ในแต่ละค่าของความเบ้ สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และ 1.0 ส่วนความโด่งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ในแต่ละค่าของความเบ้ สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และพิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับพบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และ 1.0 ส่วนความโด่งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ในแต่ละค่าของความเบ้ สถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ F และ Q ตามลำดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และ 1.0 ส่วนความโด่งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ในแต่ละค่าของความเบ้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ซึ่งสถิติทดสอบ MP และ Q ให้

ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกันเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 20, 24, 28 และ 32 สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน สำหรับแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า ในกรณีที่มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 , 0.75 และ 1.0 ส่วนความโด่งเท่ากับ 3.6 , 4.4 , 5.2 และ 6.0 ในแต่ละค่าของความเบ้ สถิติทดสอบแต่ละวิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

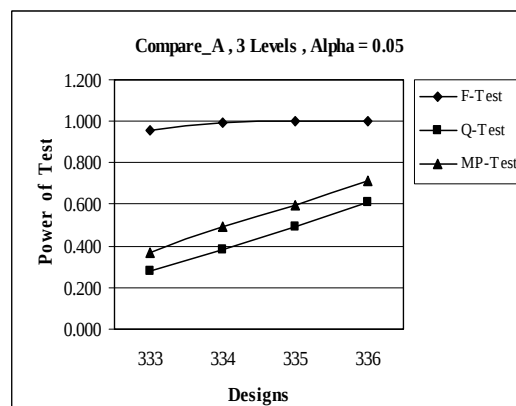
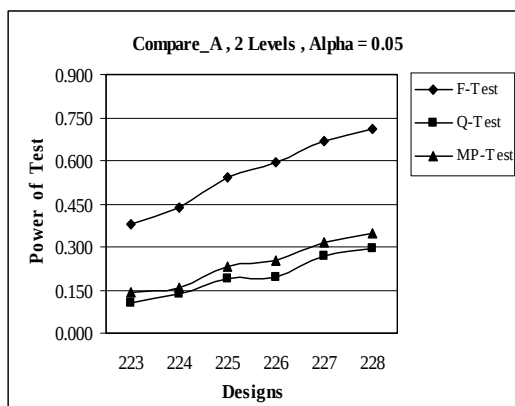
ตารางที่ 76 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโค้งเท่ากับ 2.8

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	38.1	10.6	14.0
224	16	43.7	13.5	15.7
225	20	54.4	19.2	22.9
226	24	59.3	19.4	25.4
227	28	66.7	27.1	31.4
228	32	71.2	29.7	34.6
333	27	95.7	28.1	37.0
334	36	99.4	38.6	49.5
335	45	99.8	49.5	59.4
336	54	100.0	61.1	71.1
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	83.1	47.8	60.9
224	16	94.8	70.5	79.2
225	20	97.9	79.2	87.1
226	24	99.3	87.5	94.1
227	28	99.8	92.3	96.5
228	32	99.9	96.0	99.1
333	27	81.9	70.9	88.1
334	36	91.8	87.3	96.2
335	45	97.5	95.1	99.4
336	54	99.0	98.2	99.9
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.5	100.0
224	16	100.0	100.0	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

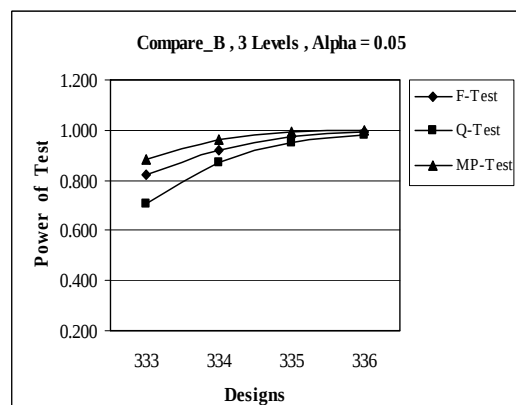
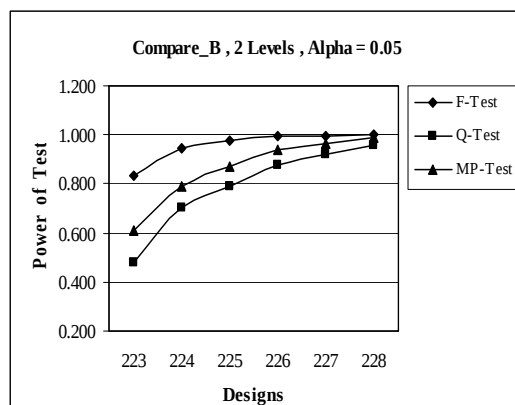
ตารางที่ 77 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 2.8

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	37.5	12.1	14.5
224	16	43.6	14.0	16.1
225	20	52.7	19.2	21.3
226	24	61.5	19.9	24.7
227	28	65.5	25.0	29.7
228	32	74.6	32.5	36.4
333	27	95.6	24.7	34.1
334	36	99.6	37.7	47.2
335	45	99.7	47.9	60.7
336	54	100.0	62.1	71.7
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	82.8	46.0	58.3
224	16	93.8	67.4	78.5
225	20	97.7	79.2	87.5
226	24	99.3	89.1	95.5
227	28	99.8	92.2	96.7
228	32	99.9	96.3	99.2
333	27	81.6	71.8	86.3
334	36	94.2	88.7	97.4
335	45	97.9	95.8	99.8
336	54	99.5	99.0	100.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.3	99.9
224	16	100.0	99.9	100.0
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

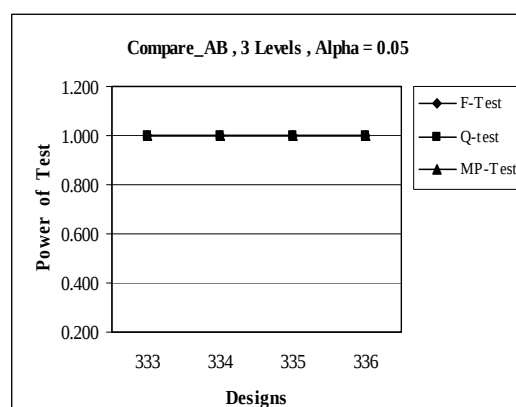
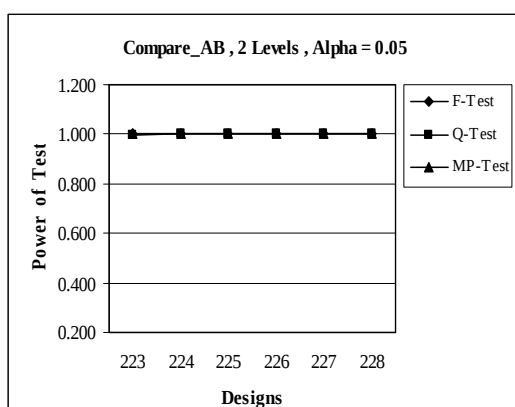
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

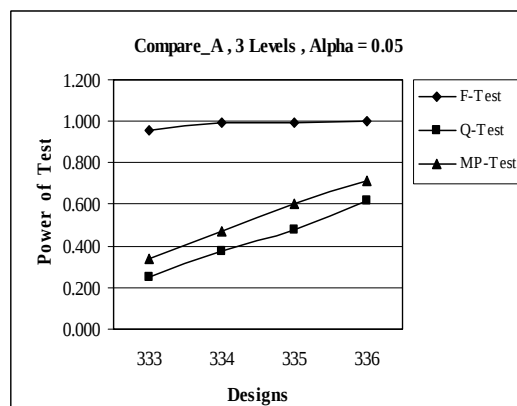
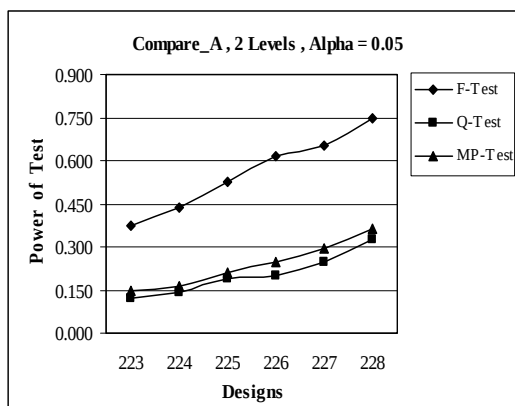


การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

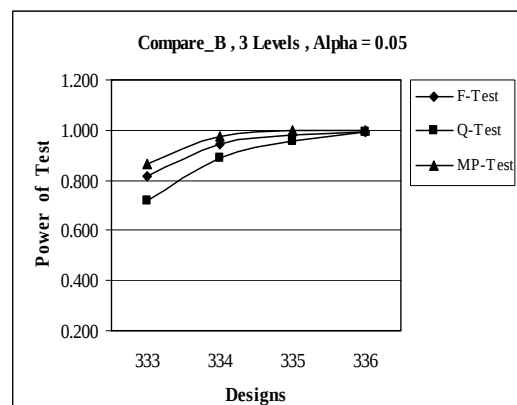
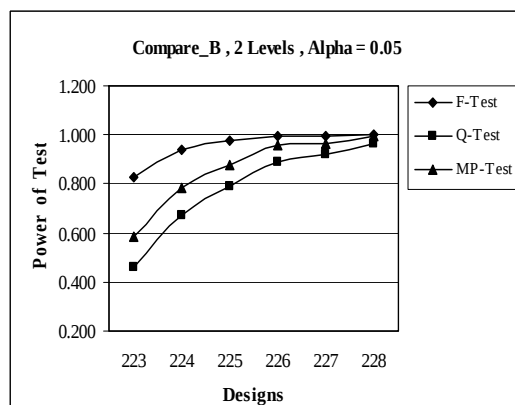


ภาพที่ 45 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.5 และความโด่งเท่ากับ 2.8

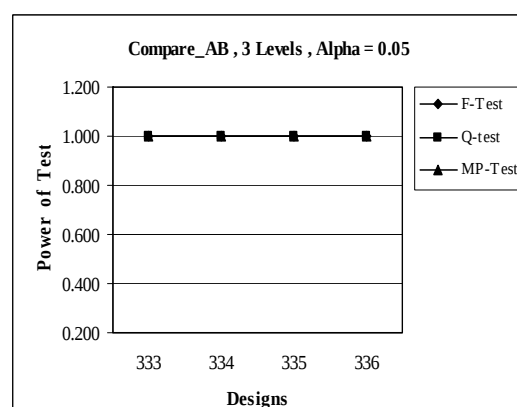
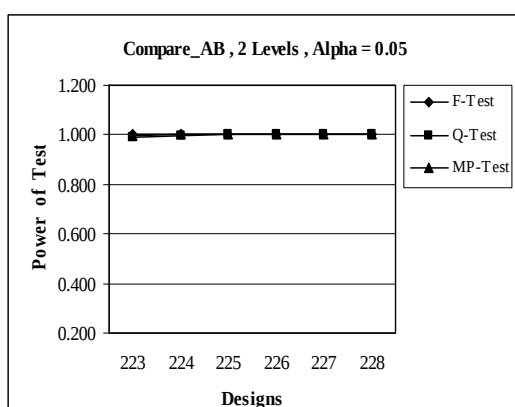
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 46 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0.75 และความโค้งเท่ากับ 2.8

5) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบไม่สมมาตรและหางสั้น

จากตารางที่ 76-77 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 45-46 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และ 0.75 ความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และ 0.75 ความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และพิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับพบว่า เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และ 0.75 ความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ F และ Q ตามลำดับ

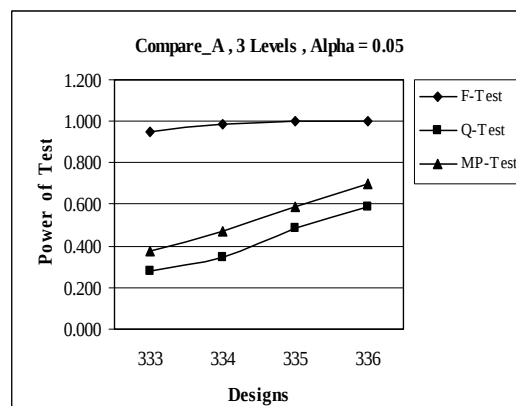
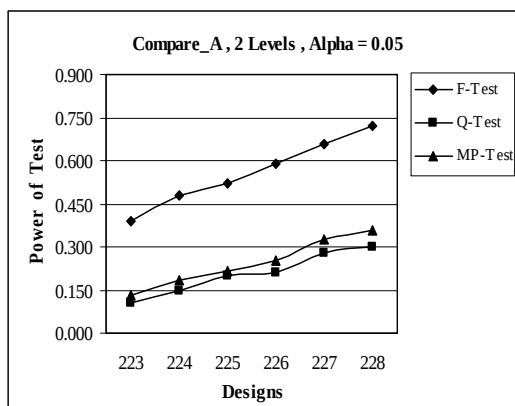
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และ 0.75 ความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบ F และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากันและสูงกว่าสถิติทดสอบ Q แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน และแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และ 0.75 ความโค้งเท่ากับ 2.8 สถิติทดสอบแต่ละวิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

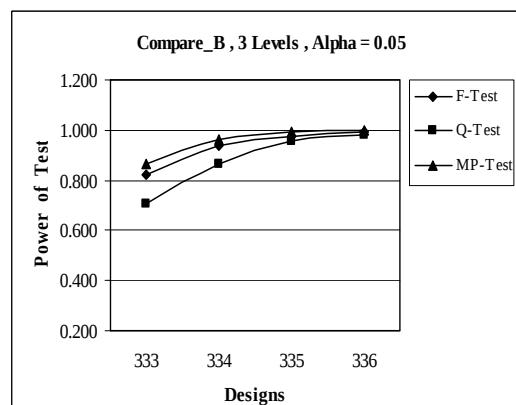
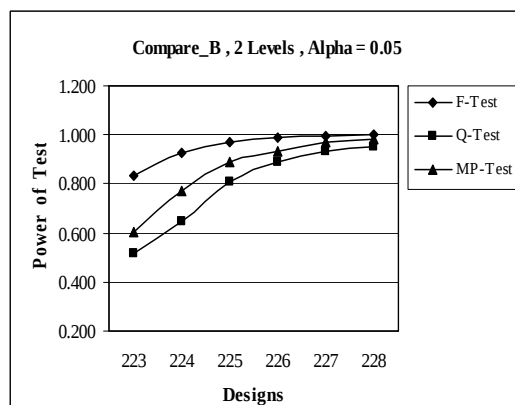
ตารางที่ 78 ค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของ
ความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโค้งเท่ากับ 3.0

การทดลอง ขนาด abn	N	วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A				
223	12	39.2	10.4	13.2
224	16	48.0	15.0	18.2
225	20	52.1	19.8	21.8
226	24	59.2	21.3	25.1
227	28	66.0	27.9	32.6
228	32	72.0	29.8	36.0
333	27	94.7	27.7	37.3
334	36	98.9	34.5	46.8
335	45	99.9	48.4	58.8
336	54	99.9	59.2	69.8
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B				
223	12	83.5	51.5	60.4
224	16	92.9	65.0	77.1
225	20	97.3	81.1	88.7
226	24	99.1	88.8	93.6
227	28	99.8	93.2	97.0
228	32	99.9	95.2	98.0
333	27	82.1	70.8	86.2
334	36	93.8	86.5	96.1
335	45	97.4	95.4	99.5
336	54	99.3	98.2	100.0
การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B				
223	12	100.0	99.7	99.7
224	16	100.0	99.7	99.9
225	20	100.0	100.0	100.0
226	24	100.0	100.0	100.0
227	28	100.0	100.0	100.0
228	32	100.0	100.0	100.0
333	27	100.0	100.0	100.0
334	36	100.0	100.0	100.0
335	45	100.0	100.0	100.0
336	54	100.0	100.0	100.0

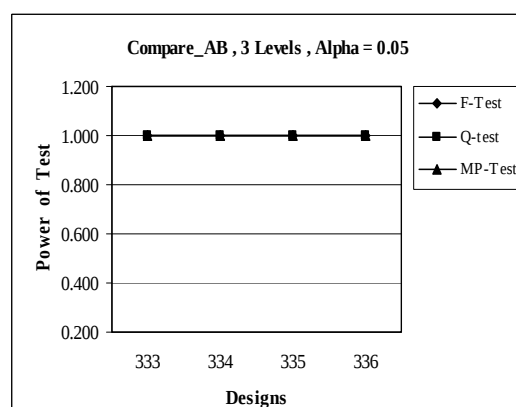
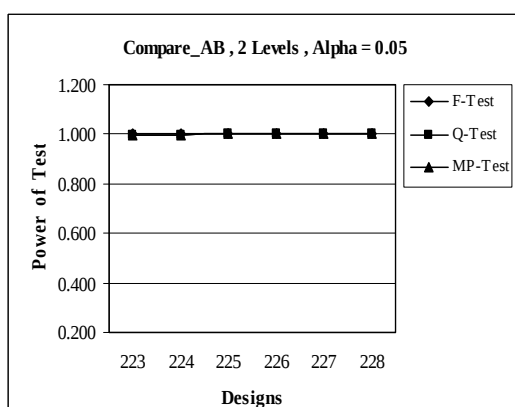
การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A



การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B



การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B



ภาพที่ 47 การเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 3.0

6) ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ

จากตารางที่ 78 แสดงค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ และภาพที่ 47 แสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ จำแนกตามขนาดตัวอย่างของแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูงขึ้นด้วย

การเปรียบเทียบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และสถิติทดสอบ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และพิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ F และ Q ตามลำดับ

การเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B

พิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับพบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ MP และ Q ตามลำดับ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 24, 28 และ 32 สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน สำหรับแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบแต่ละวิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ 4 วิธี ได้แก่ สถิติทดสอบ F ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบทางสถิติพารามตริก, สถิติทดสอบ Q, สถิติทดสอบ MP และสถิติทดสอบ S ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบทางสถิตินอนพารามตริก ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนแบบแฟคทอเรียลซึ่งแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ดังนี้

1. ศึกษาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ F, สถิติทดสอบ Q, สถิติทดสอบ MP และสถิติทดสอบ S ข้อมูลที่ทำการศึกษาคือข้อมูลที่มีการแบ่งลักษณะแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบปกติ และแบบไม่ปกติ รวม 6 ลักษณะ โดยจำแนกตามแผนการทดลองที่ใช้คือแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ จำนวนการทำซ้ำมี 3, 4, ..., 8 ครั้ง ซึ่งในที่นี้จะเขียนแทนด้วยแผนแบบ 223, 224, 225, 226, 227 และ 228 โดยมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12, 16, 20, 24, 28 และ 32 ตามลำดับ สำหรับแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ จำนวนการทำซ้ำมี 3, 4, 5 และ 6 ครั้ง จะเขียนแทนด้วยแผนแบบ 333, 334, 335 และ 336 ซึ่งมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 27, 36, 45 และ 54 ตามลำดับ สรุปผลโดยจำแนกตามความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธีที่ใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A, B และอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B แสดงในตารางที่ 79-80

พิจารณาสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของปัจจัยหลักของปัจจัย A พบว่าโดยส่วนใหญ่ไม่มีสถิติทดสอบใดที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษานี้คือ อยู่ในช่วง $[0.036, 0.064]$ ซึ่งค่าที่ได้จากการศึกษาจะตกอยู่นอกช่วงที่กำหนด คือมากกว่า 0.064 โดยเฉลี่ยประมาณ 0.02 - 0.03

ตารางที่ 79 สรุปความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธีที่ใช้ในการทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

ลักษณะการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อน	ระดับของ ปัจจัย	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
1. โกล์เคียงการแจก แจงแบบปกติ	2 ระดับ	ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อน ประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 20 และ 28	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อน ประเภทที่ 1 ได้ แม้ว่าตัวอย่างมีขนาด เล็กคือเท่ากับ 12 และ 16 เมื่อขนาด ตัวอย่างมากขึ้นสถิติทดสอบ Q ยังคง ควบคุมความคลาดเคลื่อนได้	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อน ประเภทที่ 1 ได้ แม้ว่าตัวอย่างมีขนาด เล็กเท่ากับ 12 และ 16 เมื่อขนาด ตัวอย่างมากขึ้นสถิติทดสอบ MP จะ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนดีขึ้น	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ เหมือนกับสถิติทดสอบ F และ MP	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ เหมือนกับสถิติทดสอบ F และ Q	-
2. สมมาตรและหาง ยาว	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ เหมือนกับสถิติทดสอบ Q	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	-
3. สมมาตรและหาง สั้น	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ เมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 และ 32	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 24	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ เหมือนกับสถิติทดสอบ Q	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	-

ตารางที่ 79 (ต่อ)

ลักษณะการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อน	ระดับของ ปัจจัย	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
4. ไม่สมมาตรและ หางยาว	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ และมีแนวโน้มในการควบคุมน้อยกว่า สถิติทดสอบ Q และ MP	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ แม้ว่าตัวอย่างจะมีขนาดเล็กคือเท่ากับ 12 , 16 และ 20	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และ ใกล้เคียงสถิติทดสอบ Q	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้	-
5. ไม่สมมาตรและ หางสั้น	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 และ 32	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ แม้ว่าตัวอย่างจะมีขนาดเล็กคือเท่ากับ 12 , 16 และ 20	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้เมื่อ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 และ 32	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	-
6. แบบปกติ	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ เมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ขึ้นไป	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ แม้ว่าตัวอย่างเท่ากับ 12 , 16 และ 20	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ และใกล้เคียงสถิติทดสอบ Q	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	-

หมายเหตุ - หมายถึง สถิติทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 80 สรุปความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 4 วิธีที่ใช้ในการทดสอบอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B

ลักษณะการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อน	ระดับของ ปัจจัย	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
1. โกล์เฉียงการแจก แจงแบบปกติ	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อน ประเภทที่ 1 ได้บางกลุ่มของขนาด ตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อน ประเภทที่ 1 ได้แม้ว่าตัวอย่างมีขนาด เท่ากับ 12 และ 16 เมื่อขนาดตัวอย่าง มากขึ้นสถิติทดสอบ Q ยังคงควบคุม ความคลาดเคลื่อนได้	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อน ประเภทที่ 1 ได้โกล์เฉียงสถิติทดสอบ Q และมีแนวโน้มควบคุมความ คลาดเคลื่อนได้ดีขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่าง เพิ่มขึ้น	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	-
2. สมมาตรและหาง ยาว	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 32	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง แม้ว่า ตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 12 และ 16	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และ โกล์เฉียงสถิติทดสอบ Q	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้	-
3. สมมาตรและหาง สั้น	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ เมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 28 และ 32	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ที่ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 และ 32	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ โกล์เฉียงสถิติทดสอบ Q	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 27	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 45	-

ตารางที่ 80 (ต่อ)

ลักษณะการแจกแจง ของความคลาดเคลื่อน	ระดับของ ปัจจัย	วิธีการทดสอบ			
		F	Q	MP	S
4. ไม่สมมาตรและ หางยาว	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ แต่มีแนวโน้มควบคุมได้น้อยกว่าสถิติ ทดสอบ Q และ MP	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ แม้ว่าตัวอย่างจะมีขนาดเท่ากับ 12 และ 16	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ใกล้เคียงสถิติทดสอบ Q	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้	-
5. ไม่สมมาตรและ หางสั้น	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 16	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ แม้ว่าตัวอย่างจะมีขนาดเท่ากับ 12 และ 16	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ใกล้เคียงสถิติทดสอบ Q	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้	-
6. แบบปกติ	2 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ เมื่อมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ขึ้นไป	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 12 และ 16	-
	3 ระดับ	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง	-

หมายเหตุ - หมายถึง สถิติทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง

จากตารางที่ 79-80 เมื่อพิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดเล็กคือเท่ากับ 12 และ 16 แต่เมื่อตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้นสถิติทดสอบ F มีแนวโน้มในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีขึ้น ส่วนสถิติทดสอบ Q สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบ MP แต่เมื่อพิจารณาแผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F, Q และ MP สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง สำหรับสถิติทดสอบ S เป็นสถิติทดสอบเพียงวิธีเดียวที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง และทุกลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จากข้อสรุปดังกล่าว พบว่าเมื่อระดับปัจจัยเพิ่มขึ้น ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้น ระดับของปัจจัยจึงมีผลต่อการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี

2. ศึกษาเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ซึ่งจากสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ สถิติทดสอบ F, สถิติทดสอบ Q, สถิติทดสอบ MP และสถิติทดสอบ S พบว่า มีสถิติทดสอบ 3 วิธีที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ คือ สถิติทดสอบ F, สถิติทดสอบ Q และสถิติทดสอบ MP ดังนั้นจึงศึกษาเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ซึ่งแบ่งศึกษาเป็น 2 กรณีตามการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวแทน ดังนี้

กรณีที่ 1 แผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์

$$\alpha_1 = -2, \alpha_2 = 2, \tau_1 = 5, \tau_2 = -5$$

แผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์

$$\alpha_1 = -4, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 3, \tau_1 = 6, \tau_2 = -1, \tau_3 = -5$$

กรณีที่ 2 แผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์

$$\alpha_1 = 5, \alpha_2 = -5, \tau_1 = -10, \tau_2 = 10$$

แผนแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์

$$\alpha_1 = 10, \alpha_2 = 2, \alpha_3 = -12, \tau_1 = -8, \tau_2 = -1, \tau_3 = 9$$

ในที่นี้หาค่าเฉลี่ยของร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ จากนั้นสรุปผลเป็นอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบที่ใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A, B และอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B แสดงในตารางที่ 81-83

ตารางที่ 81 สรุปอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธีที่ใช้
ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A

ลักษณะการแจกแจงของ ความคลาดเคลื่อน	ระดับของ ปัจจัย	กรณีที่ 1			กรณีที่ 2		
		สถิติทดสอบ			สถิติทดสอบ		
		F	Q	MP	F	Q	MP
1. ใกล้เคียงการแจกแจง แบบปกติ	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
2. สมมาตรและหางยาว	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
3. สมมาตรและหางสั้น	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
4. ไม่สมมาตรและหางยาว	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
5. ไม่สมมาตรและหางสั้น	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
6. แบบปกติ	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)

- หมายเหตุ (1) หมายถึง สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด
 (2) หมายถึง สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบเป็นอันดับสอง
 (3) หมายถึง สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด

จากตารางที่ 81 สรุปอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธีที่ใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย A ทั้งในกรณีที่ 1 และ 2 พบว่า สถิติทดสอบ F เป็นสถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน และทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง รองลงมาเป็นสถิติทดสอบ MP ส่วนสถิติทดสอบ Q จะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นสถิติทดสอบ MP และ Q จะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 82 สรุปอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธีที่ใช้
ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B

ลักษณะการแจกแจงของ ความคลาดเคลื่อน	ระดับของ ปัจจัย	กรณีที่ 1			กรณีที่ 2		
		วิธีการทดสอบ			วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP	F	Q	MP
1. โกล้เคียงการแจกแจง แบบปกติ	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(2)	(3)	(1)
2. สมมาตรและหางยาว	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(2)	(3)	(1)
3. สมมาตรและหางสั้น	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(2)	(3)	(1)
4. ไม่สมมาตรและหางยาว	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(2)	(3)	(1)
5. ไม่สมมาตรและหางสั้น	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(2)	(3)	(1)
6. แบบปกติ	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(1)	(3)	(2)
	3 ระดับ	(1)	(3)	(2)	(2)	(3)	(1)

- หมายเหตุ (1) หมายถึง สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด
 (2) หมายถึง สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบเป็นอันดับสอง
 (3) หมายถึง สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด

จากตารางที่ 82 สรุปอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธีที่ใช้ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย B ในกรณีที่ 1 พบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน และทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง รองลงมาเป็นสถิติทดสอบ MP และสถิติทดสอบ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ต่ำที่สุด แต่สถิติทดสอบ MP และ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น และในกรณี ที่ 2 เมื่อพิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบ MP ส่วนสถิติทดสอบ Q จะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ต่ำที่สุด แต่เมื่อที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบ F และ Q ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ต่ำที่สุด

ตารางที่ 83 สรุปอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธีที่ใช้
ทดสอบอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B

ลักษณะการแจกแจงของ ความคลาดเคลื่อน	ระดับของ ปัจจัย	กรณีที่ 1			กรณีที่ 2		
		วิธีการทดสอบ			วิธีการทดสอบ		
		F	Q	MP	F	Q	MP
1. โกล้เคียงการแจกแจง แบบปกติ	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	**	**	**
	3 ระดับ	**	**	**	**	**	**
2. สมมาตรและหางยาว	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	**	**	**
	3 ระดับ	**	**	**	**	**	**
3. สมมาตรและหางสั้น	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	**	**	**
	3 ระดับ	**	**	**	**	**	**
4. ไม่สมมาตรและหางยาว	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	**	**	**
	3 ระดับ	**	**	**	**	**	**
5. ไม่สมมาตรและหางสั้น	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	**	**	**
	3 ระดับ	**	**	**	**	**	**
6. แบบปกติ	2 ระดับ	(1)	(3)	(2)	**	**	**
	3 ระดับ	**	**	**	**	**	**

หมายเหตุ (1) หมายถึง สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด
 (2) หมายถึง สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบเป็นอันดับสอง
 (3) หมายถึง สถิติทดสอบนั้นให้ค่าอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด
 ** หมายถึง สถิติทดสอบนั้น ๆ ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่เท่ากัน

จากตารางที่ 83 สรุปอันดับของการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธีที่ใช้ทดสอบอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ B ในกรณีที่ 1 เมื่อพิจารณาแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F เป็นสถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน และทุกกลุ่มของขนาดตัวอย่าง รองลงมา เป็นสถิติทดสอบ MP ส่วนสถิติทดสอบ Q จะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่ต่ำที่สุด และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วย สำหรับแผนแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F , Q และ MP ให้ค่าอำนาจการ

ทดสอบเท่ากัน ในกรณีที่ 2 เมื่อพิจารณาแผนแบบแฟลททอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 และ 3 ระดับ พบว่า สถิติทดสอบ F , Q และ MP ให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน

ในการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ 4 วิธี คือ สถิติทดสอบ F , Q , MP และ S จะเห็นว่าระดับของปัจจัยที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นมีผลต่อความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบ คือเมื่อมีระดับของปัจจัยมากขึ้นความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบจะควบคุมได้ดีขึ้น และค่าอำนาจการทดสอบจะสูงขึ้น ดังนั้นในการทดลองควรมีการกำหนดระดับของปัจจัยให้เหมาะสมเพื่อความถูกต้องของผลการทดลอง และจากผลการศึกษาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบควบคู่กัน พบว่า สถิติทดสอบ F ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติพารามตริกยังคงให้ประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ข้อมูล แม้ว่าลักษณะของข้อมูลจะไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม จึงควรเลือกใช้สถิติทดสอบ F ในการวิเคราะห์ข้อมูล ส่วนสถิติทดสอบ Q และ MP เป็นวิธีการทางสถิตินอนพารามตริกที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ และเหมาะสมกับข้อมูลที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นสถิติทั้ง 2 วิธีนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้

ข้อเสนอแนะ

ในที่นี้ผู้วิจัยเสนอแนวทางสำหรับผู้สนใจทำการศึกษาในอนาคต ดังนี้

1. การกำหนดตัวแปรร่วมที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยอาจกำหนดตัวแปรร่วมมากกว่า 1 ตัว
2. การกำหนดลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยอาจเลือกใช้การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบอื่น ๆ เช่นการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล การแจกแจงแบบไคสแควร์ เป็นต้น
3. การกำหนดการทำซ้ำในแต่ละทรีทเมนต์คอมบินชันของแผนแบบแฟลททอเรียล ผู้วิจัยควรมีการทำซ้ำมากกว่า 2 ครั้ง เพื่อความแม่นยำในการทดลอง

4. ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้ขนาดตัวอย่างในแต่ละทริทเมนต์คอมบินชันเท่ากัน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจกำหนดให้ขนาดตัวอย่างในแต่ละทริทเมนต์คอมบินชันไม่เท่ากัน เพื่อการศึกษาเชิงลึกมากขึ้น

5. การกำหนดช่วงในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ผู้วิจัยอาจใช้เกณฑ์อื่น ๆ ได้ เช่น เกณฑ์ของ Cochran , เกณฑ์ของ Bradley

6. ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับอิทธิพลของทริทเมนต์ เพื่อต้องการศึกษา กรณีที่ข้อมูลมีแนวโน้มการเกิดอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A และ B ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจกำหนดค่าเพื่อศึกษาข้อมูลที่ไม่เกิดอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กนกวรรณ จิตินันต์. 2538. การศึกษาเปรียบเทียบตัวทดสอบสถิติแบบพาราเมตริกและแบบนอนพาราเมตริกในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบเบ้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชิดชนก ชาณุรงค์. 2548. การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 4 วิธี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญอ้อม โนนที. 2549. สถิติการวางแผนการทดลอง: ทฤษฎีและการวิเคราะห์ด้วย SAS. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์. 2545. สถิติเชิงคณิตศาสตร์: ทฤษฎีและการประยุกต์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รุ่งรวี เอื้อเจริญทรัพย์. 2544. การศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล 4 การทดสอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริลักษณ์ ไพศาลสิงห์. 2546. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ในการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ศุภัตรา ชะมะบุตร. 2546. การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบนอร์มอล — สกอร์สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2549. วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Anonymous. n.d. **ANOVA: Simulation of a 2-way fixed design with interaction**. Available

Source: <http://www.fss.uu.nl/ms/hl/anovasim.htm>

Conover, W.J. and R.L. Iman. 1982. Analysis of covariance using the rank transformation.

Biometrics. 38: 715-745.

Hamilton, B.L. 1976. A monte carlo test of the robustness of parametric and nonparametric analysis of covariance against unequal regression slopes. **J. Am. Statist. Ass.**

71: 864-869.

Johnson, N.L. and K. Tetley. 1951. **Statistics**. 2nd ed. Bentley House, London.

Lewis – Beck, M.S. 1993. **Experimental design and Methods**. London : sage.

Quade, D. 1967. Rank analysis of covariance. **J. Am. Statist. Ass.** 62: 1187-1200.

Ramberg, J.S. and B.W. Schneiser. 1979. A probability distribution and its uses in fitting data. **Technometrics**. 21: 201-214.

Scheirer, C.J. , W.S. Ray. and N. Hare. 1976. The analysis of ranked data derived from completely randomized factorial designs. **Biometrics**. 32: 429-434.

Shapiro, S.S. , M.B. Wilk. and H.J. Chen. 1968. A comparative study of various tests for normality. **J. Am. Statist. Ass.** 63: 1343-1372.

Shirley, E.A.C. 1981. A distribution – free method for analysis of covariance based on ranked data. **Appl. Statist.** 30: 158-162.

Yamane, T. 1964. **Statistics An Introductory Analysis**. 2nd ed. Happer & Row Pulb: New york.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะยกตัวอย่างเฉพาะกรณีเดียวคือ กรณีแผนแบบแฟลททอเรียล 2 ปัจจัยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ จำนวนซ้ำเท่ากับ 4 และการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่มีความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 2.8 ดังนี้

โปรแกรมที่ใช้จำลองข้อมูลให้มีการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด

```
option nonumber nodate;
dm 'out;clear;log;clear;';
%let NN = 600000; %let N = 16; %let a = 2; %let b = 2;
%let k = 4; %let L1 = 0; %let L2 = 0.2433;
%let L3 = 0.1765; %let L4 = 0.1765; %let s_min = 0;
%let s_max = 0.05; %let k_min = 2.7; %let k_max = 2.9;
%let seed1 = 12345;

data simerror;
  array err[&N] err1-err&N;
  seed = 9246809;
  LX1 = (&L1*10)+100;
  LX2 = &L2/10;
  do J = 1 to &NN;
    do I = 1 to &N;
      P1 = ranuni(seed);
      err[I] = LX1+((P1**&L3)-((1-P1)**&L4))/LX2;
      mean_err = mean (of err1-err&N);
    end;
    output;
  end;
drop seed I LX1 LX2 P1 ;
run;

data simerror1;
set simerror;
  array err[&N] err1-err&N;
  array dou_2[&N] dou1-dou&N;
  array tri_3[&N] tri1-tri&N;
  array for_4[&N] for1-for&N;
  mean_err = mean (of err1-err&N);
  do I = 1 to &N;
    dou_2[I] = (err[I]-mean_err)**2;
    tri_3[I] = (err[I]-mean_err)**3;
    for_4[I] = (err[I]-mean_err)**4;
    m2 = (sum (of dou1-dou&N))/&N;
    m3 = (sum (of tri1-tri&N))/&N;
    m4 = (sum (of for1-for&N))/&N;
    skew = m3/(m2**(3/2));
    kurt = m4/(m2**2);
  end;
  if (&s_max > skew >= &s_min and &k_min < kurt < &k_max)
then output;
keep skew kurt err1-err&N mean_err j;
proc print data = simerror1;
run;
```

กำหนดค่า X_{ijk} และ Y_{ijk} จากนั้นจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบแฟคทอเรียล

```
data simx_y;
set simerror1;
  array err[&N] err1-err&N;
  array Xs[&N] X1-X&N;
  array Ys[&N] Y1-Y&N;
  do I = 1 to &N;
    Xs[I] = 100+10*NORMAL(&seed1);
    mean_x = mean (of X1-X&N);
    Ys[I] = 50+err[I]+(Xs[I]-mean_x);
  end;
  output;
proc print data = simx_y;
run;
```

```
data simx_y1;
set simx_y;
array error1[&a,&b,&k] err1-err&N;
array Xs1[&a,&b,&k] X1-X&N;
array Ys1[&a,&b,&k] Y1-Y&N;
do A = 1 to &a;
  do B = 1 to &b;
    do rep = 1 to &k;
      resid = error1[A,B,rep];
      X = Xs1[A,B,rep];
      Y = Ys1[A,B,rep];
      output;
    end;
  end;
end;
keep A B rep X Y resid;
proc print data = simx_y1;
run;
```

Export Data เก็บไว้ใน Microsoft Excel

```
PROC EXPORT DATA= WORK.SIMX_Y1
  OUTFILE= "C:\Documents and settings\Kwang\Desktop\
SAS_thesis\simdata_x&y\fac_224\export data\fac_224_1.xls"
  DBMS=EXCEL REPLACE;
  SHEET="224_1";
RUN;
```

โปรแกรม Import Data

```
data ancova;
PROC IMPORT OUT= WORK.ANCOVA
    DATAFILE= "C:\Documents and Settings\Kwang\Desktop\
SAS_thesis\simdata_x&y\fac_224\ export data\fac_224_1.xls"
    DBMS=EXCEL REPLACE;
    SHEET="224_1";
RUN;
```

ทดสอบว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันหรือไม่

```
option mprint;
%MACRO subset(num=);
%let N = 16;
%do i = 0 %to &num;
    data loop&i;
        set ancova;
        if (&N*&i)+1 =< id <= &N*(&i+1) then output loop&i;
    run;
    proc print data = loop&i;
    run;
    proc glm data = loop&i;
    class A B rep;
    model Y = X A|B /SS3;
    run;
%end;
%Mend;
%subset(num=**)
```

สถิติทดสอบ F

```
%MACRO subset(num=);
%let N = 16;
%do i = 0 %to &num;
    data loop&i (drop = F8 F9);
        set F224_1;
        if (&N*&i)+1 =< id <= &N*(&i+1) then output loop&i;
    run;
    proc print data = loop&i;
    run;
    ods output ModelAnova = models&i;
    proc glm data = loop&i;
    class A B rep;
    model Y = X A|B /SS3;
    run;
    /*proc print data = Models&i;
    run;*/
```

```

ods output close;
data test_x&i test_a&i test_b&i test_ab&i;
    set Models&i;
    if source = 'X' then output test_x&i;
    else if source = 'A' then output test_a&i;
    else if source = 'B' then output test_b&i;
    else if source = 'A*B' then output test_ab&i;
run;
%end;
data combine_x (keep = source ProbF);
set
    %do i = 0 %to &num;
        test_x&i
    %end;
    ;
run;
proc print data = combine_x;
run;
data combine_a (keep = source ProbF);
set
    %do i = 0 %to &num;
        test_a&i
    %end;
    ;
run;
proc print data = combine_a;
run;
data combine_b (keep = source ProbF);
set
    %do i = 0 %to &num;
        test_b&i
    %end;
    ;
run;
proc print data = combine_b;
run;
data combine_ab (keep = source ProbF);
set
    %do i = 0 %to &num;
        test_ab&i
    %end;
    ;
run;
proc print data = combine_ab;
run;
%Mend;
%subset(num=999)

```

ให้ค่าอันดับกับข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์สถิติแบบนอนพารามตริก

```

%MACRO subset(num=);
%let N = 16;
%do i = 0 %to &num;
    data loop&i (drop = F8 F9);
        set F224_1;

```

```

        if (&N*&i)+1 <= id <= &N*(&i+1) then output;
    run;
    proc print data = loop&i;
    run;
/*rank data*/
    data rank&i;
        set loop&i;
        proc rank data=loop&i out=rankings&i (drop = F8 F9);
            var x y;
            ranks x_Rank y_Rank;
        proc print data= rankings&i;
        /* title "Rankings of Participants' Scores";*/
    run;

```

สถิติทดสอบ Q

```

    proc reg data = rankings&i;
        model y_rank = x_rank;
        output out=diag&i p=pred r=resid_Q;
    run;
    proc print data = diag&i;
    run;
    ods output ModelAnova = models_Q&i;
    proc glm data = diag&i;
        class A B REP;
    model resid_Q = A|B /SS3;
        /*output out=diag_1&i p=pred r=resid_Q1;
        proc print data=diag_1&i;*/
    run;
        /*proc print data = Models_Q&i;
        run;*/
    ods output close;
    data test_a_Q&i test_b_Q&i test_ab_Q&i;
        set Models_Q&i;
        if source = 'A' then output test_a_Q&i;
        else if source = 'B' then output test_b_Q&i;
        else if source = 'A*B' then output test_ab_Q&i;
    run;
%end;
    data combine_a_Q (keep = source ProbF);
    set
        %do i = 0 %to &num;
            test_a_Q&i
        %end;
    ;
    run;
    proc print data = combine_a_Q;
    run;
    data combine_b_Q (keep = source ProbF);
    set
        %do i = 0 %to &num;
            test_b_Q&i
        %end;
    ;
    run;

```

```

proc print data = combine_b_Q;
run;
data combine_ab_Q (keep = source ProbF);
set
    %do i = 0 %to &num;
        test_ab_Q&i
    %end;
;
run;
proc print data = combine_ab_Q;
run;
%end;
%Mend;
%subset(num=999)

```

สถิติทดสอบ MP

```

ods output ModelAnova = models_Mc&i;
proc glm data = rankings&i;
class A B rep;
model y_rank = x_rank A|B /SS3;
/*output out=diag_2&i p=pred r=resid_M;*/
run;
ods output close;
data test_a_Mc&i test_b_Mc&i test_ab_Mc&i;
set Models_Mc&i;
if source = 'A' then output test_a_Mc&i;
else if source = 'B' then output test_b_Mc&i;
else if source = 'A*B' then output test_ab_Mc&i;
run;
%end;
data combine_a_Mc (keep = source ProbF);
set
    %do i = 0 %to &num;
        test_a_Mc&i
    %end;
;
run;
proc print data = combine_a_Mc;
run;
data combine_b_Mc (keep = source ProbF);
set
    %do i = 0 %to &num;
        test_b_Mc&i
    %end;
;
run;
proc print data = combine_b_Mc;
run;
data combine_ab_Mc (keep = source ProbF);
set
    %do i = 0 %to &num;
        test_ab_Mc&i
    %end;
;

```

```

run;
proc print data = combine_ab_Mc;
run;
%end;
%Mend;
%subset(num=999)

```

ส่วนสถิติทดสอบ S ได้นำข้อมูลจากการคำนวณสถิติทดสอบ MP บางส่วนมาใช้ในการคำนวณ เนื่องจากสถิติทดสอบ S คำนวณจากผลรวมที่ปรับค่าแล้วของปัจจัยที่นำมาทดสอบ ซึ่งได้ค่าจากโปรแกรมการคำนวณสถิติทดสอบ MP หารด้วยผลรวมเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตามสถิติทดสอบแต่ละวิธีแล้ว จากนั้นนำค่าที่ได้เก็บไว้ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำมาพิจารณาว่าสถิติทดสอบแต่ละวิธีสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้หรือไม่ จากนั้นทำการจำลองข้อมูลเพื่อคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ โดยวิธีการจำลองข้อมูลเหมือนกับการจำลองข้อมูลเพื่อคำนวณความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 แต่จะต่างกันที่การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวแทนแฟคทอเรียลคือ ค่า α_i , τ_j และ $(\alpha\tau)_{ij}$ จากนั้นนำข้อมูลที่จำลองขึ้นมาไปทดสอบตามสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี และคำนวณค่าร้อยละของค่าประมาณอำนาจการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธี ว่าสถิติทดสอบวิธีใดให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด และเหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ที่ทำการศึกษา

ภาคผนวก ข

วิธีคำนวณเกณฑ์ในการพิจารณาค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

การทดสอบสมมติฐานสำหรับการพิจารณาเกณฑ์ในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

สมมติฐาน

$$H_0 : \alpha = 0.05$$

$$H_1 : \alpha \neq 0.05$$

กำหนดให้

α = ความน่าจะเป็นต่าง ๆ ของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

α_0 = ความน่าจะเป็นต่าง ๆ ของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง

n = จำนวนของข้อมูลที่ทำการศึกษานขนาดเท่ากับ 1,000

เกณฑ์ในการพิจารณาว่า α_0 อยู่ในช่วงของการปฏิเสธ H_0 หรืออยู่ในช่วงที่สรุปได้ว่า สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีดังนี้ คือ

กรณี $\alpha = 0.05$ เกณฑ์ในการพิจารณา คือ

$$\alpha_0 \leq 0.05 + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1000}} \quad \text{หรือ} \quad \alpha_0 \geq 0.05 - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1000}}$$

$$0.036 \leq \alpha_0 \leq 0.064$$

ถ้าค่า α_0 อยู่ในช่วงข้างต้น สรุปว่า ปฏิเสธ H_0

แสดงว่า สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

งานวิจัยครั้งนี้กำหนดระดับความเชื่อมั่นในการทดสอบค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เท่ากับ 0.95 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เป็น $[0.036, 0.064]$

จากการศึกษาดังกล่าว จะได้ว่า สถิติทดสอบที่มีค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วงดังกล่าวแล้ว จะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ภาคผนวก ค

ตารางสถิติ

ตารางผนวกที่ ค1 ค่าพารามิเตอร์แลมด้า (λ) สำหรับแปลงข้อมูลให้มีค่าความเบ้ (α_3) และความโด่ง (α_4) ตามต้องการ เมื่อข้อมูลมีค่า μ เท่ากับ 0 และ σ เท่ากับ 1

α_4	$\alpha_3 = 0.0$				α_4	$\alpha_3 = 0.5$			
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
1.8	.0	.5774	1.0000	1.0000	2.4	-1.245	.2445	.0178	.4748
2.0	.0	.4952	.5843	.5843	2.6	-.987	.2376	.0410	.3770
2.2	.0	.4197	.4092	.4092	2.8	-.790	.2225	.0561	.2969
2.4	.0	.3533	.3032	.3032	3.0	-.639	.2006	.0630	.2307
2.6	.0	.2949	.2303	.2303	3.2	-.525	.1742	.0825	.1768
2.8	.0	.2433	.1765	.1765	3.4	-.440	.1454	.0566	.1332
3.0	.0	.1974	.1349	.1349	3.6	-.376	.1163	.0476	.0979
3.2	.0	.1563	.1016	.1016	3.8	-.329	.0877	.0369	.0689
3.4	.0	.1191	.0742	.0742	4.0	-.290	.0604	.0259	.0447
3.6	.0	.0852	.0512	.0512	4.1	-.262	.0345	.0149	.0243
3.8	.0	.0545	.0317	.0317	4.2	-.248	.0221	.9582	.0152
4.0	.0	.0262	.0148	.0148	4.3	-.238	.0101	.4383	.6815
4.1	.0	.0128	.7140	.7140	4.4	-.219	-.1612	-.0700	-.1066
4.2	.0	-.0659	-.0363	-.0363	4.6	-.202	-.0128	-.5570	-.8334
4.3	.0	-.0123	-.6706	-.6706	4.8	-.188	-.0344	-.0149	-.0216
4.4	.0	-.0241	-.0130	-.0130	5.0	-.177	-.0546	-.0236	-.0333
4.6	.0	-.0466	-.0246	-.0246	5.2	-.167	-.0737	-.0317	-.0438
4.8	.0	-.0676	-.0350	-.0350	5.4	-.157	-.0917	-.0393	-.0532
5.0	.0	-.0870	-.0443	-.0443	5.6	-.150	-.1087	-.0464	-.0617
5.2	.0	-.1053	-.0528	-.0528	5.8	-.142	-.1246	-.0529	-.0694
5.4	.0	-.1227	-.0606	-.0606	6.0	-.137	-.1398	-.0591	-.0764
5.6	.0	-.1389	-.0677	-.0677	6.2	-.131	-.1542	-.0648	-.0829
5.8	.0	-.1541	-.0742	-.0742	6.4	-.126	-.1679	-.0702	-.0889
6.0	.0	-.1686	-.0802	-.0802	6.6	-.122	-.1809	-.0753	-.0944
6.2	.0	-.1823	-.0858	-.0858	6.8	-.117	-.1933	-.0800	-.0995
6.4	.0	-.1954	-.0910	-.0910	7.0	-.114	-.2050	-.0845	-.1042

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

α_4	$\alpha_3 = 0.75$				α_4	$\alpha_3 = 1.0$			
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
2.8	-1.334	.2104	.0000	.3903	3.4	-1.253	.1772	.0000 ⁺	.2854 ⁺
3.0	-1.097	.2003	.0183	.3119	3.6	-1.169	.1664	.4828 ⁺	.2490
3.2	-.921	.1850	.0299	.2492	3.8	-1.010	.1509	.0141	.1996
3.4	-.785	.1658	.0360	.1974	4.0	-.886	.1333	.0193	.1588
3.6	-.677	.1440	.0375	.1542	4.2	-.787	.1142	.0212	.1244
3.8	-.590	.1206	.0355	.1179	4.4	-.706	.0943	.0206	.0950
4.0	-.521	.0966	.0309	.0873	4.6	-.638	.0741	.0182	.0697
4.2	-.466	.0726	.0246	.0614	4.8	-.581	.0539	.0144	.0477
4.4	-.419	.0492	.0174	.0392	5.0	-.530	.0340	.9695 ⁺	.0285
4.6	-.384	.0266	.9663	.0202	5.2	-.492	.0146	.4383 ⁺	.0117
4.7	-.367	.0156	.5749	.0116	5.3	-.474	.5192	.1584 ⁺	.4061 ⁺
4.8	-.352	.4940	.1833	.3583	5.4	-.445	-.0317	-.0101 ⁺	-.0242 ⁺
4.9	-.339	-.5509	-.2061	-.3916	5.5	-.442	-.0132	-.4176 ⁺	-.9946 ⁺
5.0	-.324	-.0157	-.5915	-.0109	5.6	-.429	-.0222	-.7097 ⁺	-.0146
5.2	-.306	-.0353	.0134	-.0238	5.8	-.403	-.0395	-.0129	-.0282 ⁺
5.4	-.284	-.0539	-.0207	-.0352	6.0	-.379	-.0562	-.0187	-.0388
5.6	-.268	-.0716	-.0276	-.0454	6.2	-.358	-.0721	-.0244	-.0484
5.8	-.254	-.0884	-.0342	-.0547	6.4	-.341	-.0873	-.0299	-.0571
6.0	-.240	-.1044	-.0405	-.0630	6.6	-.325	-.1019	-.0352	-.0651
6.2	-.229	-.1195	-.0464	-.0706	6.8	-.309	-.1158	-.0404	-.0723
6.4	-.219	-.1339	-.0520	-.0776	7.0	-.297	-.1291	-.0453	-.0790

หมายเหตุ ในที่นี้จะแสดงค่าในตารางครอบคลุมเฉพาะค่าความเบ้และความโด่งที่นำมาใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

+ หมายถึง นำค่าในตารางคูณด้วย 10^{-2}

ที่มา: Ramberg (1979)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวชวณี สุภีรัตน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 30 สิงหาคม 2526
สถานที่เกิด	อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (คณิตศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับสอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มี ความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สกวค.) ในปีการศึกษา 2544 - 2548