

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์สำหรับการตรวจสอบ  
อิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ

โดย

นางสาวศิริลักษณ์ไพศาลสิงห์

# มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติประยุกต์

ภาควิชาคณิตศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-464-424-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF NONPARAMETRIC METHODS FOR  
DETECTING TREATMENT EFFECTS IN REPEATED MEASURES  
IN RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN

By

Siriluk Paisalsing

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF SCIENCE

Department of Mathematics

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2003

ISBN 974-464-424-9

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์สำหรับการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ” เสนอโดย นางสาวศิริลักษณ์ ไพศาลสิงห์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวรรณ คงคล้าย)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

1. รองศาสตราจารย์ วัฒนา เกาศัลย์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเจตน์ ไวยากรณ์
3. อาจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี นิลกรณ์)

...../...../.....

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วัฒนา เกาศัลย์)

...../...../.....

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเจตน์ ไวยากรณ์)

...../...../.....

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ)

...../...../.....

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมล บุษบา)

...../...../.....

K 42515005 : สาขาวิชาสถิติประยุกต์

คำสำคัญ : สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ / การวัดซ้ำ / บล็อกสุ่มสมบูรณ์

ศิริลักษณ์ ไพศาลสิงห์ : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์สำหรับการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ (THE COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF NONPARAMETRIC METHODS FOR DETECTING TREATMENT EFFECTS IN REPEATED MEASURES IN RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN) อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ : รศ. วัฒนา เกาศัลย์, ผศ. ดร.สมเจตน์ ไวยาकरण และ อาจารย์ ดร.กมลชนก พานิชกร. 109 หน้า. ISBN 974-464-424-9

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ในการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำซึ่งสถิติทดสอบที่ใช้ในการศึกษามี 3 วิธีด้วยกัน คือ สถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ ภายใต้ตัวแบบ  $X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$  โดยกำหนดสมมติฐานทางเลือก คือ  $H_1: X_{ij} = \mu + \beta_i + \theta_n \tau_j + \epsilon_{ij}$  ( $\theta_n = n^{-1/2}$ ) โดยที่  $\epsilon_{ij}$  และ  $\beta_i$  เป็นอิสระต่อกัน และมีการแจกแจงปกติเหมือนกันที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 เมื่อค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันเท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8 จำนวนบล็อกที่ใช้ในการศึกษา คือ 15, 30 และ 50 จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้ในการศึกษา คือ 3 และ 5 โดยเกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของสถิติทดสอบพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้จำลองด้วยโปรแกรม Minitab กระทำซ้ำกัน 1,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์

ผลการวิจัย

1. โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบฟรیدแมนสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และจำนวนบล็อกมีขนาดเล็กและค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกมีความสัมพันธ์กันไม่มากนัก
2. โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกมีความสัมพันธ์กันน้อย
3. โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 และค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกมีความสัมพันธ์กันมาก
4. เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 ผลจากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า สถิติทดสอบเควดมีกำลังการทดสอบสูงสุดและเมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.8 โดยส่วนใหญ่พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด ถ้า  $\sum_{j=1}^k \tau_j^2$  มีขนาดเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่ากำลังการทดสอบเพิ่มขึ้นทุกกรณีศึกษา หากกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จำนวนสิ่งทดลองและ  $\tau$  มีค่าคงที่แล้ว การเพิ่มจำนวนบล็อกจาก 15 เป็น 30 หรือ 50 กำลังการทดสอบจะลดลง

ภาควิชาคณิตศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ 1. .... 2. .... 3. ....

K 42515005 : MAJOR : APPLIED STATISTICS

KEY WORD : NONPARAMETRIC STATISTICS / REPEATED MEASURES / RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN

SIRILUK PAISALSING : THE COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF NONPARAMETRIC METHODS FOR DETECTING TREATMENT EFFECTS IN REPEATED MEASURES IN RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN. THESIS ADVISORS : ASSO.PROF. WATANA KAOSAL, ASST.PROF. SOMJATE WAIYAKARN, Ph.D., AND KAMOLCHANOK PANISHKAN, Ph.D. 109 pp. ISBN 974-464-424-9.

The main objective of this thesis is to compare the nonparametric methods for detecting treatment effects in repeated measures in randomized complete block design. Three statistical methods, Friedman test, Quade test and Rank Transformation, are used. The model under study is  $X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$  and alternative hypothesis is  $H_1: X_{ij} = \mu + \beta_i + \theta_n \tau_j + \varepsilon_{ij}$  ( $\theta_n = n^{-1/2}$ ) where  $\varepsilon_{ij}$  and  $\beta_i$  are independent and identically distributed as  $N(0,1)$ . The correlation coefficient between blocks are 0.0, 0.2, 0.5 and 0.8. The number of blocks are 15, 30 and 50. The number of treatments are 3 and 5. The effectiveness of tests is examined with respect to probability of type I error and the power of the test. For each situation, the 1,000 data sets were generated and computed by using Minitab program.

The findings are as follows :

1. In the most conditions, Friedman test can control probability of type I error when the number of treatment is 3 and the number of block is small and the correlation coefficient between blocks is also small.
2. In general, Quade test can control probability of type I error when the number of treatment is 3 and the correlation coefficient between blocks is small.
3. When the number of treatment is 5 and the correlation coefficient between blocks is quite large, Rank transformation can control probability of type I error.
4. With respect to the power of the test, Quade test is the best in the most conditions for correlation coefficient 0.0. With correlation coefficient 0.2, 0.5 and 0.8, Rank transformation performs better than others in general. The power of the test increased whereas  $\sum_{j=1}^k \tau_j^2$  increased. With fixed correlation coefficient, the number of treatment and  $\tau$ , the more the number of block, the less the power of the test.

---

Department of Mathematics                      Graduate School, Silpakorn University                      Academic Year 2003

Student's signature .....

Thesis Advisors' signature 1. .... 2. .... 3. ....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตรวจสอบ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี ด้วยความเมตตา ตลอดเวลาที่ทำงานวิจัยนี้จาก รองศาสตราจารย์ วัฒนา เกาศัลย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเจตน์ ไวยากรณ์และอาจารย์ ดร.กมลชนก พานิชกร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงด้วยความซาบซึ้งและสำนึกในพระคุณ ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำ อันมีคุณค่าเพื่อเป็นแนวทางในการเขียนวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี นิลกรณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมล บุชบา ตลอดจนคณาจารย์สาขาสถิติประยุกต์ มหาวิทยาลัย ศิลปากรทุกท่าน

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศิลปากรที่ให้ทุนอุดหนุนการทำวิจัย คุณชัยนิรุต คุ่มเมืองที่ให้ คำปรึกษาในด้านการเขียนโปรแกรม นางสาวที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ตลอดจนเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและคอยเป็นกำลังใจตลอดเวลาที่ทำงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติมิตรทุกท่านที่ช่วยส่งเสริม สนับสนุนการเรียนของผู้วิจัยตลอดมา

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ

### บทที่

1	บทนำ.....	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
	ขอบเขตของการศึกษา.....	6
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
	แผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ.....	10
	สถิติทดสอบพรีดแมน.....	13
	สถิติทดสอบเควด.....	18
	สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ.....	21
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	31
	ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.....	31
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	35
	การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากความสามารถใน	
	การควบคุมของความผิดพลาดประเภทที่ 1.....	35
	การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากกำลังการทดสอบ.....	41
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	80
	ผลสรุปการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากความสามารถ	
	ในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1.....	80

บทที่	หน้า
ผลสรุปการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากกำลัง	
การทดสอบ.....	81
อภิปรายผลการวิจัย.....	81
ข้อเสนอแนะ.....	82
บรรณานุกรม.....	83
ภาคผนวก โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย.....	85
ประวัติผู้วิจัย.....	109

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะข้อมูลแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ (เช่น $n=5, k=3$ ).....	12
2	การเรียงอันดับข้อมูลของสถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบการแปลง ให้เป็นอันดับ(เช่น $n=5, k=3$ ).....	15
3	การเปรียบเทียบวิธีการสอนต่าง ๆ กัน 4 วิธี.....	16
4	การเรียงอันดับจากข้อมูลทั้งหมด โดยให้ค่าต่ำที่สุดเป็นอันดับ 1 ไปเรื่อย ๆ จนถึงค่าสูงสุด เป็นอันดับสุดท้าย $nk$ .....	17
5	การเรียงอันดับข้อมูลของสถิติทดสอบเควด(เช่น $n=5, k=3$ ).....	19
6	การเรียงอันดับข้อมูลภายในบล็อก หาพิสัยของตัวอย่าง อันดับของพิสัย และ $S_{ij}$ .....	20
7	ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ ฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกและจำนวนสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 .....	35
8	ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ ฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกและจำนวนสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 .....	37
9	ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ ฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกและจำนวนสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 .....	38
10	ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ ฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกและจำนวนสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 .....	40

11	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 .....	41
12	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 .....	44
13	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5.....	48
14	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8.....	51
15	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0.....	54
16	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2.....	58

17	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 .....	63
18	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 .....	67
19	ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ ฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จำนวนสิ่งทดลองและจำนวน บล็อก .....	72
20	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์จำนวนบล็อกและอิทธิพลสิ่งทดลอง กรณีเปรียบเทียบ อิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง.....	74
21	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ จำนวนบล็อกและอิทธิพลสิ่งทดลอง กรณีเปรียบเทียบ อิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง.....	77

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ ฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.0 และจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5 .....	36
2	ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ ฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.2 และจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5 .....	37
3	ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ ฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.5 และจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5 .....	39
4	ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ ฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8 และจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5.....	40
5	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และที่ $\tau$ มีขนาดต่าง ๆ กัน.....	43
6	กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติ ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ $\tau$ กรณี เปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50.....	44

- 7 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน..... 46
- 8 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 ..... 47
- 9 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน..... 49
- 10 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50..... 50
- 11 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน..... 52
- 12 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50..... 53

- 13 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน..... 56
- 14 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50..... 57
- 15 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน..... 60
- 16 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 ..... 62
- 17 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน..... 65
- 18 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 ..... 66

- 19    กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติ  
          ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณี  
          เปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์  
          สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน..... 69
- 20    กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติ  
          ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณี  
          เปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์  
          สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 ..... 71

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ(Statistical Design of Experiments) เป็นกระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติอันจะทำให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ วิธีการออกแบบการทดลองจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ดังนั้น สิ่งที่สำคัญ 2 ประการสำหรับปัญหาที่เกี่ยวกับการทดลองก็คือ การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ทั้งนี้ เพราะว่าวิธีการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับการออกแบบการทดลองที่จะนำมาใช้ อย่างไรก็ตามการออกแบบการทดลองใด ๆ มีหลักการพื้นฐาน 3 ประการ คือ การทำซ้ำ(Replication) การสุ่ม(Randomization) และการบล็อก

(Blocking) หลักการทั้งสามนี้มีความสำคัญมากต่อการทดลองในทุก ๆ แผนแบบการทดลองเพราะทำให้การทดลองบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

แผนแบบการทดลองพื้นฐานที่นิยมใช้มี 3 แผนแบบ คือ แผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Randomized Design) แผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์(Randomized Complete Block Design) และแผนแบบการทดลองจัตุรัสลาติน(Latin Squares Design) ทั้งนี้ การเลือกใช้แผนแบบใดขึ้นอยู่กับลักษณะของสิ่งทดลองและปัจจัยที่ต้องการทดสอบ (วิจิตรา พลเยี่ยม 2544 : 8)

ในการทดลองบางประเภทที่มีหน่วยทดลองเป็นคน โดยปกติแล้วจะมีความแตกต่างกันในด้านประสบการณ์และภูมิหลังทำให้ผลตอบสนองของแต่ละคนสำหรับสิ่งทดลองที่ใช้ในการทดลองเดียวกันอาจจะแตกต่างกันมากในบางสถานการณ์ ถ้าไม่มีการควบคุมตัวแปรที่เป็นความแตกต่างระหว่างบุคคลแล้วจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทดลองและในบางกรณีมีค่าความคลาดเคลื่อนมากขึ้น ทำให้เกิดความยากลำบากในการตรวจจับความแตกต่างที่แท้จริงที่เกิดขึ้นระหว่างสิ่งทดลองที่ใช้ในการทดลอง แนวทางที่เป็นไปได้ในการควบคุมความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากแต่ละคนนี้ คือ จะให้สิ่งทดลองกับคน ๆ เดียวกัน จึงเรียกการเก็บข้อมูลในลักษณะนี้ว่าเป็นการวัดซ้ำ(Repeated Measures)



การวางแผนแบบวัดซ้ำเป็นแผนแบบการทดลองหนึ่งที่วัดค่าตัวแปรจากหน่วยทดลองเดียวกันซ้ำหลายครั้ง ทั้งนี้ การวัดซ้ำที่วัดบนหน่วยทดลองเดียวกันภายใต้สิ่งทดลอง(Treatment) ต่าง ๆ ทำให้สามารถควบคุมความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองได้(Singer and Andrade 1997) โดยเฉพาะแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ(Repeated Measure in Complete Block Design) ใช้หน่วยทดลองเป็นบล็อกและสามารถลดความผันแปรของความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากความผันแปรส่วนใหญ่เกิดจากความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองซึ่งมีอยู่ก่อนการทดลอง การแยกความผันแปรส่วนนี้ออกจากอิทธิพลของสิ่งทดลองและความคลาดเคลื่อนของการทดลองจะทำให้การทดลองมีประสิทธิภาพมากขึ้น(Winer 1977)

เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีแผนแบบชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ มี 2 เทคนิค คือ สถิติที่ใช้พารามิเตอร์และสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์

โดยทั่วไปแล้วสถิติที่ใช้พารามิเตอร์มักใช้สถิติทดสอบเอฟ(F-Test) โดยมีข้อสมมติเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงของประชากร กล่าวคือ ประชากรแต่ละกลุ่มจะต้องมีการแจกแจงปกติ แต่ปัญหาที่มักพบอยู่เสมอ คือ ลักษณะการแจกแจงของประชากรอาจไม่เป็นแบบปกติ เมื่อข้อมูลไม่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเช่นนี้ หากผู้วิจัยนำวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวมาใช้ก็จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความเชื่อถือได้น้อย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบข้อสมมติว่าข้อมูลสอดคล้องตามข้อสมมติของการวิเคราะห์หรือไม่ โดยอาจพิจารณาได้จากฮิสโตแกรมของส่วนเหลือ เมื่อตรวจสอบแล้วถ้าว่าข้อมูลไม่สอดคล้องกับข้อสมมติจำเป็นต้องมีการแก้ไขปรับข้อมูลโดยวิธีการแปลงข้อมูลเพื่อให้มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติดังกล่าว ซึ่งการแปลงข้อมูลนี้จะเห็นได้ว่ามีขั้นตอนที่ศึกษาหลายขั้นตอนหรือในกรณีที่ไม่สามารถหาวิธีการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมได้ ทางเลือกอีกทางหนึ่งที่น่ามาใช้กับข้อมูลที่ไม่มีความสอดคล้องกับข้อสมมติ คือ ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์

สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์นี้มีข้อดีหลายประการที่สำคัญ คือ ไม่จำเป็นต้องมีข้อสมมติเกี่ยวกับประชากรหรือตัวอย่าง จึงทำให้สะดวกในการใช้และการทดสอบด้วยสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์แบบง่าย ๆ เช่น การจัดอันดับ สามารถคำนวณง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน

สำหรับการทดสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำด้วยสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ได้มีผู้สนใจศึกษาและได้เสนอสถิติทดสอบไว้ดังนี้ คือ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ

Iman Hora and Conover(1984) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์เพื่อตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์

ตัวแบบที่ใช้ในการศึกษา คือ

$$X_{ij} = \tau_j + \beta_i + \varepsilon_{ij} \quad i=1,\dots,n, \quad j=1,\dots,k$$

$X_{ij}$  แทน ค่าสังเกตจากหน่วยทดลองในบล็อกที่  $i$  ที่ได้รับสิ่งทดลองที่  $j$

$\tau_j$  แทน อิทธิพลคงที่ของสิ่งทดลองที่  $j$

$\beta_i$  แทน อิทธิพลสุ่มของบล็อกที่  $i$

$\varepsilon_{ij}$  แทน ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง

และ  $\beta_i$  และ  $\varepsilon_{ij}$  เป็นอิสระต่อกันและมีการแจกแจงที่เหมือนกัน

การศึกษาครั้งนี้ กำหนดสิ่งทดลองมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ในกรณีที่มีสิ่งทดลองเท่ากับ 2 สถิติที่ใช้พารามิเตอร์ทำการทดสอบด้วย สถิติทดสอบที (paired t test) ส่วนสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบอันดับของเครื่องหมายแบบวิลคอกสัน (Wilcoxon Signed-Rank test หรือ WRS) หรือสถิติทดสอบด้วยเครื่องหมาย (Sign test) และในกรณีที่มีสิ่งทดลองมากกว่า 2 มีสถิติที่ใช้ในการทดสอบ 4 แบบด้วยกัน คือ สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟริดแมน (Friedman test) สถิติทดสอบควอด (Quade test) และสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ (Rank transformation)

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบสามารถจัดอยู่ในรูปของตาราง 2 ทาง และสามารถจัดอันดับข้อมูลได้ โดยกำหนดจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2, 3, 4, 5 และ 10 จำนวนบล็อกเท่ากับ 10, 20 และ 30 โดยที่ความคลาดเคลื่อนและอิทธิพลของบล็อกมีการแจกแจงเหมือนกัน คือ การแจกแจงปกติ การแจกแจงล็อกนอร์มอล การแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล การแจกแจงยูนิฟอร์มและการแจกแจงโคชี ทำการเปรียบเทียบสถิติที่ใช้พารามิเตอร์และสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ด้วยกำลังการทดสอบ (Power of the test) และความแกร่ง (Robustness) ทำการศึกษาโดยทำการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo) ทำซ้ำ 30,000 ครั้ง เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบและกำหนดจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ผลการศึกษาปรากฏว่า 1) สำหรับการแจกแจงปกติและการแจกแจงล็อกนอร์มอล พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด 2) สำหรับการแจกแจงยูนิฟอร์มพบว่าสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด 3) สำหรับการแจกแจงโคชี พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบด้วยเครื่องหมายมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด 4) สำหรับการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล พบว่าสถิติทดสอบอันดับของเครื่องหมายแบบวิลคอกสันมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบและกำหนดจำนวนสิ่งทดลองมากกว่า 2 ผลการศึกษาปรากฏว่า 1) สำหรับการแจกแจงปกติพบว่าสถิติทดสอบเอฟมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด 2) สำหรับการแจกแจงยูนิฟอร์ม พบว่าสถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบเอฟมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

3) สำหรับการแจกแจงโคชี พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบฟรีดแมนมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด 4) สำหรับการแจกแจงล็อกนอร์มอลและการแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ส่วนผลการศึกษาความแกร่งผลปรากฏว่า 1) สำหรับการแจกแจงปกติ การแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียลและการแจกแจงยูนิฟอร์ม พบว่าสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีความแกร่ง 2) สำหรับการแจกแจงล็อกนอร์มอล พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีความแกร่ง 3) สำหรับการแจกแจงโคชี พบว่าสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีความแกร่ง

Kepner and Robinson(1988) ได้ทำการทดสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำด้วยเทคนิคสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ คือ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและได้ทำการเปรียบเทียบกับสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ คือ สถิติทดสอบเอฟ ซึ่ง Kepner and Robinson(1988) ได้ศึกษางานวิจัยของ Agresti and Pendergast 1986 ซึ่งเสนอสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับที่ใช้ในการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำเมื่อสมมติให้ค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากัน ซึ่งสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับจะมีการแจกแจงโคสควอร์เข้าสู่อนันต์เมื่อเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของผลรวมอันดับทั้งหมดภายในสิ่งทดลองมีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร แต่ไม่ได้นำเสนอข้อสมมติว่าข้อมูลต้องมีการแจกแจงปกติ ซึ่งก่อนหน้านี้อ Agresti and Pendergast ได้ศึกษางานวิจัยของ Koch ในปี 1969 ซึ่ง Koch ได้นำเสนอสถิติทดสอบ Koch ในกรณีที่ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันซึ่งเข้าสู่ฟังก์ชันการแจกแจงที่มีเงื่อนไขซับซ้อนและยุ่งยาก ดังนั้น Agresti and Pendergast จึงใช้เงื่อนไขที่พอเพียงของเวกเตอร์ของค่าเฉลี่ยของผลรวมอันดับทั้งหมดภายในสิ่งทดลองที่มีการแจกแจงเข้าสู่การแจกแจงปกติแบบพหุ ผลที่ได้ คือ การแจกแจงลิมิตของสถิติทดสอบ Koch แต่มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดน้อยกว่าที่ Koch ได้เคยนำเสนอไว้และสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ ซึ่งสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับได้มาจากการแปลงข้อมูลด้วยอันดับและประยุกต์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ด้วยสถิติทดสอบเอฟกับข้อมูลที่แปลงด้วยอันดับและนำสถิติทดสอบทั้งสองมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพิทแมน (Pitman Asymptotic Relative Efficiency)

ตัวแบบที่ Kepner and Robinson(1988) ใช้ในการศึกษาคือ

$$X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad i=1, \dots, n \quad j=1, \dots, k$$

โดยที่  $\mu$  แทน ค่าคงที่

$\beta_i$  แทน อิทธิพลสุ่มของบล็อกที่  $i$  (random effect)

$\tau_j$  แทน อิทธิพลคงที่ของสิ่งทดลองที่  $j$  โดยที่  $\sum_{j=1}^k \tau_j = 0$

$\varepsilon_{ij}$  แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง

และ  $\beta_i$  และ  $\varepsilon_{ij}$  เป็นอิสระต่อกันและมีการแจกแจงที่เหมือนกัน

สมมติฐานของการทดสอบ คือ

$$H_0 : X_{ij} = \mu + \beta_i + \varepsilon_{ij}$$

$$H_1 : X_{ij} = \mu + \beta_i + \theta_n \tau_j + \varepsilon_{ij} \text{ เมื่อ } \theta_n = n^{-1/2} \text{ เมื่อ } n \text{ แทน จำนวนบล็อก}$$

ตัวแบบที่ใช้ศึกษาของ Kepner and Robinson(1988) มีความแตกต่างกับตัวแบบของ Iman Hora and Conover(1984) เนื่องจากตัวแบบของ Iman Hora and Conover(1984) ใช้ในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์และค่าสังเกตภายในบล็อกไม่มีความสัมพันธ์กัน Kepner and Robinson(1988) ได้ทำการทดสอบสถิติ 3 การทดสอบ คือ สถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ สถิติทดสอบเอฟ เมื่อกำหนดให้มีการวางแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำเมื่อค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันและความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงต่าง ๆ คือ การแจกแจงยูนิฟอร์ม การแจกแจงปกติ การแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล การแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล ซึ่งกำหนดให้มีรูปแบบ  $X_{ij} = c\beta_i + \varepsilon_{ij}$  โดยที่  $\beta_i$  และ  $\varepsilon_{ij}$  มีรูปแบบการแจกแจงที่เหมือนกันและมี  $c$  เป็นค่าคงที่และ  $\rho = \text{corr}(X_{ij}, X_{ij'})$  มีค่าเท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8 กำหนดตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบให้มีขนาดใหญ่ แล้วนำสถิติทดสอบทั้ง 3 มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพิตแมน(Pitman ARE) โดยพิจารณาว่าสถิติทดสอบใดเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด ผลการศึกษาปรากฏว่า 1) สำหรับการแจกแจงปกติ สถิติทดสอบที่ดีที่สุด คือ สถิติทดสอบเอฟ 2) สำหรับการแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล สถิติทดสอบที่ดีที่สุด คือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับเมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในบล็อกมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 โดยที่จำนวนสิ่งทดลองมีไม่มากเกินไป 3) สำหรับการแจกแจงยูนิฟอร์มและการแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล สถิติทดสอบที่ดีที่สุด คือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในบล็อกเท่ากับ 0.0 หากนอกเหนือจากกรณีดังกล่าวแล้วสถิติทดสอบพรีดแมนจะเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

ผู้วิจัยได้นำงานวิจัยทั้ง 2 ที่ได้ศึกษามาใช้ในงานวิจัยร่วมกัน จากแนวคิดของ Kepner and Robinson(1988) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์เพื่อตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ ภายใต้เงื่อนไขคือ ตัวแบบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ  $X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$  สมมติฐานทางเลือกที่ใช้ในการทดสอบ คือ

$H_1: X_{ij} = \mu + \beta_i + \theta_n \tau_j + \varepsilon_{ij}$  จำนวนบล็อกที่ใช้ในการทดสอบ คือ 15,30 และ 50 จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้ในการทดสอบ คือ 3 และ 5 สิ่งทดลอง การแจกแจงความคลาดเคลื่อนของการทดลอง และอิทธิพลสุ่มของบล็อกที่ใช้ในการศึกษา คือ การแจกแจงปกติ กำหนดให้  $\rho = \text{corr}(X_{ij}, X_{ij})$  มี 4 ระดับ คือ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8 สถิติทดสอบที่ใช้ คือ สถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและได้เพิ่มสถิติทดสอบควอด ซึ่ง Iman Hora and Conover(1984) ได้ศึกษาไว้ โดยเกณฑ์ที่ใช้วัดความมีประสิทธิภาพของสถิติทดสอบพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัว ซึ่งได้แก่

- 1) สถิติทดสอบฟรیدแมน(Friedman Test)
- 2) สถิติทดสอบควอด(Quade Test)
- 3) สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ(Rank Transformation)

ในการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ (Repeated Measures in Randomized Complete Block Design) เมื่อค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกมีความสัมพันธ์กัน

### ขอบเขตของการวิจัย

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์สำหรับตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตการศึกษา ดังนี้

1. ตัวแบบที่ใช้ในการศึกษา :

$$X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad i=1,\dots,n \quad j=1,\dots,k$$

โดยที่  $X_{ij}$  แทน ค่าสังเกตจากหน่วยทดลองในบล็อกที่  $i$  ที่ได้รับสิ่งทดลองที่  $j$

$\mu$  แทน ค่าคงที่

$\beta_i$  แทน อิทธิพลสุ่มของบล็อกที่  $i$

$\tau_j$  แทน อิทธิพลคงที่ของสิ่งทดลองที่  $j$  โดยมีเงื่อนไข  $\sum_{j=1}^k \tau_j = 0$

$\varepsilon_{ij}$  แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง

และ  $\beta_i$  และ  $\varepsilon_{ij}$  มีการแจกแจงที่เหมือนกัน

ทั้งนี้ กำหนดเงื่อนไข คือ

1.1)  $\varepsilon_{ij}$  และ  $\beta_i$  เป็นตัวแปรสุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน

1.2)  $\varepsilon_{ij}$  และ  $\beta_i$  มีการแจกแจงปกติเหมือนกัน โดยมีค่าเฉลี่ยของการแจกแจงเป็น 0

ความแปรปรวนเป็น 1

2. จำนวนบล็อกที่ใช้ในการวิจัยกำหนดให้มี 3 ระดับคือ  $n=15, 30$  และ  $50$  และจำนวนสิ่งทดลองที่ใช้กำหนดเป็น 2 ระดับคือ  $k=3$  และ  $5$

3. กำหนด  $\rho = \text{corr}(X_{ij}, X_{ij'})$  มี 4 ระดับ คือ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8

4. สมมติฐานของการทดสอบ :

$$H_0 : X_{ij} = \mu + \beta_i + \varepsilon_{ij}$$

$$H_1 : X_{ij} = \mu + \beta_i + \theta_n \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ  $\theta_n = n^{-1/2}$  เมื่อ  $n$  คือ จำนวนบล็อก

5. เงื่อนไข  $\sum_{j=1}^k \tau_j = 0$  ในการวิจัยกำหนด Combination ดังต่อไปนี้

5.1 จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 สิ่งทดลอง จำแนกได้ 6 กรณี กำหนด  $\tau_j$  ดังนี้

	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$
กรณีที่ 1	0	0	0
กรณีที่ 2	0	-1	1
กรณีที่ 3	0	-1.5	1.5
กรณีที่ 4	0	-2	2
กรณีที่ 5	0	-2.5	2.5
กรณีที่ 6	0	-3	3

5.2 จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 สิ่งทดลอง จำแนกได้ 9 กรณี กำหนด  $\tau_j$  ดังนี้

	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$	$\tau_5$
กรณีที่ 1	0	0	0	0	0
กรณีที่ 2	0	0	-1	0.5	0.5
กรณีที่ 3	0	0	0	-1	1
กรณีที่ 4	0	0	0	-1.5	1.5
กรณีที่ 5	0	0	-2	1	1

	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$	$\tau_5$
กรณีที่ 6	0	0	0	-2	2
กรณีที่ 7	0	0	0	-2.5	2.5
กรณีที่ 8	0	0	-3	1.5	1.5
กรณีที่ 9	0	0	0	-3	3

6. สถิติทดสอบที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย
  - 6.1 สถิติทดสอบฟรีดแมน(FR)
  - 6.2 สถิติทดสอบเควด(V)
  - 6.3 สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ(RT)
7. ระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเท่ากับ 0.05
8. ในแต่ละกรณีที่ศึกษาจะทำซ้ำ 1,000 ครั้ง

### นัยามศัพท์เฉพาะ

#### 1. การวัดซ้ำ (Repeated Measures)

การวัดซ้ำเป็นการวัดบนหน่วยทดลองเดียวกันภายใต้สิ่งทดลองต่างกันทำให้สามารถควบคุมความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองได้

#### 2. สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์(Nonparametric statistics)

สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควด สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ ซึ่งสถิติที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้เป็นการหาค่าที่ได้จากข้อมูลตัวอย่างโดยตรงแบบง่าย ๆ คือ การจัดอันดับ ดังนั้น สถิติที่ใช้ทดสอบจึงไม่จำเป็นต้องขึ้นอยู่กับลักษณะการแจกแจงของประชากร

#### 3. ขนาดของ $\tau$ (Size of $\tau$ )

ขนาดของ  $\tau$  วัดจากผลรวมกำลังสองของ  $\tau$  ( $\sum_{j=1}^k \tau_j^2$   $j=1,2,\dots,k$ )

#### 4. ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I error)

ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 หมายถึง ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริง ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $\alpha = 0.05$  โดยความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานหลักวัดจากความถี่สัมพัทธ์ของจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ได้จากการทดลอง เมื่อ  $\forall_j \tau_j = 0$   $j=1,2,3,\dots,k$

### 5. กำลังการทดสอบ(Power of the test)

กำลังการทดสอบ หมายถึง ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานทางเลือกเป็นจริง โดยความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานหลักวัดจากความถี่สัมพัทธ์ของจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ได้จากการทดลอง เมื่อ  $\exists, \tau_j \neq 0 \quad j=1,2,\dots,k$

### 6. ประสิทธิภาพ(Efficiency)

ในการวิจัยครั้งนี้ สถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพ คือ สถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงสุด ซึ่งจะเป็นเกณฑ์สำคัญที่ใช้ในการเลือกสถิติทดสอบในแต่ละสถานการณ์ โดยจะพิจารณาความสามารถของสถิติทดสอบ 2 กรณี คือ ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในหัวข้อต่อไปนี้

1. แผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ (Repeated Measures in Randomized Complete Block Design)
2. สถิติทดสอบ
  - 2.1 สถิติทดสอบฟรیدแมน(Friedman test)
  - 2.2 สถิติทดสอบควอด(Quade test)
  - 2.3 สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ(Rank transformation)
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. แผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ(Repeated Measures in Randomized Complete Block Design)

ในการทดลองบางประเภท ที่มีแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ใช้สำหรับในกรณีที่เราสามารถแบ่งแยกกลุ่มสิ่งทดลองออกเป็นประเภทได้ จำนวนหน่วยทดลองในแต่ละประเภทเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนสิ่งทดลอง ประเภทหรือกลุ่มนี้เรียกว่า บล็อก จุดประสงค์การแบ่งบล็อกเพื่อให้หน่วยทดลองภายในบล็อกเดียวกันมีความแตกต่างกันน้อยกว่าระหว่างหน่วยที่อยู่คนละบล็อก คือ ให้หน่วยทดลองภายในบล็อกมีความสม่ำเสมอมากที่สุดขณะที่ยังไม่ใส่สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองมีจำนวนซ้ำเท่ากันและในแต่ละบล็อกจะมีสิ่งทดลองปรากฏอยู่ครบถ้วน และในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ก็เพื่อประมาณค่าและทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลสิ่งทดลองและในขณะเดียวกันก็สามารถประมาณอิทธิพลของบล็อกได้ด้วยซึ่งในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ มีข้อดีคือ เมื่อหน่วยทดลองมีความแตกต่างกันมาก วิธีการทางสถิติจะช่วยดึงความแตกต่างเหล่านี้ออกจากความแตกต่างอื่นเนื่องจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง ทำให้การทดลองมีความแม่นยำมากขึ้นและไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนสิ่งทดลองหรือบล็อก ถ้าหากจำเป็นจะต้องมีจำนวนซ้ำสำหรับสิ่งทดลองใดก็อาจเพิ่มหน่วยทดลองเป็นสองหรือมากกว่านั้นในแต่ละบล็อก วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนคำนวณได้ง่าย(จรัญ จันทลักษณ์ 2534 : 166-167, 170)

หลักการวางแผนแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์คือ

1. จัดบล็อก จัดแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่ม เรียกว่า บล็อก หน่วยทดลองอยู่ในบล็อกเดียวกันเหมือนกันมากที่สุด ต่างบล็อกให้มีความแตกต่างกันมากที่สุด

2. โดยให้แต่ละบล็อกจะมีครบทุกสิ่งทดลอง

ยกตัวอย่าง ในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ซึ่งเป็นการทดลองที่จัดหน่วยทดลองที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันให้อยู่กลุ่มเดียวกันหรือเรียกว่า บล็อก ซึ่งอิทธิพลจากความคลาดเคลื่อนของบล็อกที่ผู้ทดลองต้องการแยกออกไปจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ในทางปฏิบัติบล็อกอาจเป็นแปลงทดลอง คอกของสัตว์ แหล่งวัตถุดิบ คน ฯลฯ เช่น การทดลองทางคลินิกอาจใช้คนใช้เป็นบล็อก คนไข้แต่ละคนได้รับยาซึ่งถือว่าเป็นสิ่งทดลองที่ต่างกัน 2-3 ชนิด การให้ยาแต่ละชนิดในคนไข้แต่ละคนจะให้ตามอันดับสุ่มหรือ เมื่อแพทย์ทดลองยาแก้ปวดศีรษะ 2 ชนิด อาจจะใช้คนเป็นบล็อกเมื่อคนปวดศีรษะครั้งหนึ่งแพทย์จะให้ยาชนิดหนึ่งกินและเมื่อปวดศีรษะอีกจะได้รับยาอีกชนิดหนึ่ง แล้ววัดผลเปรียบเทียบกับยาชนิดใด ทำให้คนหายปวดศีรษะได้เร็วกว่ากัน หรือหากพิจารณาถึงการทดลองทางพฤติกรรมศาสตร์อาจให้นักเรียนแต่ละคนเป็นบล็อกเพื่อลดความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยที่นักเรียนแต่ละคนจะได้รับสิ่งทดลองจนครบ  $k$  สิ่งทดลอง การทดลองควรมีการเว้นระยะเวลาที่จะให้สิ่งทดลองแต่ละสิ่งทดลองห่างกันพอสมควร เพื่อไม่ให้มีผลตกค้างของสิ่งทดลองเดิม ค่าวัดของตัวแปรตามที่วัดซ้ำจากคนเดียวกันจำนวน  $k$  ครั้ง จึงไม่เป็นอิสระกัน บางครั้งจึงเรียกข้อมูลลักษณะนี้ว่าเป็น ข้อมูลวัดซ้ำ (ปราณี นิลกรณัมและวีรพันธ์ พงศาภักดี 2544 : 14-1, 14-2)

การวัดซ้ำเป็นลักษณะการทดลองหนึ่งที่วัดค่าของตัวแปรจากหน่วยทดลองเดียวกันซ้ำหลายครั้ง โดยการวัดซ้ำนั้นจะวัดซ้ำบนหน่วยการทดลองเดียวกันภายใต้สิ่งทดลองต่าง ๆ ทำให้สามารถควบคุมความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองได้และสามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองได้และทำให้อิทธิพลสิ่งทดลองมีความแน่นอนและน่าเชื่อถือมากขึ้น ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองที่ประมาณค่าได้จะเป็นค่าที่นำไปใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลสิ่งทดลองตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ถ้าขนาดของความคลาดเคลื่อนนี้มีค่าน้อย โอกาสที่จะพบนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างอิทธิพลสิ่งทดลองจะมีค่าสูงขึ้นแต่ถ้าขนาดของความคลาดเคลื่อนของการทดลองมีค่ามาก ถึงแม้ว่าในความเป็นจริงสิ่งทดลองจะมีความแตกต่างกันก็อาจตรวจสอบไม่พบนัยสำคัญ ดังกล่าว ซึ่งจะส่งผลให้การวิเคราะห์ของข้อมูลดังกล่าวไม่น่าเชื่อถือนั่นคือ งานทดลองที่ดีความคลาดเคลื่อนควรจะมีค่าน้อยอันเป็นผลเนื่องมาจากการกำหนดให้มีการวัดซ้ำในการทดลอง(วิจิตรา พลเยี่ยม 2544 : 13-14)

ตัวแบบของแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ

$$x_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, k \quad (1)$$

โดยที่  $\mu$  แทน ค่าคงที่  
 $\beta_i$  แทน อิทธิพลสุ่มของบล็อกที่  $i$  โดยมีการแจกแจงปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ  
 ความแปรปรวนเท่ากับ  $\sigma_\beta^2$

$$\tau_j \text{ แทน อิทธิพลคงที่ของสิ่งทดลองที่ } j \text{ โดยมีเงื่อนไข } \sum_{j=1}^k \tau_j = 0$$

$\varepsilon_{ij}$  แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง โดยมีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ย  
 เท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ  $\sigma^2$

และ  $\beta_i$  และ  $\varepsilon_{ij}$  เป็นอิสระกัน

ข้อสมมติ ไม่มีผลตกค้างของสิ่งทดลองเดิม

โดยมีเงื่อนไข ดังนี้

$$1) E(x_{ij}) = \mu + \tau_j$$

$$2) \sigma^2(x_{ij}) = \sigma_x^2 = \sigma_\beta^2 + \sigma^2$$

$$3) \sigma(x_{ij}, x_{ij'}) = \sigma_\beta^2 \quad j \neq j'$$

$$4) \sigma(x_{ij}, x_{i'j'}) = 0 \quad i \neq i'$$

ตารางที่ 1 ลักษณะข้อมูลแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ (เช่น  $n=5$   $k=3$ )

Subject	Treatment Order		
	1	2	3
1	$T_3$	$T_2$	$T_1$
2	$T_2$	$T_3$	$T_1$
3	$T_3$	$T_2$	$T_1$
4	$T_2$	$T_1$	$T_3$
5	$T_1$	$T_2$	$T_3$

แผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลสิ่งทดลอง

สมมติฐานของการทดสอบ คือ

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0 \quad j = 1, \dots, k$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า} \quad j = 1, \dots, k$$

## 2. สถิติทดสอบ

### 2.1 สถิติทดสอบฟริดแมน (Friedman test)

ในเบื้องต้นสถิติทดสอบฟริดแมนใช้เพื่อทดสอบว่าตัวอย่างได้รับการสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกัน ซึ่ง Friedman ได้พัฒนาการทดสอบสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์โดยใช้อันดับเมื่อทำการวัดตัวอย่างนั้นซ้ำ การทดสอบแบบนี้เหมือนกับแผนการทดลองแบบสุ่มในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง(Two-way Analysis of Variance) นั่นเอง จึงเรียกวิธีนี้อีกอย่างหนึ่งว่า The Friedman Two-way ANOVA กล่าวโดยสรุปก็คือ ในกรณีมีหน่วยตัวอย่างจำนวน  $k$  กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน โดยลักษณะของข้อมูลสามารถจัดอันดับได้ เช่น ใช้คนกลุ่มเดียวกันในการกระทำ  $k$  อย่าง อาจใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนตามวิธีของ Friedman เพื่อทดสอบว่าผลที่เกิดขึ้นมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกันหรือไม่(นิภา ศรีไพโรจน์ 2533 : 155) ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้นำสถิติทดสอบฟริดแมน ไปใช้ในงานวิจัยต่าง ๆ เช่น

Conover and Iman(1981) ได้ทำการศึกษาสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับที่สามารถนำไปใช้ทดสอบได้ทั้งสถิติที่ใช้พารามิเตอร์และสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ โดยกล่าวถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ถ้าหากใช้สถิติที่ใช้พารามิเตอร์แล้วจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์โดยสถิติทดสอบเอฟ ซึ่งข้อมูลต้องเป็นไปตามข้อสมมติและหากข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติแล้ว เช่น ข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติทางเลือกอีกทางหนึ่งจะใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ คือ สถิติทดสอบฟริดแมน ซึ่งหน่วยตัวอย่างมีความสัมพันธ์กัน

Iman Hora and Conover(1984) ได้นำสถิติทดสอบฟริดแมน มาทดสอบในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ โดยจะทำการเรียงอันดับภายในบล็อกแต่ละบล็อกจนครบ  $n$  บล็อกและผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำมาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1 - \alpha$  ของการแจกแจงเอฟที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1)$ ,  $(n-1)(k-1)$  ซึ่งวิธีการจะแตกต่างจาก Kepner and Robinson(1988) ที่นำสถิติทดสอบฟริดแมนมาทดสอบในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ ซึ่งจะทำการเรียงอันดับทั้งหมดจากค่าที่ต่ำที่สุดไปจนถึงค่าที่สูงที่สุด  $nk$  และผลที่ได้จาก

การวิเคราะห์จะนำมาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้ที่  $1 - \alpha$  ของการแจกแจงไคสแควร์ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $k-1$  ซึ่งสถิติทดสอบฟรีดแมนมีอันดับการทดสอบ ดังนี้

### 2.1.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวถูกวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งและข้อมูลที่ได้สามารถจัดอยู่ในรูปตาราง 2 ทางและสามารถจัดอันดับข้อมูลได้ โดยมีจำนวน  $n$  บล็อกและจำนวน  $k$  สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 1

### 2.1.2 ข้อสมมติที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) ข้อมูลสามารถจัดให้อยู่ในอันดับต่าง ๆ ได้
- 2) ข้อมูลต้องอยู่ในมาตราอันดับ (Ordinal Scale) เป็นอย่างน้อยและมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง
- 3) ค่าสังเกตภายในบล็อกมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากันและแต่ละบล็อกเป็นอิสระกัน

2.1.3 สมมติฐานในการทดสอบ โดยจะทดสอบว่าอิทธิพลสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0 \quad j = 1, \dots, k$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า} \quad j = 1, \dots, k$$

### 2.1.4 ขั้นตอนในการทดสอบ มีดังนี้

- 1)  $X_{ij}$  เป็นค่าสังเกตของสิ่งทดลองที่  $j$  บล็อกที่  $i$  เมื่อ  $i = 1, \dots, n$   $j = 1, \dots, k$  พิจารณาการเรียงอันดับจากข้อมูลทั้งหมด ให้  $R_{ij}$  แทนอันดับ  $X_{ij}$  โดยค่าต่ำที่สุดเป็นอันดับ 1 ไปเรื่อย ๆ จนถึงค่าสูงสุด เป็นอันดับสุดท้าย  $nk$  ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเรียงอันดับข้อมูลของสถิติทดสอบพรีดแมนและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ  
(เช่น  $n=5, k=3$ )

Subject	Treatment Order		
	1	2	3
1	$R_{11}$	$R_{22}$	$R_{33}$
2	$R_{23}$	$R_{12}$	$R_{51}$
3	$R_{43}$	$R_{32}$	$R_{13}$
4	$R_{31}$	$R_{53}$	$R_{41}$
5	$R_{52}$	$R_{42}$	$R_{21}$

2) หาค่าเฉลี่ยของอันดับในแต่ละสิ่งทดลอง

$$\bar{R}_{.j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ij}$$

3) หาค่าเฉลี่ยของอันดับในแต่ละบล็อก

$$\bar{R}_{i.} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_{ij}$$

4) หาค่าเฉลี่ยของจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด

กำหนดให้จำนวนค่าสังเกตทั้งหมดเท่ากับ  $nk$

$$\mu = \frac{(nk + 1)}{2}$$

5) สถิติทดสอบของ Kepner and Robinson(1988)

$$FR = \frac{n^2 (k-1) \sum_{j=1}^k (\bar{R}_{.j} - \mu)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (R_{ij} - \bar{R}_{i.})^2} \quad (2)$$

โดยที่  $n$  แทนจำนวนบล็อก

$k$  แทนจำนวนสิ่งทดลอง

6) นำค่า  $FR$  ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของการแจกแจง  $\chi^2$  ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1)$

## 7) สรุปผล

ถ้าค่า FR ที่คำนวณมากกว่าขอบเขตบนของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ที่มีการแจกแจง  $\chi^2_{(k-1)}$  ซึ่งหมายความว่า อิทธิพลสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 ค่า ณ ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  ที่กำหนด

ถ้าค่า FR ที่คำนวณน้อยกว่าขอบเขตล่างของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ที่มีการแจกแจง  $\chi^2_{(k-1)}$  ซึ่งหมายความว่า อิทธิพลสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  ที่กำหนด

**ตัวอย่างที่ 1** ในการทดลองสอนด้วยวิธีสอนต่าง ๆ กัน 4 วิธี แก่นักเรียนที่ถูกสุ่มขึ้นมาจำนวน 15 คน ปรากฏคะแนนความชอบหลังจากสอนด้วยวิธีสอนต่าง ๆ กัน 4 วิธี ดังนี้

**ตารางที่ 3** การเปรียบเทียบวิธีการสอนต่าง ๆ กัน 4 วิธี

นักเรียน	คะแนนความชอบวิธีสอน			
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4
1	14.1	29.4	22.3	7.8
2	13.5	36.2	24.9	22.1
3	21.9	28.6	18.3	33.2
4	11.4	20.1	28.7	25.4
5	13.8	9.5	23.2	5.8
6	15.3	27.9	28.3	17.3
7	23.7	25.4	27.1	24.7
8	10.2	22.8	8.5	19.2
9	16.5	16.3	26.9	17.6
10	25.7	12.6	25.4	21.1

สมมติฐานในการทดสอบ

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0 \quad j = 1, \dots, k$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า} \quad j = 1, \dots, k$$

ตารางที่ 4 การเรียงอันดับจากข้อมูลทั้งหมด โดยให้ค่าต่ำที่สุดเป็นอันดับ 1 ไปเรื่อย ๆ จนถึงค่าสูงสุด เป็นอันดับสุดท้าย nk

นักเรียน	คะแนนความชอบวิธีสอน				
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4	$\bar{R}_i$
1	10	38	22	2	18
2	8	40	27	21	24
3	20	36	16	39	27.75
4	6	18	37	29	22.5
5	9	4	24	1	9.5
6	11	34	35	14	23.5
7	25	29	33	26	28.25
8	5	23	3	17	12
9	13	12	32	15	18
10	31	7	29	19	21.50
$\bar{R}_j$	13.8	24.1	25.8	18.3	20.5

วิธีทำ

$$\sum_{j=1}^k (\bar{R}_j - \mu)^2 = (13.8 - 20.5)^2 + (24.1 - 20.5)^2 + \dots + (18.3 - 20.5)^2 = 90.78$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (R_{ij} - \bar{R}_i)^2 = (10 - 18)^2 + (38 - 18)^2 + \dots + (19 - 21.50)^2 = 3949.74$$

$$\therefore FR = \frac{n^2 (k-1) \sum_{j=1}^k (\bar{R}_j - \mu)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (R_{ij} - \bar{R}_i)^2} = \frac{10^2 (4-1) (90.78)}{3949.74} = 6.895$$

สรุปว่า สถิติทดสอบฟรีดแมนที่คำนวณน้อยกว่า  $\chi^2_{(4-1)} = 7.81$  จึงยอมรับ  $H_0$  ดังนั้น วิธีสอนทั้ง 4 วิธีไม่มีความแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05



## 2.2 สถิติทดสอบควอด (Quade test)

Iman Hora and Conover(1984) ได้ศึกษาสถิติทดสอบควอด ซึ่ง Quade คิดสถิติทดสอบขึ้นมาในปี 1979 โดยทำการศึกษาและสร้างสถิติทดสอบขึ้นเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลสิ่งทดลองด้วยการถ่วงน้ำหนักของตำแหน่งในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ซึ่งสถิติทดสอบควอดนี้ จะพิจารณาถึงการจัดอันดับข้อมูลภายในแต่ละบล็อกและการจัดอันดับข้อมูลในระหว่างบล็อกด้วย

### 2.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวถูกวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งและข้อมูลที่ได้สามารถจัดอยู่ในรูปตาราง 2 ทางและสามารถจัดอันดับข้อมูลได้ โดยมีจำนวน  $n$  บล็อก และจำนวน  $k$  สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 1

### 2.2.2 ข้อสมมติที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) ค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อก สามารถนำมาเรียงอันดับได้
- 2) ข้อมูลต้องอยู่ในมาตราอันดับเป็นอย่างน้อยและมีการแจกแจงความ

น่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง

- 3) พิสัยของตัวอย่างในแต่ละบล็อกจะนำมาเรียงอันดับ
- 4) ค่าสังเกตภายในบล็อกมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากันและแต่ละ

บล็อกเป็นอิสระกัน

2.2.3 สมมติฐานในการทดสอบ โดยจะทดสอบว่าอิทธิพลสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0 \quad j = 1, \dots, k$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า} \quad j = 1, \dots, k$$

### 2.2.4 ขั้นตอนในการทดสอบ มีดังนี้

1) จัดอันดับ  $X_{ij}$  ในแต่ละบล็อกแยกจากกันโดยให้ค่าต่ำสุดเป็นอันดับที่ 1 คือในแต่ละบล็อกจะมีอันดับ  $1, 2, \dots, k$  ( $X_{ij}$  เป็นค่าสังเกตของสิ่งทดลองที่  $j$  ภายในบล็อกที่  $i$  เมื่อ  $i=1, 2, \dots, n$  และ  $j=1, 2, \dots, k$ ) ดังตารางที่ 3

เมื่อให้  $R(X_{ij})$  เป็นอันดับของค่าสังเกตของสิ่งทดลองที่  $j$  ภายในบล็อกที่  $i$

ตารางที่ 5 การเรียงอันดับข้อมูลของสถิติทดสอบเควด(เช่น  $n=5, k=3$ )

Subject	Treatment Order		
	1	2	3
1	$R(X_{11})$	$R(X_{13})$	$R(X_{12})$
2	$R(X_{22})$	$R(X_{21})$	$R(X_{23})$
3	$R(X_{32})$	$R(X_{33})$	$R(X_{31})$
4	$R(X_{43})$	$R(X_{41})$	$R(X_{42})$
5	$R(X_{51})$	$R(X_{53})$	$R(X_{52})$

2) ขั้นตอนถัดไปคือใช้ค่าสังเกตเดิม  $X_{ij}$  หาขนาดพิสัยของตัวอย่างใน

แต่ละบล็อก

พิสัยของตัวอย่างในบล็อกที่  $i$  = ค่าสังเกตสูงสุด-ค่าสังเกตต่ำสุด

โดยจะให้อันดับของพิสัยในแต่ละบล็อกและให้อันดับที่ 1 เป็นอันดับของพิสัยที่เล็กที่สุดจนถึงอันดับของพิสัยที่ใหญ่ที่สุดโดยให้  $w_1, w_2, \dots, w_n$  แทนด้วยอันดับในบล็อกที่ 1, 2, ..., n ตามอันดับ

3) สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

$$V = n(k-1)B/A \quad (3)$$

ซึ่ง

$$S_{ij} = w_i \left[ R(X_{ij}) - \frac{k+1}{2} \right] \quad \text{แทนอันดับของพิสัยในแต่ละบล็อก}$$

บล็อกสัมพันธ์กับอันดับของค่าสังเกต

$$S_j = \sum_{i=1}^n S_{ij} \quad \text{แทนผลรวมของ } S_{ij} \text{ ในแต่ละสิ่งทดลอง}$$

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k S_{ij}^2 \quad \text{แทนผลรวมกำลังสองทั้งหมดของ } S_{ij}$$

$$B = 1/n \sum_{j=1}^k S_j^2 \quad \text{แทนค่าเฉลี่ยกำลังสองของ } S_j \text{ ในแต่ละ}$$

สิ่งทดลอง

4) นำค่า  $V$  ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของการแจกแจง  $F$  ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1)$ ,  $(n-1)(k-1)$

5) สรุปผล

ถ้าค่า  $V$  ที่คำนวณมากกว่าขอบเขตบนของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของ  $F_{((k-1),(n-1)(k-1))}$  ซึ่งหมายความว่า อิทธิพลสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 ค่า ณ ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  ที่กำหนด

ถ้าค่า  $V$  ที่คำนวณน้อยกว่าขอบเขตล่างของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของ  $F_{((k-1),(n-1)(k-1))}$  ซึ่งหมายความว่า อิทธิพลสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  ที่กำหนด

**ตัวอย่างที่ 2** ใช้ข้อมูลจากตัวอย่างที่ 1 นำมาคำนวณด้วยสถิติทดสอบเควค

สมมติฐานในการทดสอบ

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0 \quad j = 1, \dots, k$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า} \quad j = 1, \dots, k$$

ตารางที่ 6 การเรียงอันดับข้อมูลภายในบล็อก พิสัยของตัวอย่าง อันดับของพิสัยและ  $S_{ij}$

นักเรียน	คะแนนความชอบวิธีสอน				พิสัยของตัวอย่าง	อันดับของพิสัย ( $w_i$ )	$S_{ij} = w_i [R(x_{ij}) - (k+1)/2]$			
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4			วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4
1	2	4	3	1	36	10	-5	15	5	-15
2	1	4	3	2	32	9	-13.5	13.5	4.5	-4.5
3	2	3	1	4	23	4.5	-2.25	2.25	-6.75	6.75
4	1	2	4	3	31	8	-12	-4	12	4
5	3	2	4	1	23	4.5	2.25	-2.25	6.75	-6.75
6	1	3	4	2	24	6.5	-9.75	3.25	9.75	-3.25
7	1	3	4	2	8	1	-1.5	0.5	1.5	-0.5
8	2	4	1	3	20	2.5	-1.25	3.75	-3.75	1.25
9	2	1	4	3	20	2.5	-1.25	-3.75	3.75	1.25
10	4	1	3	2	24	6.5	9.75	-9.75	3.25	-3.25
						$S_j$	-34.5	18.5	3.6	-26.75

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k S_{ij}^2 = (-5)^2 + (15)^2 + \dots + (-3.25)^2 = 1917.50$$

$$B = 1/n \sum_{j=1}^k S_j^2 = \frac{1}{10} [(-34.5)^2 + (18.5)^2 + \dots + (-26.75)^2] = 354.40$$

$$V = \frac{10(4-1)354.40}{1917.5} = 5.54$$

สรุปว่า สถิติทดสอบเควคที่คำนวณมากกว่า  $F_{3,27} = 2.96$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  ดังนั้น วิธีสอนทั้ง 4 วิธีมีบางวิธีที่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05

### 2.3 สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ (Rank transformation)

สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการทดลอง โดยใช้ได้ทั้งเทคนิคสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์และสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ ซึ่ง Conover and Iman(1981) กล่าวว่าไม่ว่าจะเป็นการทดสอบใด ๆ หลังจากแปลงข้อมูลเป็นอันดับแล้วสามารถใช้วิธีทดสอบแบบสถิติที่ใช้พารามิเตอร์กับอันดับข้อมูลได้ซึ่งการนำสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับไปใช้เป็นที่ยอมรับกว้างขวาง คือ การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อันดับ(Correlation Coefficient Based on Rank) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด(Least Square) และการจัดอันดับของข้อมูลร่วมกันแล้วใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนกับอันดับของข้อมูล ส่วนสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจัดอันดับข้อมูลก็มีหลายการทดสอบด้วยกัน เช่น สถิติทดสอบอันดับของเครื่องหมายแบบวิลคอกสัน สถิติทดสอบด้วยเครื่องหมาย สถิติทดสอบแมนวิทนีเย์และสถิติทดสอบครัสเคิลวอลลิส(Kruskal-Wallis test) ต่อมา Kepner and Robinson(1988) ได้นำเสนอสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับซึ่งใช้ในการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในการวางแผนแบบวัดซ้ำ ซึ่งมีอันดับการทดสอบ ดังนี้

#### 2.3.1 ข้อสมมติที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) ข้อมูลสามารถจัดให้อยู่ในอันดับต่าง ๆ ได้
- 2) ข้อมูลต้องอยู่ในมาตราอันดับเป็นอย่างน้อยและมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง
- 3) ค่าสังเกตภายในบล็อกมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากันและแต่ละบล็อกเป็นอิสระกัน

#### 2.3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวถูกวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งและข้อมูลที่ได้สามารถจัดอยู่ในรูปตาราง 2 ทางและสามารถจัดอันดับข้อมูลได้ โดยมีจำนวน n บล็อกและจำนวน k สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 1

2.3.3 สมมติฐานในการทดสอบ โดยจะทดสอบว่าอิทธิพลสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0 \quad j = 1, \dots, k$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า} \quad j = 1, \dots, k$$

2.3.4 ขั้นตอนในการทดสอบ มีดังนี้

1)  $X_{ij}$  เป็นค่าสังเกตของสิ่งทดลองที่  $j$  บล็อกที่  $i$  เมื่อ  $i = 1, \dots, n$   $j = 1, \dots, k$  พิจารณาการเรียงอันดับจากข้อมูลทั้งหมด ให้  $R_{ij}$  แทนอันดับ  $X_{ij}$  โดยค่าต่ำที่สุดเป็นอันดับ 1 ไปเรื่อย ๆ จนถึงค่าสูงสุด เป็นอันดับสุดท้าย  $nk$  ดังตารางที่ 2

2) หาค่าเฉลี่ยของอันดับในแต่ละสิ่งทดลอง

$$\bar{R}_{.j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ij}$$

3) หาค่าเฉลี่ยของอันดับในแต่ละบล็อก

$$\bar{R}_{.i} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_{ij}$$

4) หาค่าเฉลี่ยของจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด

กำหนดให้จำนวนค่าสังเกตทั้งหมดเท่ากับ  $nk$

$$\mu = \frac{(nk + 1)}{2}$$

5) สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

$$RT = \frac{n(n-1) \sum_{j=1}^k (\bar{R}_{.j} - \mu)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (R_{ij} - \bar{R}_{.i} - \bar{R}_{.j} + \mu)^2} \quad (4)$$

6) นำค่า  $RT$  ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1 - \alpha$  ของการแจกแจง  $F$  ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1)$ ,  $(n-1)(k-1)$

7) สรุปผล

ถ้าค่า  $RT$  ที่คำนวณมากกว่าขอบเขตบนของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1 - \alpha$  ของ  $F_{((k-1), (n-1)(k-1))}$  ซึ่งหมายความว่า อิทธิพลสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 ค่า ณ ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  ที่กำหนด

ถ้าค่า RT ที่คำนวณน้อยกว่าขอบเขตล่างของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของ  $F_{((k-1),(n-1)(k-1))}$  ซึ่งหมายความว่าอิทธิพลสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  ที่กำหนด

**ตัวอย่างที่ 3** ใช้ข้อมูลจากตัวอย่างที่ 1 นำมาคำนวณด้วยสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและการจัดอันดับเป็นดังตารางที่ 4

สมมติฐานในการทดสอบ

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0 \quad j=1, \dots, k$$

$$H_1 : \tau_j \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า} \quad j=1, \dots, k$$

$$\sum_{j=1}^k (\bar{R}_{.j} - \mu)^2 = (13.8 - 20.5)^2 + (24.1 - 20.5)^2 + \dots + (18.3 - 20.5)^2 = 90.78$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (R_{ij} - \bar{R}_{i.} - \bar{R}_{.j} + \mu)^2 = (10 - 18 - 13.8 + 20.5)^2 + (38 - 18 - 24.1 + 20.5)^2 +$$

$$\dots + (19 - 21.5 - 18.3 + 20.5)^2 = 3041.68$$

$$\therefore RT = \frac{n(n-1) \sum_{j=1}^k (\bar{R}_{.j} - \mu)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (R_{ij} - \bar{R}_{i.} - \bar{R}_{.j} + \mu)^2} = \frac{10(10-1)90.78}{3041.68} = 2.68$$

สรุปว่า สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับที่คำนวณน้อยกว่า  $F_{3,27} = 2.96$  จึงยอมรับ  $H_0$  ดังนั้นวิธีสอนทั้ง 4 วิธีไม่มีความแตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05

### 3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 Iman Hora and Conover(1984) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์เพื่อตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์

ตัวแบบที่ใช้ในการศึกษา คือ

$$X_{ij} = \tau_j + \beta_i + \varepsilon_{ij} \quad i=1, \dots, n, \quad j=1, \dots, k$$

$X_{ij}$  แทน ค่าสังเกตจากหน่วยทดลองในบล็อกที่  $i$  ที่ได้รับสิ่งทดลองที่  $j$

$\tau_j$  แทน อิทธิพลคงที่ของสิ่งทดลองที่  $j$

$\beta_i$  แทน อิทธิพลสุ่มของบล็อกที่  $i$

$\varepsilon_{ij}$  แทน ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง

และ  $\beta_i$  และ  $\epsilon_{ij}$  เป็นอิสระต่อกันและมีการแจกแจงที่เหมือนกัน กำหนดสิ่งทดลองมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ในกรณีที่มีสิ่งทดลองเท่ากับ 2 สถิติที่ใช้พารามิเตอร์จะทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ ส่วนสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์จะใช้สถิติทดสอบอันดับของเครื่องหมายแบบวิลคอกสันหรือสถิติทดสอบด้วยเครื่องหมายและในกรณีที่มีสิ่งทดลองมากกว่า 2 มี 4 การทดสอบด้วยกัน คือ สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ ดังนี้

### 1) สถิติทดสอบเอฟ

$$F = \frac{MSB}{MSE}$$

ซึ่ง  $MSB = SSB / (k-1)$

$$MSE = SSE / ((n-1)(k-1))$$

โดยที่ SSB แทน ผลรวมกำลังสองระหว่างสิ่งทดลอง ซึ่งก็คือ ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ยรวม

MSB แทน ค่าเฉลี่ยกำลังสองระหว่างสิ่งทดลอง

SSE แทน ผลรวมกำลังสองภายในสิ่งทดลอง ซึ่งก็คือ ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยภายในสิ่งทดลอง

MSE แทน ค่าเฉลี่ยกำลังสองภายในสิ่งทดลอง

จะเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1 - \alpha$  ของการแจกแจงเอฟ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1)$ ,  $(n-1)(k-1)$

### 2) สถิติทดสอบฟรیدแมน

$$F_F = (n-1) / [n(k-1) - T]$$

โดยที่  $T = \frac{12}{nk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3n(k+1)$

เมื่อ  $R_j = \sum R(X_{ij})$  และ  $R(X_{ij})$  แทนด้วยอันดับในสิ่งทดลองที่  $j$  ภายในบล็อกที่  $i$

จะเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1 - \alpha$  ของการแจกแจงเอฟ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1)$ ,  $(n-1)(k-1)$

### 3) สถิติทดสอบเควด

$$V = n(k-1)B/A$$

เมื่อกำหนดให้  $S_{ij} = w_i \left[ R(X_{ij}) - \frac{k+1}{2} \right]$  แทนอันดับของพิสัยในแต่ละบล็อก

สัมพันธ์กับอันดับของค่าสังเกต

$$S_j = \sum_{i=1}^n S_{ij} \quad \text{แทนผลรวมของ } S_{ij} \text{ ในแต่ละสิ่งทดลอง}$$

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k S_{ij}^2 \quad \text{แทนผลรวมกำลังสองทั้งหมดของ } S_{ij}$$

$$B = 1/n \sum_{j=1}^k S_j^2 \quad \text{แทนค่าเฉลี่ยกำลังสองของ } S_j \text{ ในแต่ละ}$$

สิ่งทดลอง

$R(X_{ij})$  แทนอันดับของค่าสังเกต  $X_{ij}$  ทั้งหมด  $nk$

$w_i$  แทนอันดับของพิสัยสำหรับบล็อกที่  $i$

$n$  แทนจำนวนบล็อก

$k$  แทนจำนวนสิ่งทดลอง

จะเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของการแจกแจงเอฟ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1)$ ,  $(n-1)(k-1)$

#### 4) สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ

สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับจะแทนข้อมูลด้วยอันดับตั้งแต่ 1 ถึง  $nk$

ถ้าจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 จะเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของการทดสอบที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $n-1$  และถ้าสิ่งทดลองมากกว่า 2 จะเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ที่มีการแจกแจงเอฟ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1)$ ,  $(n-1)(k-1)$

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบสามารถจัดอยู่ในรูปของตาราง 2 ทางและสามารถจัดอันดับข้อมูลได้ โดยกำหนดสิ่งทดลองเท่ากับ 2, 3, 4, 5 และ 10 จำนวนบล็อกเท่ากับ 10, 20 และ 30 โดยที่ความคลาดเคลื่อนและอิทธิพลของบล็อกมีการแจกแจงเหมือนกัน คือ การแจกแจงปกติ การแจกแจงล็อกนอร์มอล การแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล การแจกแจงยูนิฟอร์มและการแจกแจงโคชี ทำการเปรียบเทียบสถิติที่ใช้พารามิเตอร์และสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ด้วยการทดสอบ(Power of the test) และความแกร่ง(Robustness) ทำการศึกษาโดยทำการจำลองแบบมอนติคาร์โล(Monte Carlo) ทำซ้ำ 30,000 ครั้ง

ผลปรากฏว่า

1) เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบและกำหนดจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2

1.1) การแจกแจงปกติและการแจกแจงล็อกนอร์มอล พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

1.2) การแจกแจงยูนิฟอร์ม พบว่าสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



1.3) การแจกแจงโคชี พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบด้วยเครื่องหมายมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

1.4) การแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล พบว่าสถิติทดสอบอันดับของเครื่องหมายแบบวิลคอกสัน มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

2) เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบและกำหนดจำนวนสิ่งทดลองมากกว่า 2

2.1) การแจกแจงปกติ พบว่าสถิติทดสอบเอฟมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

2.2) การแจกแจงยูนิฟอร์ม พบว่าสถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบเอฟมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

2.3) การแจกแจงโคชี พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบฟรีดแมนมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

2.4) การแจกแจงล็อกนอร์มอลและการแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

3) ผลการศึกษาความแกร่ง

3.1) การแจกแจงปกติ การแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียลและการแจกแจงยูนิฟอร์ม พบว่าสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีความแกร่ง

3.2) การแจกแจงล็อกนอร์มอล พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีความแกร่ง

3.3) การแจกแจงโคชี พบว่าสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีความแกร่ง

3.2 Kepner and Robinson (1988) ได้ศึกษาสถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์สำหรับการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

ตัวแบบที่ใช้ในการศึกษา

$$X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad i=1, \dots, n \quad j=1, \dots, k$$

โดยที่

$\mu$  แทน ค่าคงที่

$\beta_i$  แทน อิทธิพลสุ่มของบล็อกที่  $i$

$\tau_j$  แทน อิทธิพลคงที่ของสิ่งทดลองที่  $j$  โดยมีเงื่อนไข  $\sum_{j=1}^k \tau_j = 0$

$\varepsilon_{ij}$  แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง

และ

$\beta_i$  และ  $\varepsilon_{ij}$  เป็นอิสระต่อกันและมีการแจกแจงที่เหมือนกัน

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบ คือ

$$H_0 : X_{ij} = \mu + \beta_i + \varepsilon_{ij}$$

$$H_1 : X_{ij} = \mu + \beta_i + \theta_n \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

ได้ทำการทดสอบสถิติทั้ง 3 การทดสอบ ดังนี้

### 1) สถิติทดสอบฟรีดแมน

$$FR = \frac{n^2 (k-1) \sum_{j=1}^k (\bar{R}_{.j} - \mu)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (R_{ij} - \bar{R}_{.i})^2}$$

กำหนดให้  $R_{ij}$  แทนอันดับ  $X_{ij}$  โดยค่าต่ำที่สุดเป็นอันดับ 1 ไปเรื่อย ๆ จนถึงค่าสูงสุด เป็นอันดับสุดท้าย nk

n แทน จำนวนบล็อก

k แทน จำนวนสิ่งทดลอง

ซึ่ง

$$\bar{R}_{.j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ij} \quad \bar{R}_{.i} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_{ij}$$

และ

$$\mu = \frac{(nk+1)}{2}$$

จะทำการเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของการแจกแจงไคสแควร์ ที่

มีองศาอิสระเท่ากับ k-1

ภายใต้เงื่อนไข noncentrality parameters of the limiting  $\chi^2$  distributions

คือ

$$d_{FR} = 12k(k+1)^{-1} \left[ \int h^2(x) dx \right]^2 \sum_{j=1}^k \tau_j^2$$

ซึ่ง  $h(\cdot)$  คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นหนาแน่น(pdf) ของ  $\varepsilon_{ij}$  และ  $\sigma_{\varepsilon}^2 = v(\varepsilon_{ij})$

### 2) สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ

$$RT = \frac{n(n-1) \sum_{j=1}^k (\bar{R}_{.j} - \mu)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (R_{ij} - \bar{R}_{.i} - \bar{R}_{.j} + \mu)^2}$$

ซึ่งกำหนดให้  $R_{ij}$  แทนอันดับ  $X_{ij}$  โดยค่าต่ำที่สุดเป็นอันดับ 1 ไปเรื่อย ๆ จนถึงค่าสูงสุด เป็นอันดับสุดท้าย nk

n แทน จำนวนบล็อก

k แทน จำนวนสิ่งทดลอง

$$\text{ซึ่ง } \bar{R}_{.j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ij} \quad \bar{R}_{.i} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_{ij}$$

$$\text{และ } \mu = \frac{(nk+1)}{2}$$

จะทำการเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของการแจกแจงเอฟ ที่มี องศาอิสระเท่ากับ  $(k-1), (n-1)(k-1)$

ภายใต้เงื่อนไข noncentrality parameters of the limiting  $\chi^2$  distributions

คือ

$$d_{RT} = \left( \frac{1}{3} - E \right)^{-1} \left[ \int f^2(x) dx \right]^2 \sum \tau_j^2$$

$f(\cdot)$  เป็น pdf ของ  $\mu + \beta_{11} + \varepsilon_{11}$

$E$  คือ  $E[F(X_{ij})F(X_{ij})] = \iint F(X)F(Y)dF(x,y)$  เมื่อ  $\text{corr}(X_{ij}, X_{ij}) \neq 1$  ดังนั้น

$$\frac{1}{6} \leq E < \frac{1}{3}$$

### 3) สถิติทดสอบเอฟ

$$F = \frac{MSB}{MSE}$$

$$\text{ซึ่ง } MSB = SSB / (k-1)$$

$$MSE = SSE / ((n-1)(k-1))$$

โดยที่ SSB แทน ผลรวมกำลังสองระหว่างสิ่งทดลอง ซึ่งก็คือ ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ยรวม

MSB แทน ค่าเฉลี่ยกำลังสองระหว่างสิ่งทดลอง

SSE แทน ผลรวมกำลังสองภายในสิ่งทดลอง ซึ่งก็คือ ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยภายในสิ่งทดลอง

MSE แทน ค่าเฉลี่ยกำลังสองภายในสิ่งทดลอง

ภายใต้เงื่อนไข noncentrality parameters of the limiting  $\chi^2$  distributions

คือ

$$d_{FT} = \sigma_\varepsilon^2 \sum_{j=1}^k \tau_j^2$$

ซึ่ง

$$\sigma_{\varepsilon}^2 = v(\varepsilon_{ij})$$

เมื่อกำหนดให้มีแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันและความคลาดเคลื่อนและอิทธิพลของบล็อกมีการแจกแจงต่าง ๆ คือ การแจกแจงยูนิฟอร์ม การแจกแจงปกติ การแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียลและการแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล แล้วนำสถิติทดสอบทั้ง 3 มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพืทแมน ดังนี้ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพืทแมนระหว่างสถิติทดสอบพรีดแมนกับสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับคือ

$$ARE(RT,FR) = (k+1) [4k(1-3E)]^{-1} \times \left[ \int f^2(x) dx / \int h^2(x) dx \right]^2$$

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพืทแมนระหว่างสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับกับสถิติทดสอบเอฟคือ

$$ARE(RT,FT) = \sigma_{\varepsilon}^2 \left( \frac{1}{3} - E \right)^{-1} \times \left[ \int f^2(x) dx \right]^2$$

ซึ่งกำหนดให้มีรูปแบบที่ใช้ในการจำลองคือ  $X_{ij} = c\beta_i + \varepsilon_{ij}$  โดยที่  $\beta_i$  และ  $\varepsilon_{ij}$  มีรูปแบบการแจกแจงที่เหมือนกันและมี  $c$  เป็นค่าคงที่และ  $\rho = \text{corr}(X_{ij}, X_{ij'})$  มีค่าเท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8 กำหนดตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบให้มีขนาดใหญ่ โดยจะพิจารณาว่าสถิติทดสอบใดเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

ผลการศึกษาปรากฏว่า

- 1) กรณีที่มีการแจกแจงปกติ สถิติทดสอบที่ดีที่สุดคือ สถิติทดสอบเอฟ
- 2) กรณีที่มีการแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล สถิติทดสอบที่ดีที่สุดคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในบล็อกมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 โดยที่จำนวนสิ่งทดลองมีไม่มากเกินไป
- 3) กรณีที่มีการแจกแจงยูนิฟอร์มและการแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล สถิติทดสอบที่ดีที่สุดคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในบล็อกเท่ากับ 0.0 หากนอกเหนือจากกรณีดังกล่าวแล้วสถิติทดสอบพรีดแมนจะเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

3.3 เกษร วัฒนาชัยวนิช (2532) ศึกษาสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์สำหรับแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ เพื่อเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ของสถิติทดสอบ 4 การทดสอบ ได้แก่ สถิติทดสอบที่ใช้พารามิเตอร์ คือ สถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ 3 การทดสอบ คือ สถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบเคเวด สถิติทดสอบของโคโนเวอร์และไอแมน โดย

พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบของแต่ละสถิติทดสอบเมื่อสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ซึ่งจะศึกษาอำนาจการทดสอบและความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 4 การทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติและศึกษาเปรียบเทียบเฉพาะสถิติทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ 3 การทดสอบเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงไม่ปกติ เช่น การแจกแจงโลจิสติก ดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล ล็อกนอร์มอลและปกติ ปลอดภัย สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล กระทำซ้ำกัน 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ ผลการทดสอบปรากฏว่า เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ สถิติทดสอบเอฟมีค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบของโคโนเวอร์และไอแมน สถิติทดสอบเวดและสถิติทดสอบฟรีดแมนแต่เมื่อบล็อกมีจำนวนมากและความแตกต่างระหว่างอิทธิพลสิ่งทดลองมากสถิติทดสอบเอฟและสถิติทดสอบแบบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ทั้ง 3 การทดสอบ มีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากันหรือใกล้เคียงกันเป็นส่วนมากสำหรับกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ พบว่าสถิติทดสอบของโคโนเวอร์และไอแมนมีค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ยกเว้น การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล ซึ่งพบว่าสถิติทดสอบฟรีดแมนให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบของโคโนเวอร์และไอแมนเป็นส่วนใหญ่ เมื่อระดับนัยสำคัญเป็น 0.05 และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลสิ่งทดลองน้อย ซึ่งงานวิจัยของเกษรแตกต่างกับงานวิจัยของผู้วิจัย คือ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันภายในบล็อก

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ สถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบเคอวดและในการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ โดยที่ความคลาดเคลื่อนและอิทธิพลของบล็อก มีการแจกแจงเหมือนกัน คือ การแจกแจงปกติเมื่อค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันเท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8 โดยพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และพิจารณากำลังการทดสอบของแต่ละการทดสอบ ทั้งนี้ โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองข้อมูลและทดสอบสถิติได้จากโปรแกรม Minitab

#### ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. จำลองค่าความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงปกติ
2. สร้างข้อมูล  $X_{ij}$  ให้เป็นไปตามตัวแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ
3. คำนวณสถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบเคอวดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ
4. หาค่าความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบสำหรับสถิติทดสอบดังกล่าว

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. จำลองค่าความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงปกติ

การสร้างค่าของความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงปกติในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดตัวแบบที่ใช้ในการศึกษา  $X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$  โดยกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กัน เมื่อ  $i=1, \dots, n$   $j=1, \dots, k$   $E(\epsilon) = 0$   $Var(\epsilon) = W$  นั่นคือ  $\epsilon \sim N_k(0, W)$

สร้างเวกเตอร์ความคลาดเคลื่อนสุ่ม  $\epsilon_i = [\epsilon_{i1}, \epsilon_{i2}, \dots, \epsilon_{ik}]'$ ,  $i=1, \dots, n$  ให้มีการแจกแจงแบบปกติพหุ(Multivariate normal distribution)  $N_k(0, W)$  เมื่อ

$$W = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \rho\sigma^2 & \cdots & \rho\sigma^2 \\ \rho\sigma^2 & \sigma^2 & & \rho\sigma^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho\sigma^2 & \rho\sigma^2 & \cdots & \sigma^2 \end{bmatrix}_{k \times k}$$

โดยสร้างเวกเตอร์สุ่ม  $\underline{\varepsilon}_1, \dots, \underline{\varepsilon}_k$  เป็นอิสระกัน ได้เวกเตอร์สุ่ม

$\underline{\varepsilon} = [\underline{\varepsilon}'_1, \underline{\varepsilon}'_2, \dots, \underline{\varepsilon}'_k] \sim N_{nk}(\underline{0}, W)$  ในการศึกษานี้กำหนดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม ( $\sigma^2$ ) ในแต่ละกลุ่มเท่ากับ 1

การสร้างเวกเตอร์สุ่ม  $\underline{\varepsilon}_i \sim N_k(\underline{0}, W)$  ใช้หลักการที่ Kennedy and Gentle (1980) ให้ไว้ดังนี้

สมมติ  $\underline{u}$  เป็นเวกเตอร์สุ่มที่มีการแจกแจงปกติของ  $k$  ตัวแปร ซึ่งมีเวกเตอร์ค่าเฉลี่ย คือ  $\underline{\mu}$  และเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม คือ  $W$  ซึ่งมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น คือ

$$f(\underline{u}) = (2\pi)^{-\frac{k}{2}} |W|^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\underline{u}-\underline{\mu})(W)^{-1}(\underline{u}-\underline{\mu})\right\} \text{ ซึ่งเขียนแทน}$$

ด้วยสัญลักษณ์ ดังนี้  $N_k(\underline{\mu}, W)$  การสร้างเวกเตอร์สุ่ม  $\underline{u}$  ทำได้โดยการสร้างตัวแปรสุ่ม  $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$  ที่มีการแจกแจงปกติตัวแปรเดียวและเป็นอิสระกัน  $k$  ตัว โดยให้  $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$  มี

การแจกแจงปกติมาตรฐาน นั่นคือ  $\underline{Z} \sim N(\underline{0}, I)$  และเวกเตอร์สุ่ม  $\underline{u}$  สร้างได้จากความสัมพันธ์  $\underline{u} = A\underline{Z} + \underline{\mu}$  เมื่อ  $AA' = W$  และ  $\underline{Z} = [Z_1, Z_2, \dots, Z_k]'$  ดังนั้นถ้าต้องการสร้างให้  $\underline{\varepsilon}_i \sim N_k(\underline{0}, W)$  จึงสร้างโดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1 หาเมตริกซ์  $A$  ซึ่งได้จากการหาเมตริกซ์รากที่สองของ  $W$  นั่นคือ หาเมตริกซ์  $A$

ที่สอดคล้องกับ  $AA' = W^{\frac{1}{2}}W^{\frac{1}{2}} = W$  โดย  $W^{\frac{1}{2}} = P\Lambda^{\frac{1}{2}}P'$  เมื่อ  $P = [e_1, \dots, e_k]$  โดยที่  $e_1, \dots, e_k$  คือเวกเตอร์ไอเกนที่ตั้งฉากกันและมีความยาวเท่ากับ 1 ของ  $W$

$$\Lambda^{\frac{1}{2}} = \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sqrt{\lambda_2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sqrt{\lambda_k} \end{bmatrix}$$

เมื่อ  $\lambda_j, j=1, \dots, k$  คือค่าไอเกนของ  $W$  ที่สอดคล้องกับ  $e_1, \dots, e_k$

1.2 สร้างตัวแปรสุ่ม  $Z_1, \dots, Z_k$  ให้มีการแจกแจงปกติมาตรฐานที่เป็นอิสระกัน นั่นคือ  $\underline{Z} \sim N_k(\underline{0}, I)$

1.3 แทน  $\underline{A}$  และ  $\underline{Z}$  ในสมการ  $\underline{\varepsilon} = A\underline{Z}$  จะได้  $\underline{\varepsilon} \sim N_k(\underline{0}, W)$

2. สร้างตัวแบบ  $X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$  ตามขั้นตอนดังนี้

2.1 จำลองค่า  $\beta_i$  ที่มีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1

2.2 กำหนดให้ค่าคงที่  $\mu = 0$

2.3 กำหนดค่าอิทธิพลสิ่งทดลอง  $\tau_j$

2.3.1 เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 โดยกำหนดค่า  $\forall_j \tau_j = 0 \quad j=1, \dots, k$  ซึ่งมีสมมติฐานหลักคือ  $X_{ij} = \mu + \beta_i + \varepsilon_{ij}$

2.3.2 เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบ โดยกำหนดค่า  $\exists_j \tau_j \neq 0 \quad j=1, \dots, k$  ซึ่งมีสมมติฐานทางเลือกคือ  $X_{ij} = \mu + \beta_i + \theta_n \tau_j + \varepsilon_{ij}$  โดยจะพิจารณาดังนี้

1) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 สิ่งทดลอง จำแนกได้ 6 กรณี กำหนด  $\tau_j$

ดังนี้

	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$
กรณีที่ 1	0	0	0
กรณีที่ 2	0	-1	1
กรณีที่ 3	0	-1.5	1.5
กรณีที่ 4	0	-2	2
กรณีที่ 5	0	-2.5	2.5
กรณีที่ 6	0	-3	3

2) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 สิ่งทดลอง จำแนกได้ 9 กรณี กำหนด  $\tau_j$

ดังนี้

	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$	$\tau_5$
กรณีที่ 1	0	0	0	0	0
กรณีที่ 2	0	0	-1	0.5	0.5
กรณีที่ 3	0	0	0	-1	1
กรณีที่ 4	0	0	0	-1.5	1.5
กรณีที่ 5	0	0	-2	1	1
กรณีที่ 6	0	0	0	-2	2
กรณีที่ 7	0	0	0	-2.5	2.5
กรณีที่ 8	0	0	-3	1.5	1.5
กรณีที่ 9	0	0	0	-3	3



### 3. คำนวณสถิติทดสอบ

3.1 สถิติทดสอบฟรีดแมน(FR) โดยทำการเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของการแจกแจงไคสแควร์ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1)$

3.2 สถิติทดสอบเควด(V) โดยทำการเปรียบเทียบกับกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของการแจกแจงเอฟ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1), (n-1)(k-1)$

3.3 สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ(RT) โดยทำการเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $1-\alpha$  ของการแจกแจงเอฟ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ  $(k-1), (n-1)(k-1)$

4. การหาค่าความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ

จำลองข้อมูล 1,000 ครั้ง ในแต่ละกรณีนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธเอาไว้ จากนั้น คำนวณค่าความน่าจะเป็นของจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$  ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

4.1 เมื่อ  $\forall_j \tau_j = 0 \quad j=1, \dots, k$  หาค่าความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$  เพื่อตรวจสอบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1

4.2 เมื่อ  $\exists_j \tau_j \neq 0 \quad j=1, \dots, k$  หาค่าความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$  เพื่อหากำลังการทดสอบ

5. ทำซ้ำข้อ 1-4 โดยเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $\rho = 0.0, 0.2, 0.5$  และ  $0.8$ )

จำนวนบล็อก ( $n=15, 30$  และ  $50$ ) และสิ่งทดลอง ( $k=3$  และ  $5$ )

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับในการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ โดยที่ความคลาดเคลื่อนและอิทธิพลของบล็อกมีการแจกแจงเหมือนกัน คือ การแจกแจงปกติ เมื่อค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันเท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8 โดยพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และ พิจารณากำลังการทดสอบของแต่ละการทดสอบ

#### 4.1 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1

ผลการวิเคราะห์ที่ได้นำเสนอในรูปแบบของตาราง และรูปภาพ ซึ่งแยกเป็น

- 1) นำเสนอความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ในรูปตาราง โดยจำแนกตามอิทธิพลสิ่งทดลอง จำนวนบล็อกและสถิติทดสอบต่าง ๆ
- 2) นำเสนอความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ในรูปภาพ โดยจะพิจารณาเมื่อบล็อกมีจำนวนเพิ่มขึ้น

##### 4.1.1 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

**ตารางที่ 7** ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกและจำนวนสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

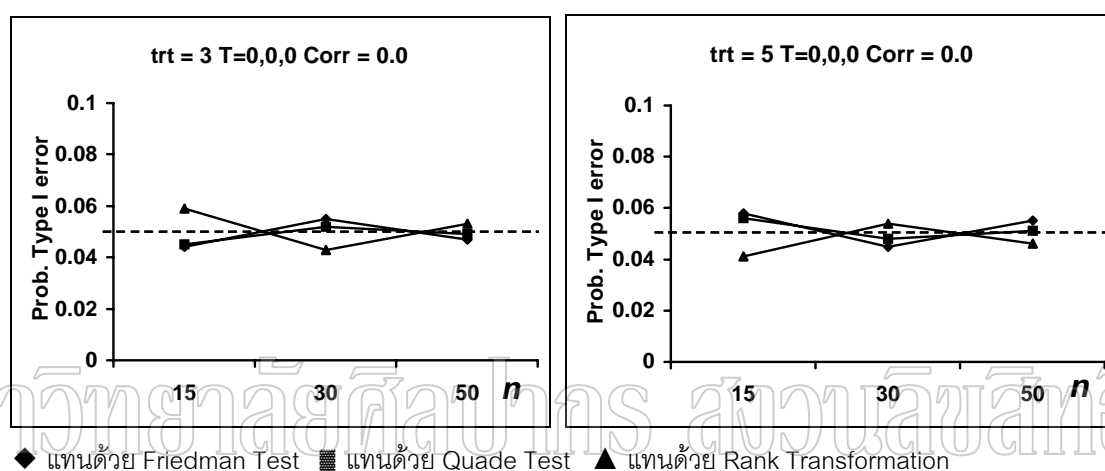
จำนวนสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
3	ฟรีดแมน	0.044	0.055	0.047
	เควด	0.045	0.052	0.049
	การแปลง	0.059	0.043	0.053

ตารางที่ 7(ต่อ)

จำนวนสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
5	ฟรีดแมน	0.058	0.045	0.055
	เควด	0.056	0.048	0.051
	การแปลง	0.041	0.054	0.046

1.1) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3

1.2) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5



ภาพที่ 1 ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5

จากตารางที่ 7 และภาพที่ 1 กำหนดให้  $\tau = 0, 0, 0$  และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

สำหรับสิ่งทดลองเท่ากับ 3 เมื่อ  $n=15, 50$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=30$  มีเพียงสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

สำหรับสิ่งทดลองเท่ากับ 5 เมื่อ  $n=15, 50$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=30$  สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

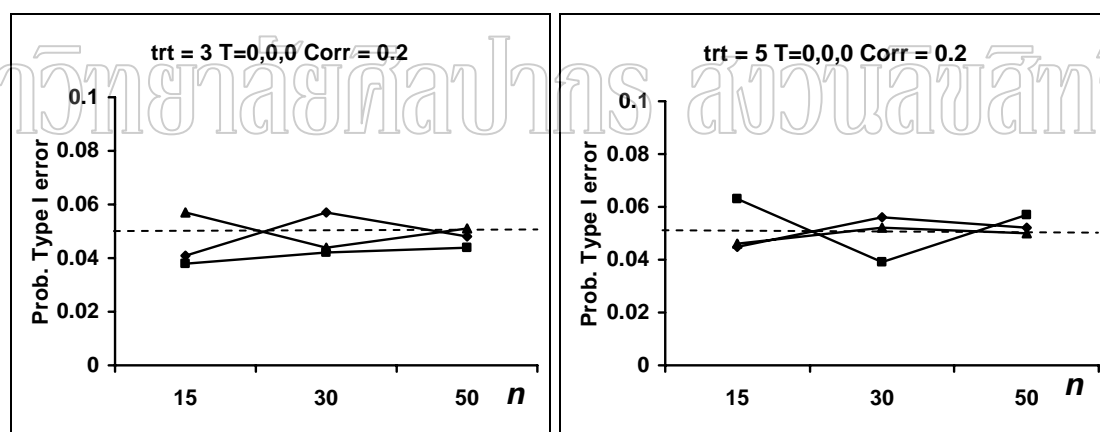
#### 4.1.2 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2

ตารางที่ 8 ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกและจำนวนสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2

จำนวนสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
3	ฟรีดแมน	0.041	0.057	0.048
	เควด	0.038	0.042	0.044
	การแปลง	0.057	0.044	0.051
5	ฟรีดแมน	0.045	0.056	0.052
	เควด	0.063	0.039	0.057
	การแปลง	0.046	0.052	0.050

2.1) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3

2.2) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5



◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

ภาพที่ 2 ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5

จากตารางที่ 8 และภาพที่ 2 กำหนดให้  $\tau = 0, 0, 0$  และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ

0.2

สำหรับสิ่งทดลองเท่ากับ 3 จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีในทุกจำนวนบล็อก แต่เมื่อ  $n = 15, 50$  จะเห็นได้ว่าสถิติทดสอบฟรีดแมนสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี และเมื่อ  $n=30$  สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

สำหรับสิ่งทดลองเท่ากับ 5 เมื่อ  $n=15$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=30$  มีเพียงสถิติทดสอบเควดที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี และเมื่อ  $n=50$  สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

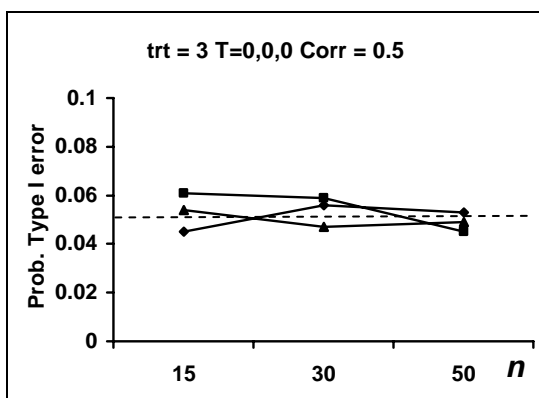
#### 4.1.3 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5

**ตารางที่ 9** ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบฟรีดแมน

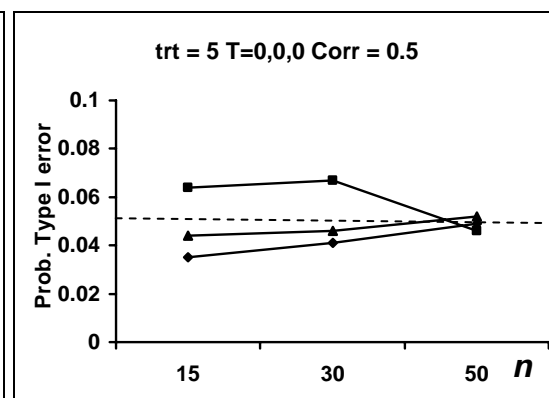
สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกและจำนวนสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5

จำนวนสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
3	ฟรีดแมน	0.045	0.056	0.053
	เควด	0.061	0.059	0.045
	การแปลง	0.054	0.047	0.049
5	ฟรีดแมน	0.035	0.041	0.049
	เควด	0.064	0.067	0.046
	การแปลง	0.044	0.046	0.052

## 3.1) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3



## 3.2) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5



◆ แทนด้วย Friedman Test    ■ แทนด้วย Quade Test    ▲ แทนด้วย Rank Transformation

ภาพที่ 3 ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5

จากตารางที่ 9 และภาพที่ 3 กำหนดให้  $\tau = 0, 0, 0$  และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5

สำหรับจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 เมื่อ  $n=15$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบพรีดแมนสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี และเมื่อ  $n=30, 50$  จะเห็นได้ว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=50$  สถิติทดสอบควอดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

สำหรับจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบพรีดแมนสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีในทุกจำนวนบล็อกและเมื่อ  $n=15, 30$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=50$  สถิติทดสอบควอดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

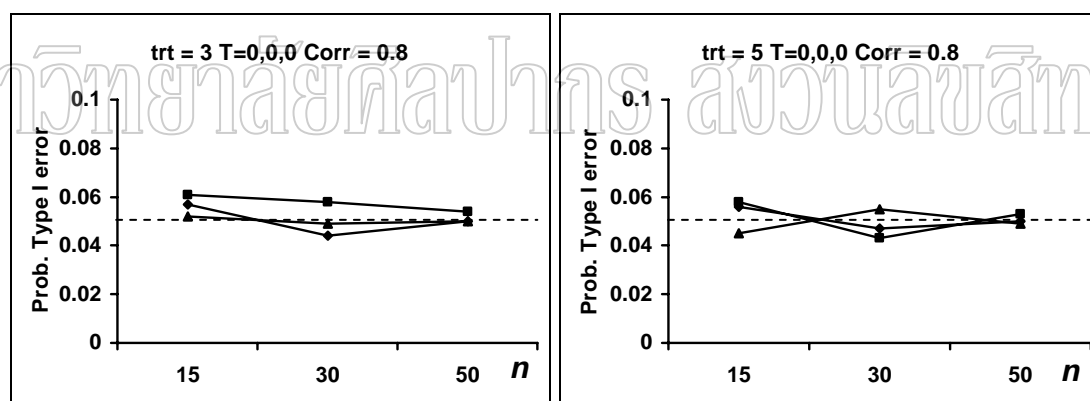
#### 4.1.4 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

ตารางที่ 10 ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกและจำนวนสิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

จำนวนสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
3	ฟรีดแมน	0.057	0.044	0.050
	เควด	0.061	0.058	0.054
	การแปลง	0.052	0.049	0.050
5	ฟรีดแมน	0.056	0.047	0.050
	เควด	0.058	0.043	0.053
	การแปลง	0.045	0.055	0.049

4.1) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3

4.2) จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5



◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

ภาพที่ 4 ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 และจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5

จากตารางที่ 10 และภาพที่ 4 เมื่อกำหนดให้  $\tau = 0, 0, 0$  และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

สำหรับจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 เมื่อ  $n=15$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 ไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ แต่เมื่อ  $n=30, 50$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

สำหรับจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 เมื่อ  $n=15, 50$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีและเมื่อ  $n=30$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

#### 4.2 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากกำลังการทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ถูกนำเสนอในรูปแบบของตารางและรูปภาพ ซึ่งแยกพิจารณาได้ดังนี้

1) นำเสนอค่ากำลังการทดสอบในรูปแบบตาราง โดยจำแนกตามอิทธิพลสิ่งทดลอง สถิติทดสอบและจำนวนบล็อก

2) นำเสนอค่ากำลังการทดสอบในรูปแบบภาพ โดยจะพิจารณาเมื่อบล็อกมีจำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งกำหนดให้  $\tau$  คงที่

3) นำเสนอค่ากำลังการทดสอบในรูปแบบภาพ โดยจะพิจารณาเมื่อ  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งกำหนดให้จำนวนบล็อกคงที่

##### 4.2.1 กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง

###### 4.2.1.1 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

ตารางที่ 11 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบ

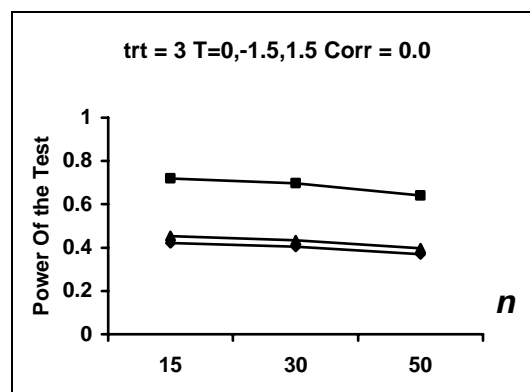
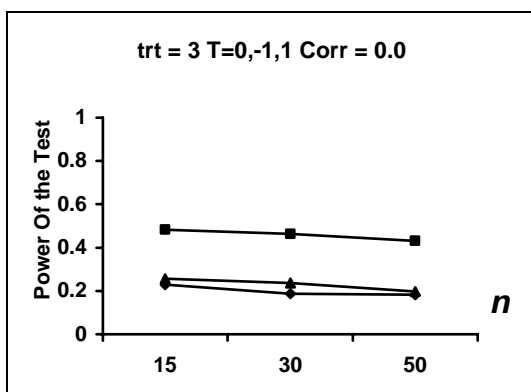
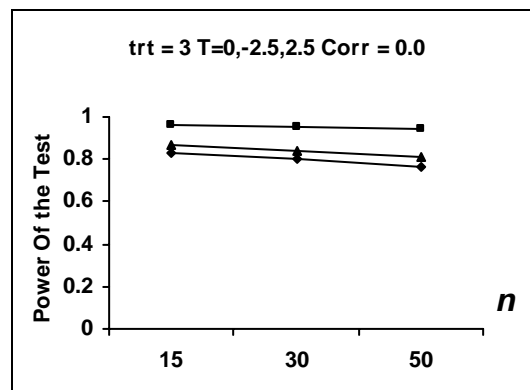
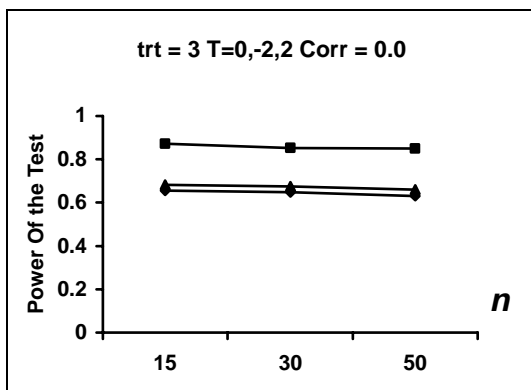
การแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลองเมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, -1, 1	ฟรีดแมน	0.228	0.187	0.183
	เควด	0.482	0.464	0.432
	การแปลง	0.255	0.237	0.198

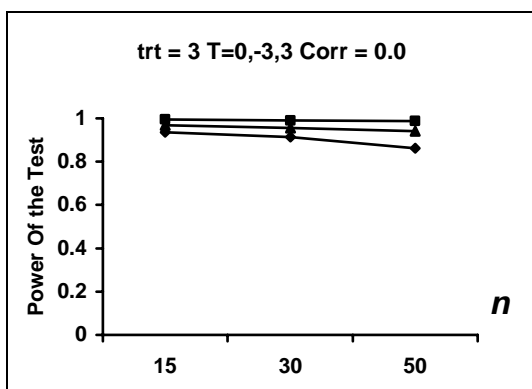


ตารางที่ 11(ต่อ)

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, -1.5, 1.5	ฟรีดแมน	0.422	0.404	0.370
	เควด	0.718	0.697	0.641
	การแปลง	0.454	0.433	0.397
0, -2, 2	ฟรีดแมน	0.656	0.649	0.631
	เควด	0.872	0.853	0.850
	การแปลง	0.683	0.675	0.659
0, -2.5, 2.5	ฟรีดแมน	0.832	0.801	0.763
	เควด	0.959	0.953	0.941
	การแปลง	0.867	0.835	0.808
0, -3, 3	ฟรีดแมน	0.935	0.914	0.863
	เควด	0.995	0.991	0.988
	การแปลง	0.967	0.956	0.940

5.1)  $\tau=0, -1, 1$ 5.2)  $\tau=0, -1.5, 1.5$ 5.3)  $\tau=0, -2, 2$ 5.4)  $\tau=0, -2.5, 2.5$ 

5.5)  $\tau=0, -3, 3$

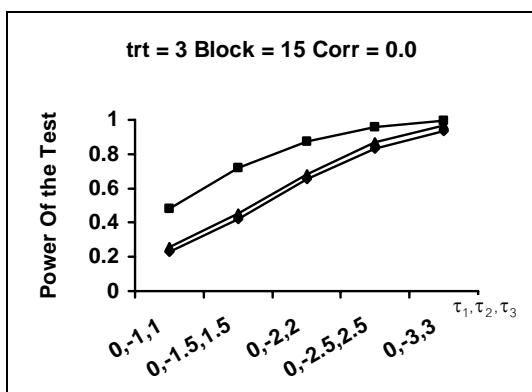


◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

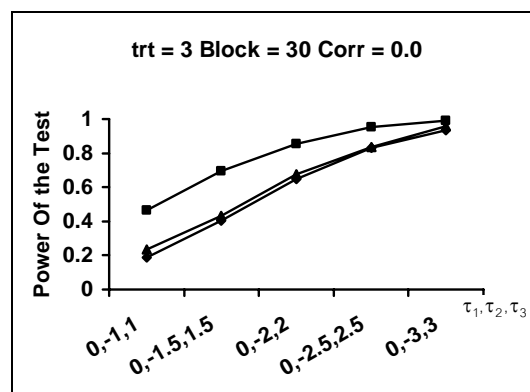
ภาพที่ 5 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน

จากตารางที่ 11 และภาพที่ 5 เมื่อกำหนดจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และให้  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กันคือ 1) 0, -1, 1 2) 0, -1.5, 1.5 3) 0, -2, 2 4) 0, -2.5, 2.5 และ 5) 0, -3, 3 จะเห็นว่า เมื่อ n เพิ่มขึ้นทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบลดลง โดยที่สถิติทดสอบควอดมีกำลังการทดสอบสูงสุดอย่างเห็นได้ชัดเจนและกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 มีแนวโน้มเข้าสู่ 1 เมื่อขนาดของ  $\tau$  เพิ่มขึ้น รองลงมาคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบฟรีดแมน

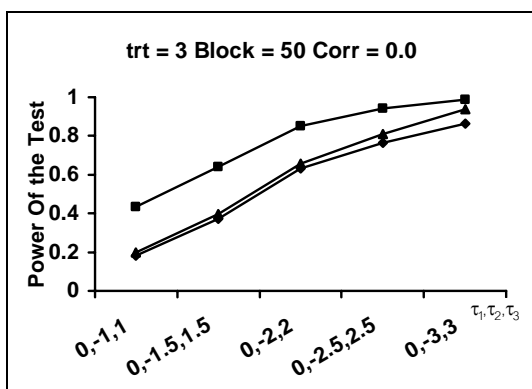
6.1) จำนวนบล็อกเท่ากับ 15



6.2) จำนวนบล็อกเท่ากับ 30



## 6.3) จำนวนบล็อกเท่ากับ 50



◆ แทนด้วย Friedman Test ■ แทนด้วย Quade Test ▲ แทนด้วย Rank Transformation

**ภาพที่ 6** กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

จากตารางที่ 11 และภาพที่ 6 เมื่อกำหนดจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้น โดยที่สถิติทดสอบเควดมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบฟรีดแมน

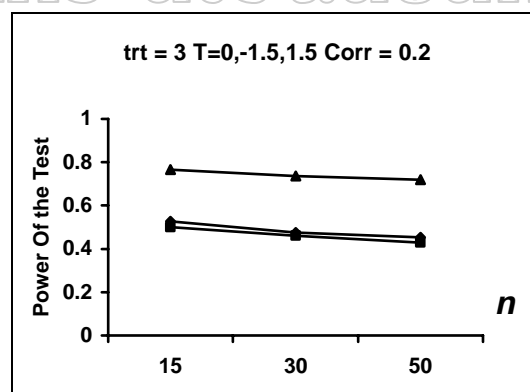
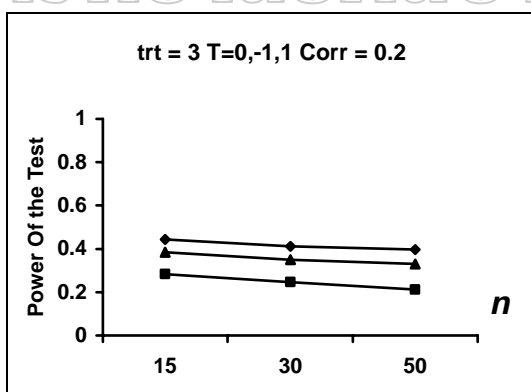
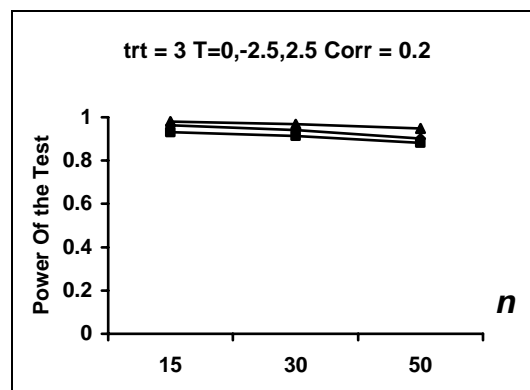
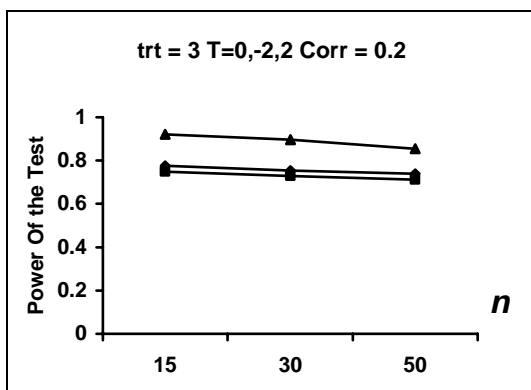
## 4.2.1.2 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2

**ตารางที่ 12** กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลองเมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2

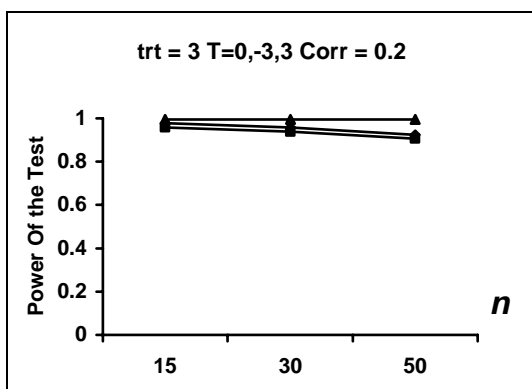
อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, -1, 1	ฟรีดแมน	0.443	0.412	0.397
	เควด	0.284	0.246	0.212
	การแปลง	0.384	0.350	0.331

ตารางที่ 12(ต่อ)

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, -1.5, 1.5	ฟรีดแมน	0.526	0.475	0.453
	เควด	0.500	0.460	0.429
	การแปลง	0.765	0.736	0.718
0, -2, 2	ฟรีดแมน	0.775	0.753	0.738
	เควด	0.748	0.729	0.712
	การแปลง	0.922	0.896	0.854
0, -2.5, 2.5	ฟรีดแมน	0.963	0.941	0.901
	เควด	0.932	0.913	0.882
	การแปลง	0.980	0.969	0.948
0, -3, 3	ฟรีดแมน	0.979	0.958	0.924
	เควด	0.958	0.939	0.906
	การแปลง	0.996	0.995	0.995

7.1)  $\tau = 0, -1, 1$ 7.2)  $\tau = 0, 1.5, 1.5$ 7.3)  $\tau = 0, -2, 2$ 7.4)  $\tau = 0, -2.5, 2.5$ 

7.5)  $\tau=0, -3, 3$



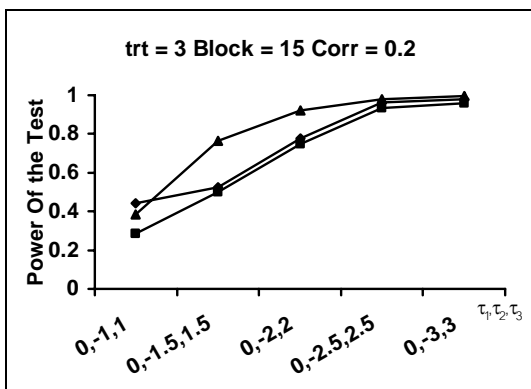
◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

**ภาพที่ 7** กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณีเปรียบเทียบบิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน

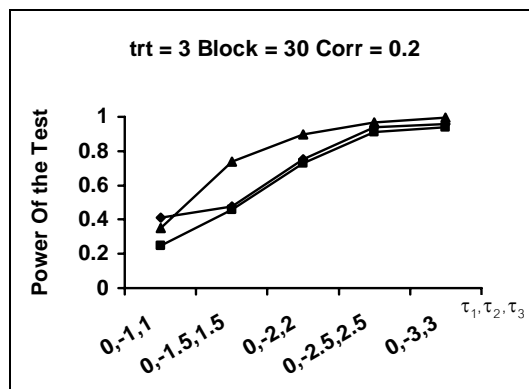
จากตารางที่ 12 และภาพที่ 7.1 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3,  $\tau = 0, -1, 1$  และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $n$  เพิ่มขึ้นทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบลดลง โดยที่สถิติทดสอบฟรีดแมนมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบเควด

จากตารางที่ 12 และภาพที่ 7.2-7.5 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, ที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กันคือ 1) 0, -1.5, 1.5 2) 0, -2, 2 3) 0, -2.5, 2.5 4) 0, -3, 3 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2 จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเควด

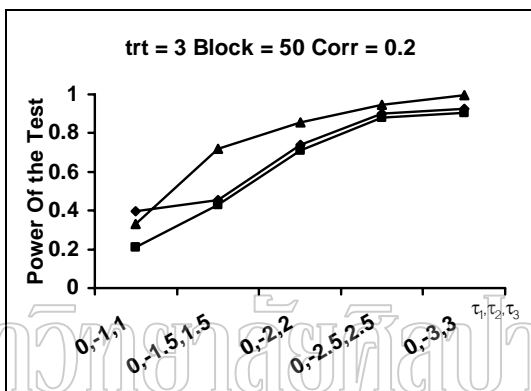
## 8.1) จำนวนบล็อกเท่ากับ 15



## 8.2) จำนวนบล็อกเท่ากับ 30



## 8.3) จำนวนบล็อกเท่ากับ 50



◆ แทนด้วย Friedman Test    ■ แทนด้วย Quade Test    ▲ แทนด้วย Rank Transformation

**ภาพที่ 8** กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรี้ดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50

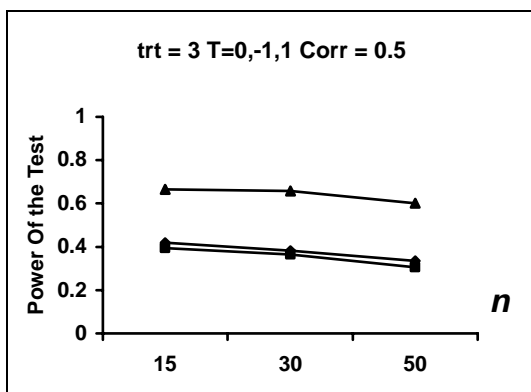
จากตารางที่ 12 และภาพที่ 8 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้สถิติทดสอบฟรี้ดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้น โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรี้ดแมนและสถิติทดสอบเควด

### 4.2.1.3 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5

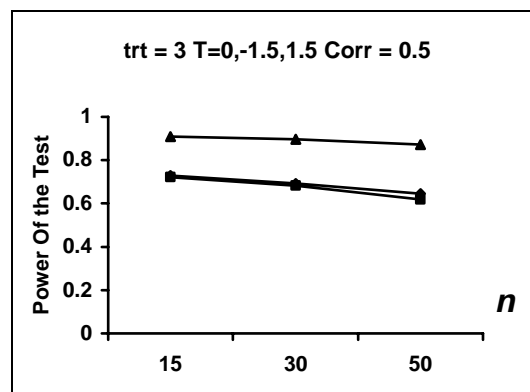
ตารางที่ 13 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5

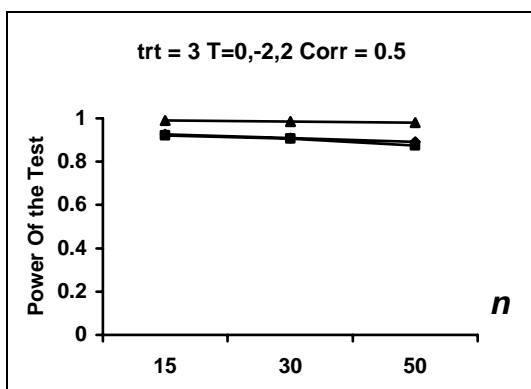
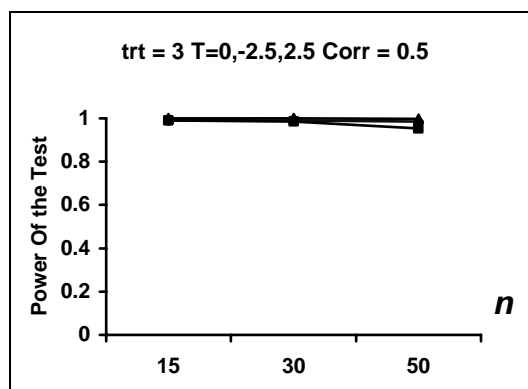
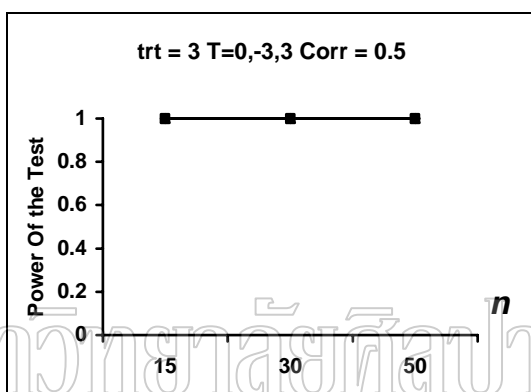
อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, -1, 1	พรีดแมน	0.419	0.381	0.335
	เควด	0.393	0.365	0.306
	การแปลง	0.666	0.658	0.601
0, -1.5, 1.5	พรีดแมน	0.728	0.692	0.645
	เควด	0.722	0.683	0.618
	การแปลง	0.909	0.896	0.872
0, -2, 2	พรีดแมน	0.925	0.909	0.891
	เควด	0.922	0.906	0.875
	การแปลง	0.989	0.984	0.981
0, -2.5, 2.5	พรีดแมน	0.991	0.989	0.984
	เควด	0.990	0.985	0.952
	การแปลง	1.000	1.000	0.998
0, -3, 3	พรีดแมน	1.000	1.000	1.000
	เควด	1.000	1.000	1.000
	การแปลง	1.000	1.000	1.000

9.1)  $\tau=0, -1, 1$



9.2)  $\tau=0, -1.5, 1.5$



9.3)  $\tau=0, -2, 2$ 9.4)  $\tau=0, -2.5, 2.5$ 9.5)  $\tau=0, -3, 3$ 

◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

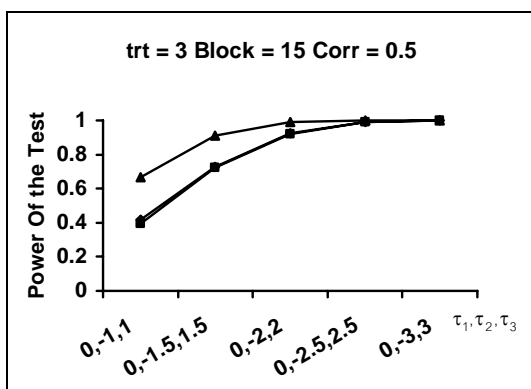
ภาพที่ 9 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อก กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน

จากตารางที่ 13 และภาพที่ 9.1-9.4 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 ที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กันคือ 1) 0, -1, 1 2) 0, -1.5, 1.5 3) 0, -2, 2 และ 4) 0, -2.5, 2.5 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $n$  เพิ่มขึ้นทำให้สถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบลดลง โดยที่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรیدแมนและสถิติทดสอบเควด

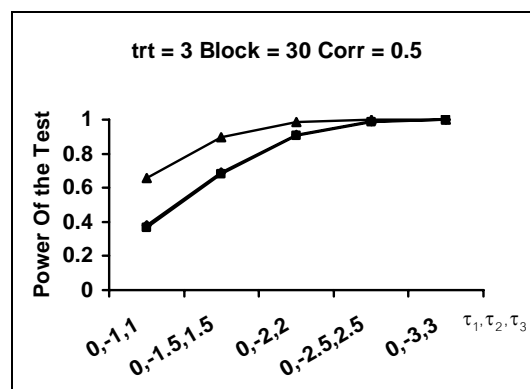
จากตารางที่ 13 และภาพที่ 9.5 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 ที่  $\tau=0, -3, 3$  และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5 จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ มีกำลังการทดสอบสูงสุดเท่ากับ 1



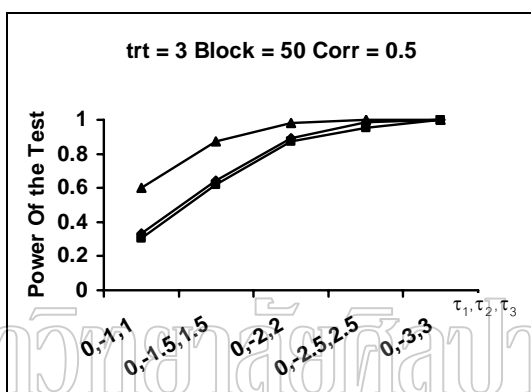
10.1) จำนวนบล็อกเท่ากับ 15



10.2) จำนวนบล็อกเท่ากับ 30



10.3) จำนวนบล็อกเท่ากับ 50



◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

ภาพที่ 10 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15,30 และ 50

จากตารางที่ 13 และภาพที่ 10 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้นทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้น จะสังเกตได้ว่าเมื่อ  $\tau$  มีขนาดใหญ่ ( $\tau=0, -3, 3$ ) สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุดคือเท่ากับ 1

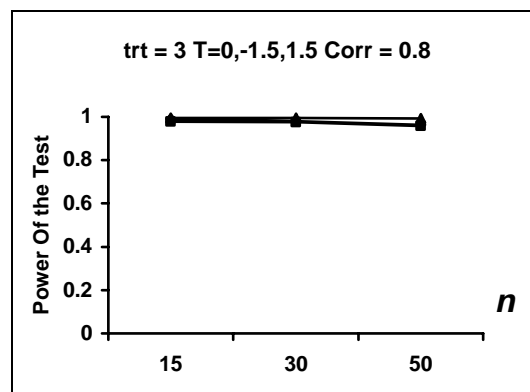
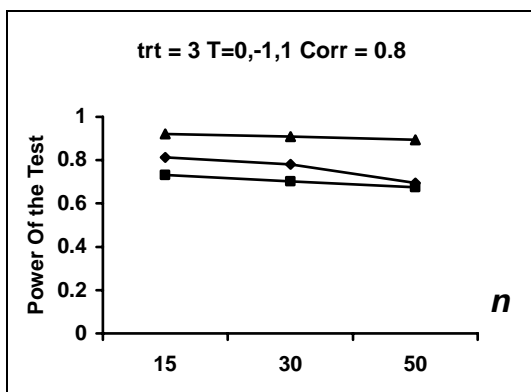
#### 4.2.1.4 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

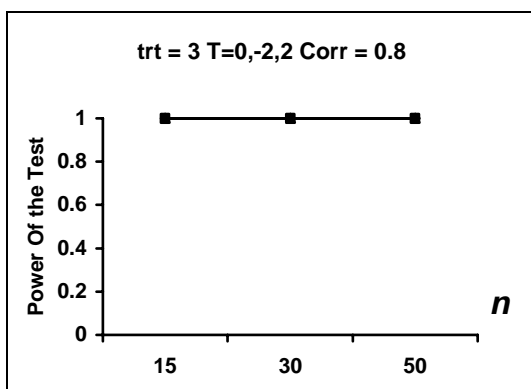
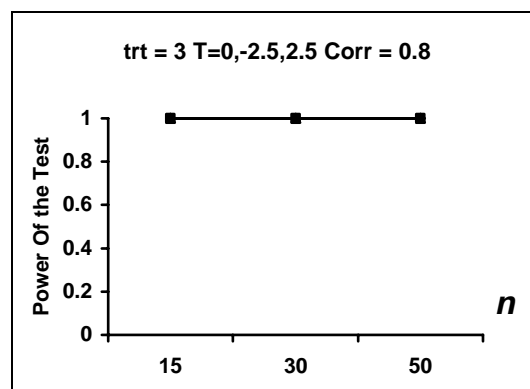
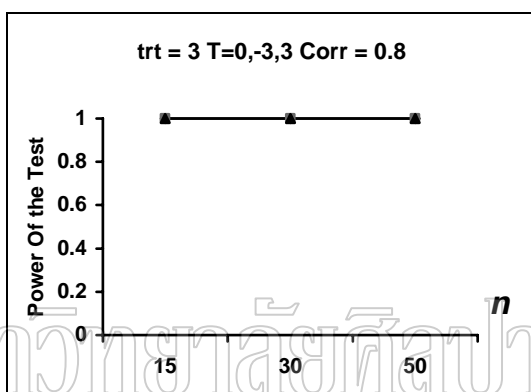
ตารางที่ 14 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, -1, 1	พรีดแมน	0.814	0.782	0.695
	เควด	0.731	0.703	0.676
	การแปลง	0.922	0.909	0.895
0, -1.5, 1.5	พรีดแมน	0.989	0.981	0.964
	เควด	0.978	0.976	0.959
	การแปลง	0.995	0.994	0.993
0, -2, 2	พรีดแมน	1.000	1.000	1.000
	เควด	1.000	0.999	0.999
	การแปลง	1.000	1.000	1.000
0, -2.5, 2.5	พรีดแมน	1.000	1.000	1.000
	เควด	1.000	1.000	1.000
	การแปลง	1.000	1.000	1.000
0, -3, 3	พรีดแมน	1.000	1.000	1.000
	เควด	1.000	1.000	1.000
	การแปลง	1.000	1.000	1.000

11.1)  $\tau=0, -1, 1$

11.2)  $\tau=0, -1.5, 1.5$



11.3)  $\tau=0, -2, 2$ 11.4)  $\tau=0, -2.5, 2.5$ 11.5)  $\tau=0, -3, 3$ 

◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

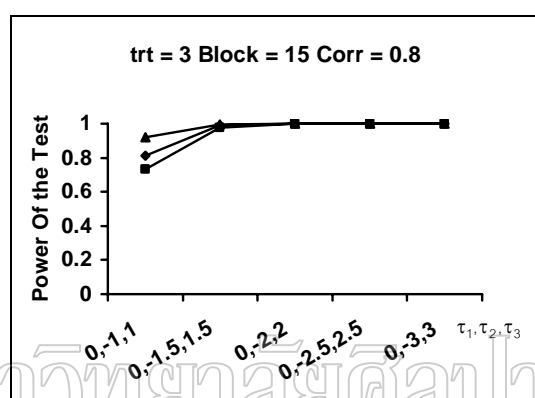
**ภาพที่ 11** กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน

จากตารางที่ 14 และภาพที่ 11.1 และ 11.2 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, ที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน คือ 1) 0, -1, 1 2) 0, -1.5, 1.5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อ n เพิ่มขึ้น ทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบลดลง จะสังเกตได้ว่าสถิติทดสอบทั้ง 3 มีแนวโน้มเข้าสู่ 1 โดยที่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเควด

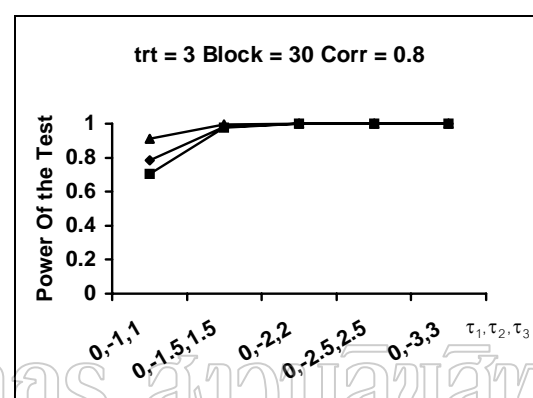
จากตารางที่ 14 และภาพที่ 11.3 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ  $\tau$  มีขนาดใหญ่ ( $\tau$  เท่ากับ 0, -2, 2) สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบฟรีดแมนการทดสอบสูงสุดเท่ากับ 1 รองลงมาคือ สถิติทดสอบเคเวด

จากตารางที่ 14 และภาพที่ 11.4-11.5 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ  $\tau$  มีขนาดใหญ่ ( $\tau$  เท่ากับ 1) 0, -2.5, 2.5 2) 0, -3, 3) สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเคเวด และสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุดเท่ากับ 1

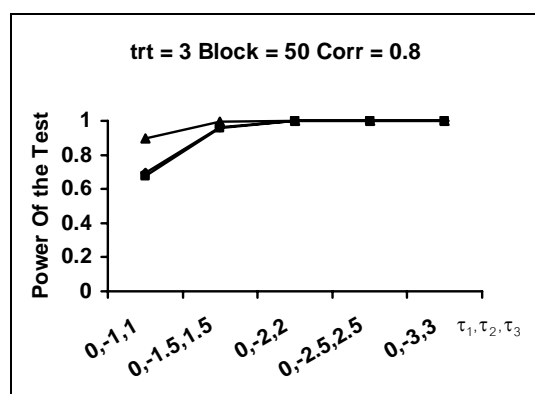
12.1) จำนวนบล็อกเท่ากับ 15



12.2) จำนวนบล็อกเท่ากับ 30



12.3) จำนวนบล็อกเท่ากับ 50



◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

ภาพที่ 12 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเคเวดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ

จากตารางที่ 14 และภาพที่ 12 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้น โดยมีแนวโน้มเข้าสู่ 1 เมื่อ  $\tau$  มีขนาดเท่ากับ 0, -2.5, 2.5 และ 0, -3, 3 แล้ว สถิติทดสอบทั้ง 3 มีกำลังการทดสอบสูงสุด คือเท่ากับ 1

#### 4.2.2 กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง

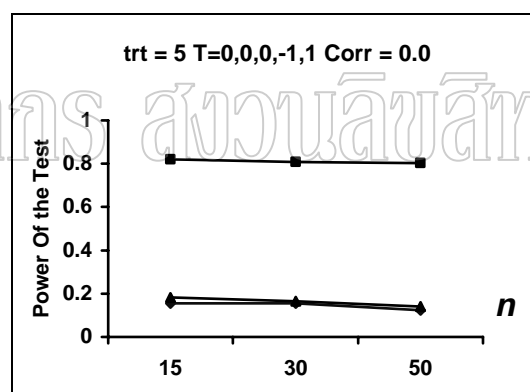
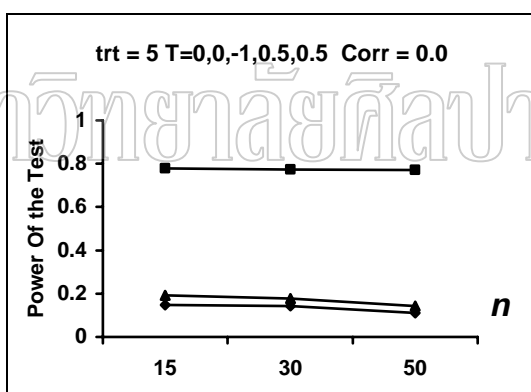
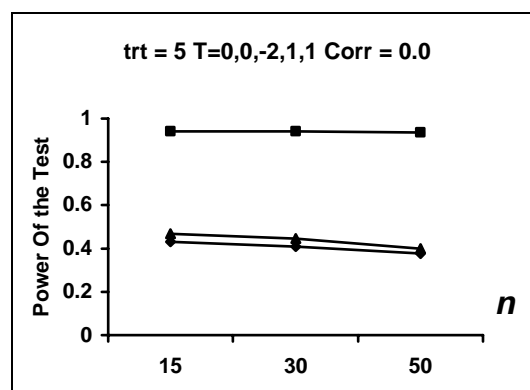
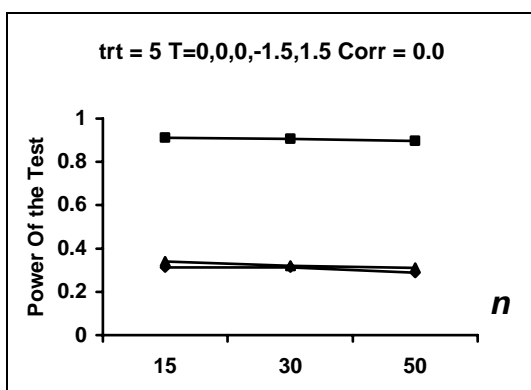
##### 4.2.2.1 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

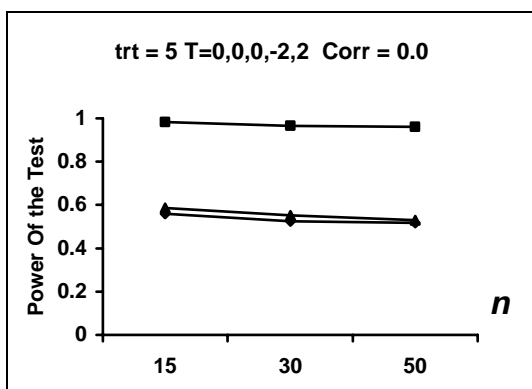
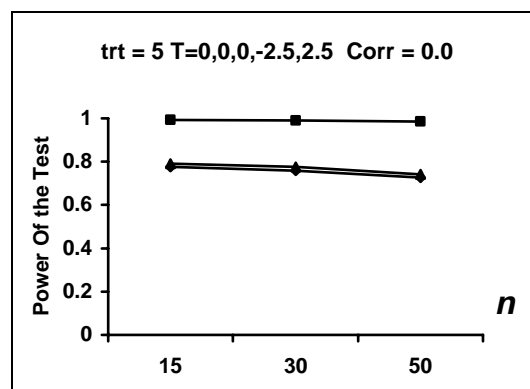
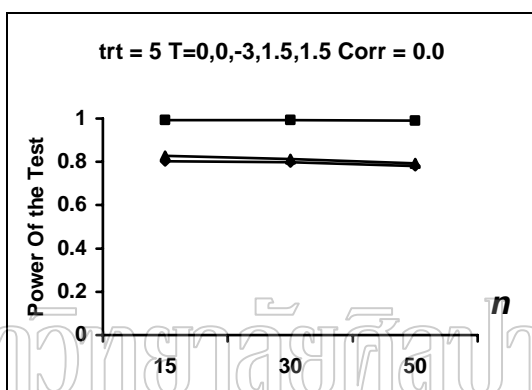
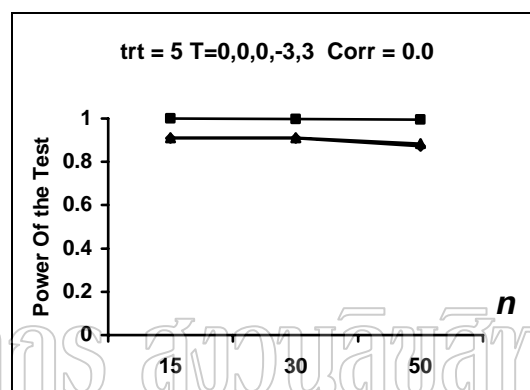
ตารางที่ 15 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, 0, -1, 0.5, 0.5	ฟรีดแมน	0.149	0.144	0.110
	เควค	0.778	0.774	0.771
	การแปลง	0.193	0.177	0.143
0, 0, 0, -1, 1	ฟรีดแมน	0.155	0.149	0.123
	เควค	0.819	0.808	0.802
	การแปลง	0.182	0.165	0.140
0, 0, 0, -1.5, 1.5	ฟรีดแมน	0.313	0.312	0.289
	เควค	0.912	0.906	0.897
	การแปลง	0.341	0.321	0.310
0, 0, -2, 1, 1	ฟรีดแมน	0.432	0.409	0.377
	เควค	0.941	0.940	0.937
	การแปลง	0.469	0.445	0.398
0, 0, 0, -2, 2	ฟรีดแมน	0.560	0.524	0.518
	เควค	0.982	0.966	0.961
	การแปลง	0.586	0.552	0.529

ตารางที่ 15 (ต่อ)

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, 0, 0, -2.5, 2.5	ฟรีดแมน	0.775	0.759	0.726
	เควด	0.993	0.989	0.985
	การแปลง	0.791	0.775	0.741
0, 0, -3, 1.5, 1.5	ฟรีดแมน	0.803	0.798	0.781
	เควด	0.993	0.993	0.990
	การแปลง	0.827	0.812	0.794
0, 0, 0, -3, 3	ฟรีดแมน	0.910	0.909	0.871
	เควด	0.999	0.998	0.996
	การแปลง	0.912	0.911	0.885

13.1)  $\tau=0, 0, -1, 0.5, 0.5$ 13.2)  $\tau=0, 0, 0, -1, 1$ 13.3)  $\tau=0, 0, 0, -1.5, 1.5$ 13.4)  $\tau=0, 0, -2, 1, 1$ 

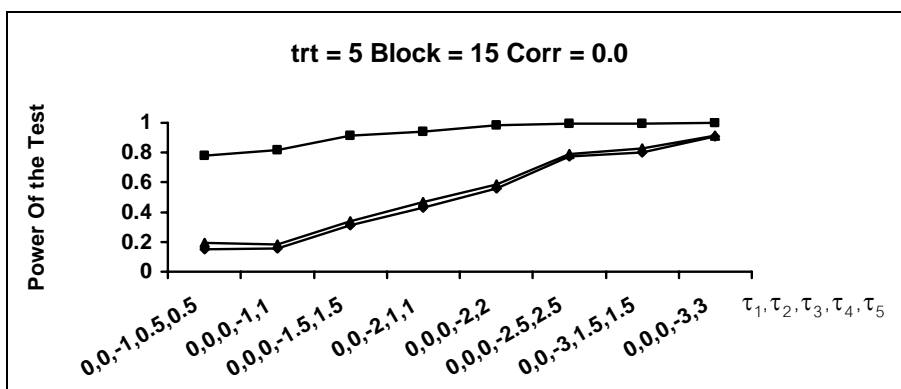
13.5)  $\tau=0, 0, 0, -2, 2$ 13.6)  $\tau=0, 0, 0, -2.5, 2.5$ 13.7)  $\tau=0, 0, -3, 1.5, 1.5$ 13.8)  $\tau=0, 0, 0, -3, 3$ 

◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

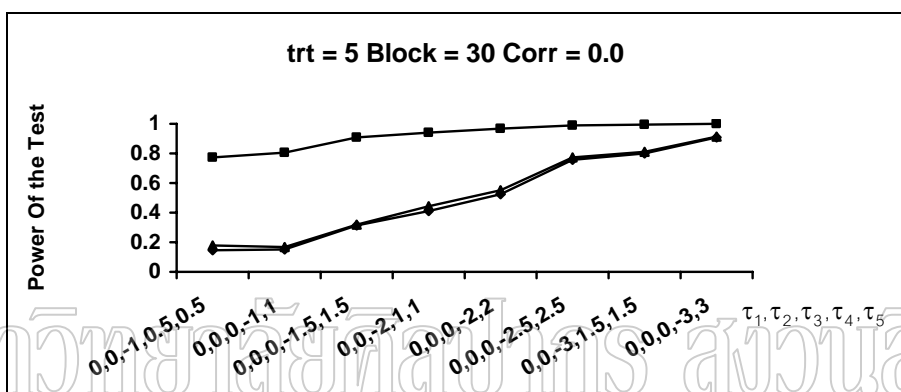
ภาพที่ 13 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรี้ดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และที่  $\tau$  มีขนาดต่างๆ กัน

จากตารางที่ 15 และภาพที่ 13 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 ที่  $\tau$  มีขนาดต่างๆ กันคือ 1) 0, 0, -1, 1.5, 1.5 2) 0, 0, 0, -1, 1 3) 0, 0, 0, -1.5, 1.5 4) 0, 0, -2, 1, 1 5) 0, 0, 0, -2, 2 6) 0, 0, 0, -2.5, 2.5 7) 0, 0, -3, 1.5, 1.5 และ 8) 0, 0, 0, -3, 3 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.0 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $n$  เพิ่มขึ้น ทำให้สถิติทดสอบฟรี้ดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบลดลง โดยสถิติทดสอบควอดมีกำลังการทดสอบสูงสุดอย่างเห็นได้ชัดเจน เมื่อขนาดของ  $\tau$  เพิ่มขึ้นความแตกต่างระหว่างกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 ลดลง รองลงมาคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบฟรี้ดแมน

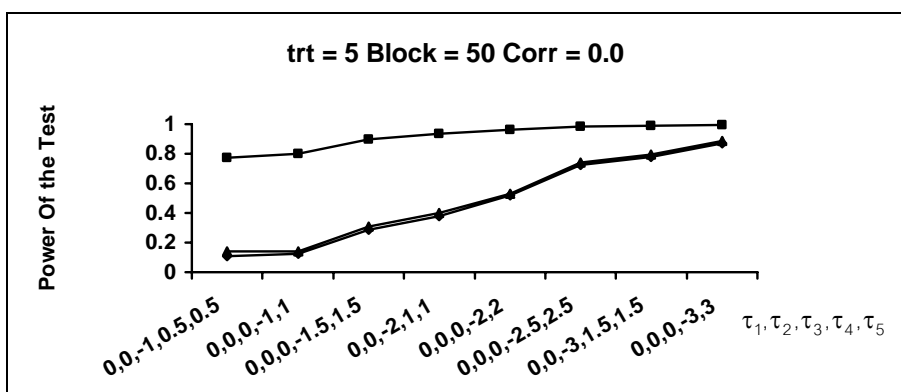
14.1) จำนวนบล็อกเท่ากับ 15



14.2) จำนวนบล็อกเท่ากับ 30



14.3) จำนวนบล็อกเท่ากับ 50



◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

ภาพที่ 14 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ



จากตารางที่ 12 และภาพที่ 14 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5, จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้นทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้น โดยที่สถิติทดสอบเควดมีกำลังการทดสอบสูงสุดอย่างเห็นได้ชัดเจน รองลงมาคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบฟรีดแมน

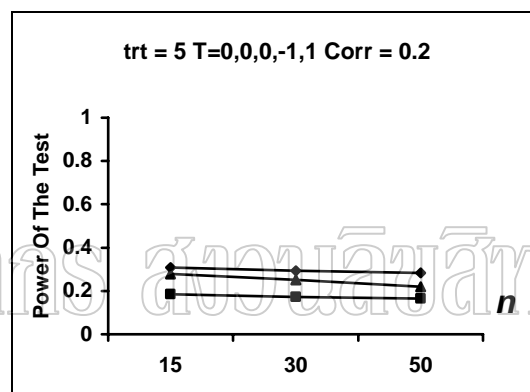
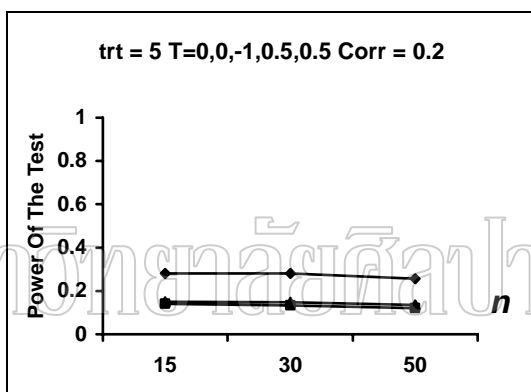
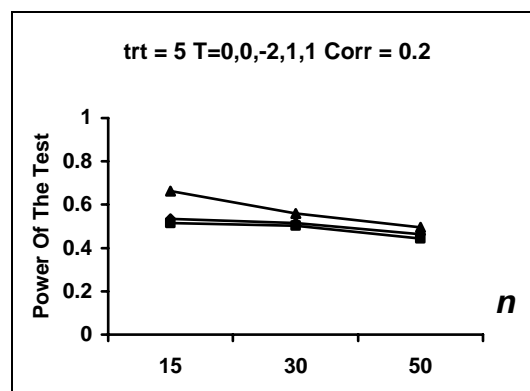
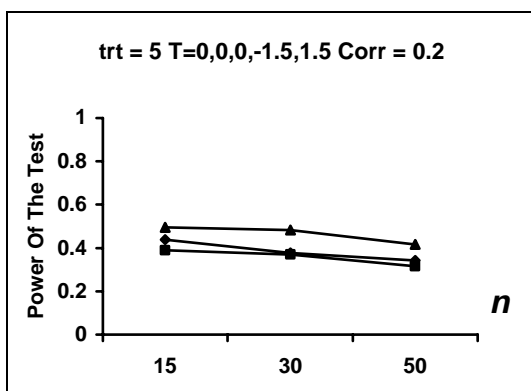
#### 4.2.2.2 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2

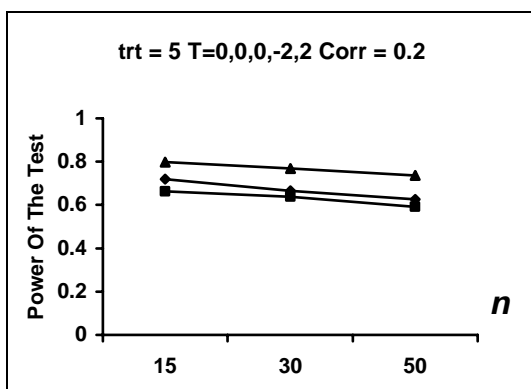
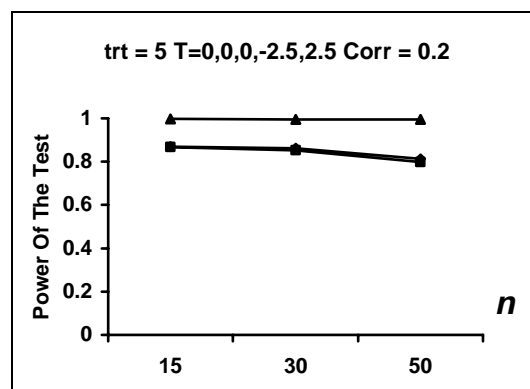
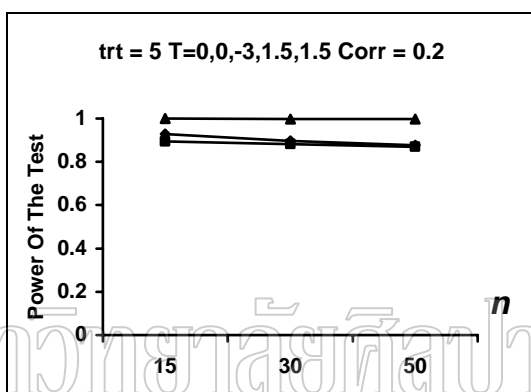
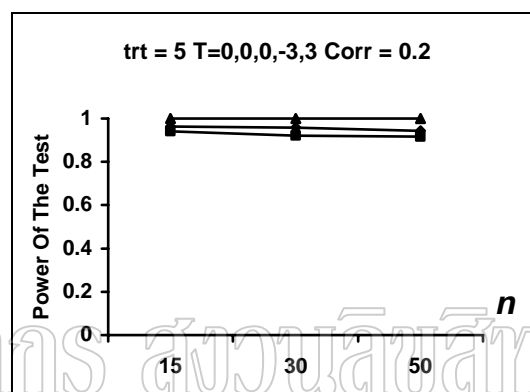
**ตารางที่ 16** กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, 0, -1, 0.5, 0.5	ฟรีดแมน	0.281	0.280	0.257
	เควด	0.141	0.132	0.121
	การแปลง	0.151	0.149	0.136
0, 0, 0, -1, 1	ฟรีดแมน	0.309	0.294	0.283
	เควด	0.185	0.172	0.164
	การแปลง	0.278	0.252	0.218
0, 0, 0, -1.5, 1.5	ฟรีดแมน	0.439	0.378	0.343
	เควด	0.390	0.369	0.316
	การแปลง	0.495	0.483	0.417
0, 0, -2, 1, 1	ฟรีดแมน	0.535	0.514	0.464
	เควด	0.515	0.502	0.443
	การแปลง	0.662	0.559	0.494
0, 0, 0, -2, 2	ฟรีดแมน	0.720	0.664	0.626
	เควด	0.662	0.637	0.591
	การแปลง	0.798	0.768	0.737
0, 0, 0, -2.5, 2.5	ฟรีดแมน	0.870	0.861	0.814
	เควด	0.866	0.853	0.797
	การแปลง	0.998	0.996	0.995

ตารางที่ 16(ต่อ)

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, 0, -3, 1.5, 1.5	ฟรีดแมน	0.928	0.897	0.878
	เควด	0.894	0.883	0.870
	การแปลง	1.000	0.998	0.997
0, 0, 0, -3, 3	ฟรีดแมน	0.963	0.957	0.943
	เควด	0.941	0.920	0.917
	การแปลง	1.000	1.000	1.000

15.1)  $\tau=0, 0, -1, 0.5, 0.5$ 15.2)  $\tau=0, 0, 0, -1, 1$ 15.3)  $\tau=0, 0, 0, -1.5, 1.5$ 15.4)  $\tau=0, 0, -2, 1, 1$ 

15.5)  $\tau=0, 0, 0, -2, 2$ 15.6)  $\tau=0, 0, 0, -2.5, 2.5$ 15.7)  $\tau=0, 0, -3, 1.5, 1.5$ 15.8)  $\tau=0, 0, 0, -3, 3$ 

◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

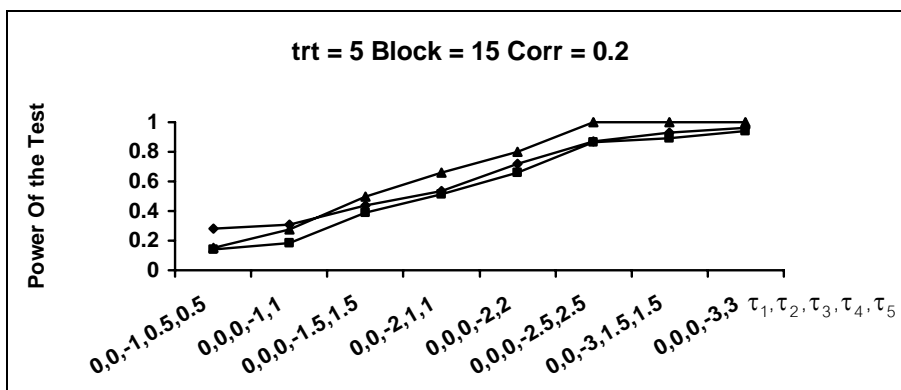
ภาพที่ 15 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน

จากตารางที่ 16 และภาพที่ 15.1 และ 15.2 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 ที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กันคือ 1) 0, 0, -1, 0.5, 0.5 และ 2) 0, 0, 0, -1, 1 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2 จะเห็นได้ว่า เมื่อ n เพิ่มขึ้นทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบลดลง โดยสถิติทดสอบฟรีดแมนมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบเควด

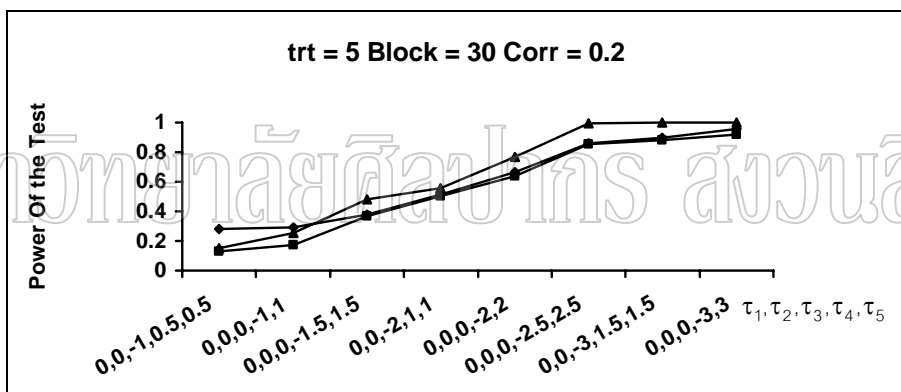
จากตารางที่ 16 และภาพที่ 15.3-15.8 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5, ที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กันคือ 1) 0, 0, 0, -1.5, 1.5 2) 0, 0, -2, 1, 1 3) 0, 0, 0, -2, 2 4) 0, 0, 0, -2.5, 2.5 5) 0, 0, -3, 1.5, 1.5 และ 6) 0, 0, 0, -3, 3 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.2 จะเห็นได้ว่า สถิติ

ทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือสถิติทดสอบพรีดแมนและสถิติทดสอบเควด

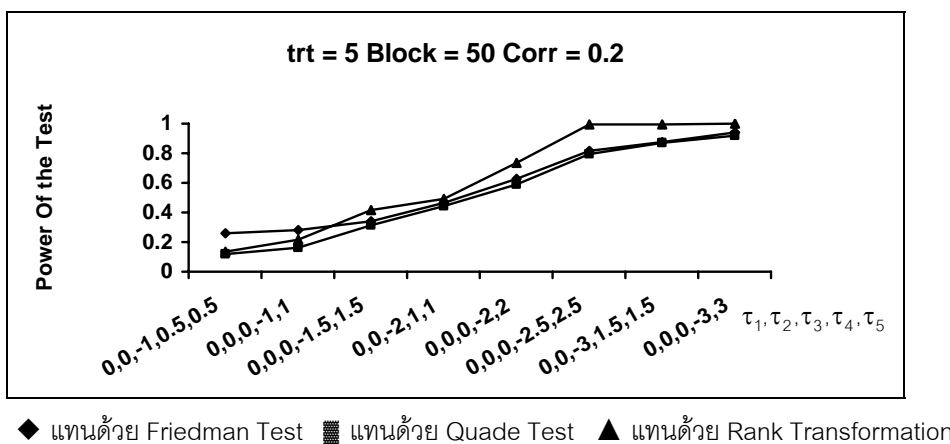
16.1) จำนวนบล็อกเท่ากับ 15



16.2) จำนวนบล็อกเท่ากับ 30



## 16.3) จำนวนบล็อกเท่ากับ 50



**ภาพที่ 16** กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

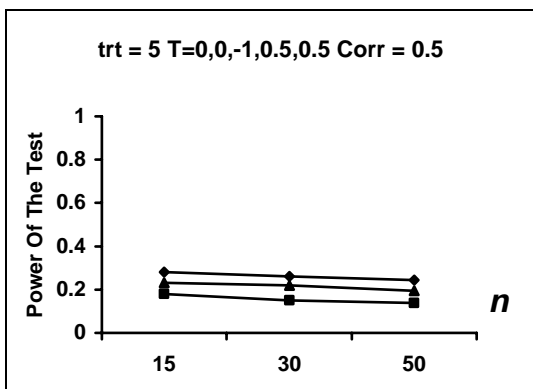
จากตารางที่ 16 และภาพที่ 16 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5, จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้นทำให้สถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อ  $\tau = 0, 0, -3, 1.5, 1.5$  สถิติทดสอบทั้ง 3 มีแนวโน้มเข้าสู่ 1 โดยที่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุดเท่ากับ 1 รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรیدแมนและสถิติทดสอบเควด

#### 4.2.2.3 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5

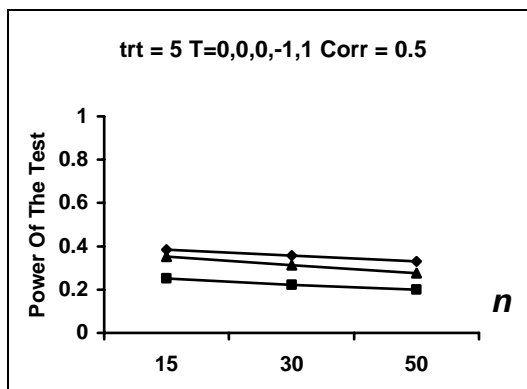
ตารางที่ 17 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, 0, -1, 0.5, 0.5	ฟรีดแมน	0.280	0.260	0.244
	เควด	0.179	0.150	0.138
	การแปลง	0.232	0.219	0.194
0, 0, 0, -1, 1	ฟรีดแมน	0.384	0.357	0.331
	เควด	0.251	0.221	0.199
	การแปลง	0.351	0.312	0.277
0, 0, 0, -1.5, 1.5	ฟรีดแมน	0.617	0.591	0.558
	เควด	0.489	0.458	0.389
	การแปลง	0.779	0.736	0.712
0, 0, -2, 1, 1	ฟรีดแมน	0.746	0.739	0.711
	เควด	0.696	0.629	0.541
	การแปลง	0.989	0.989	0.987
0, 0, 0, -2, 2	ฟรีดแมน	0.875	0.850	0.839
	เควด	0.871	0.846	0.821
	การแปลง	1.000	0.998	0.998
0, 0, 0, -2.5, 2.5	ฟรีดแมน	0.986	0.970	0.956
	เควด	0.975	0.965	0.961
	การแปลง	1.000	1.000	0.999
0, 0, -3, 1.5, 1.5	ฟรีดแมน	0.995	0.978	0.975
	เควด	0.984	0.975	0.971
	การแปลง	1.000	1.000	1.000
0, 0, 0, -3, 3	ฟรีดแมน	0.999	0.998	0.997
	เควด	0.998	0.998	0.996
	การแปลง	1.000	1.000	1.000

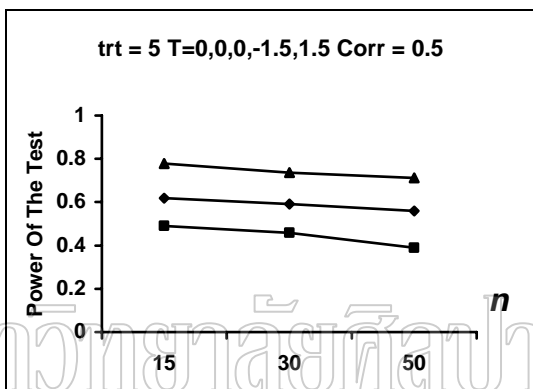
17.1)  $\tau=0, 0, -1, 0.5, 0.5$



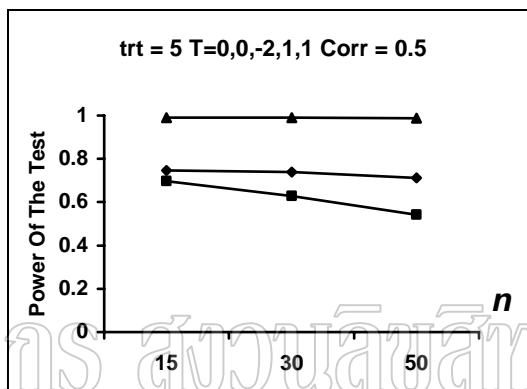
17.2)  $\tau=0, 0, 0, -1, 1$



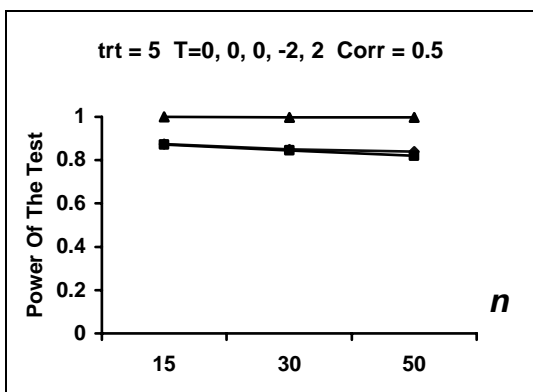
17.3)  $\tau=0, 0, 0, -1.5, 1.5$



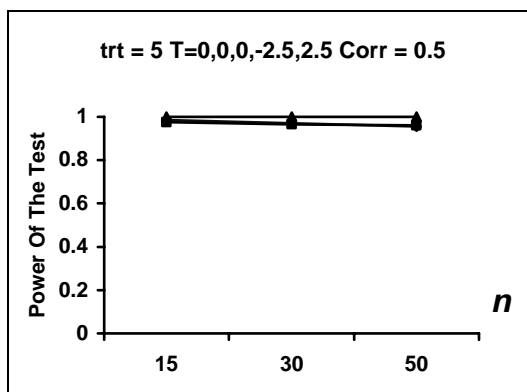
17.4)  $\tau=0, 0, -2, 1, 1$

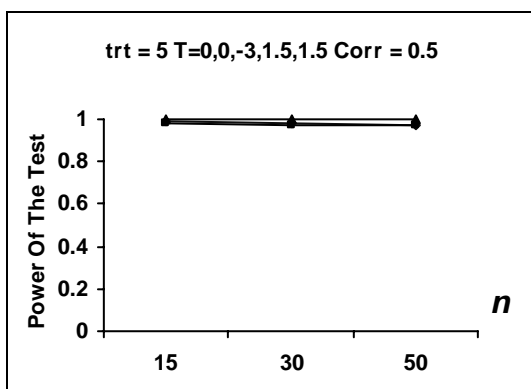
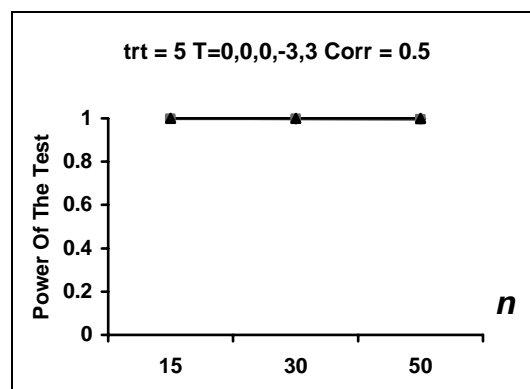


17.5)  $\tau=0, 0, 0, -2, 2$



17.6)  $\tau=0, 0, 0, -2.5, 2.5$



17.7)  $\tau=0, 0, -3, 1.5, 1.5$ 17.8)  $\tau=0, 0, 0, -3, 3$ 

◆ แทนด้วย Friedman Test ■ แทนด้วย Quade Test ▲ แทนด้วย Rank Transformation

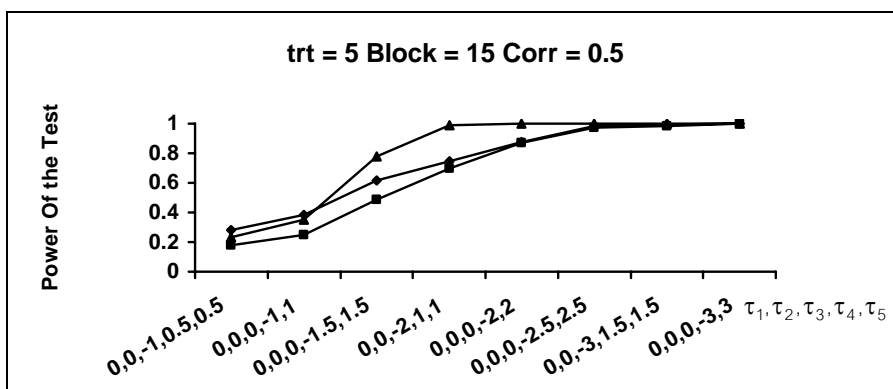
ภาพที่ 17 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรี้ดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน

จากตารางที่ 17 และภาพที่ 17.1 และ 17.2 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 ที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน คือ 1) 0, 0, -1, 0.5, 0.5 2) 0, 0, 0, -1, 1 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $n$  เพิ่มขึ้นทำให้สถิติทดสอบฟรี้ดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบลดลง โดยที่สถิติทดสอบฟรี้ดแมนมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบควอด

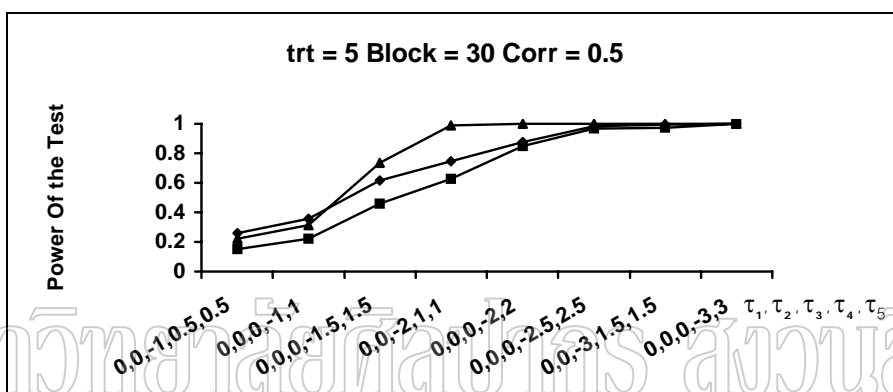
จากตารางที่ 17 และภาพที่ 17.3 -17.8 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 ที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กันคือ 1) 0, 0, 0, -1.5, 1.5 2) 0, 0, -2, 1, 1 3) 0, 0, 0, -2, 2 4) 0, 0, 0, -2.5, 2.5 5) 0, 0, -3, 1.5, 1.5 และ 6) 0, 0, 0, -3, 3 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5 จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อขนาดของ  $\tau$  เพิ่มขึ้นกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 มีแนวโน้มลู่เข้าสู่ 1 รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรี้ดแมนและสถิติทดสอบควอด



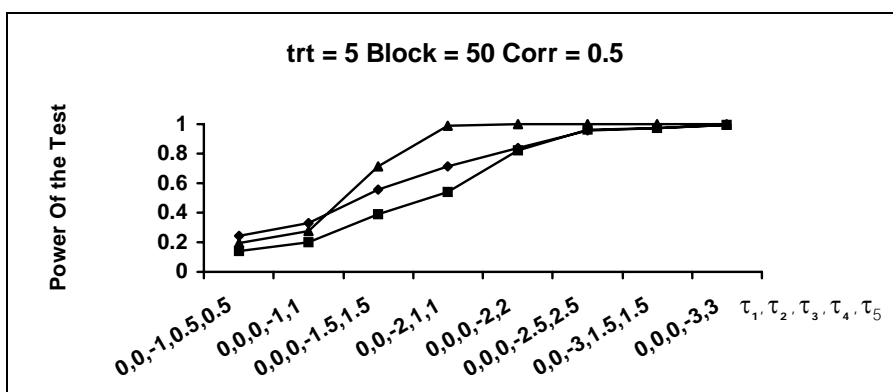
## 18.1) จำนวนบล็อกเท่ากับ 15



## 18.2) จำนวนบล็อกเท่ากับ 30



## 18.3) จำนวนบล็อกเท่ากับ 50



◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

ภาพที่ 18 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบควอดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ

จากตารางที่ 17 และภาพที่ 18 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5, จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้น โดยที่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเควด

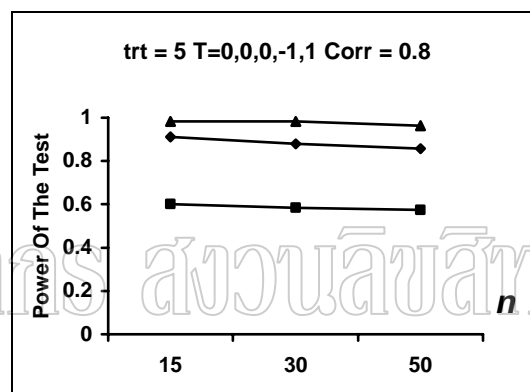
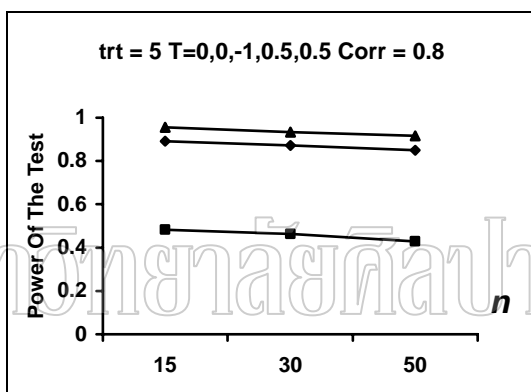
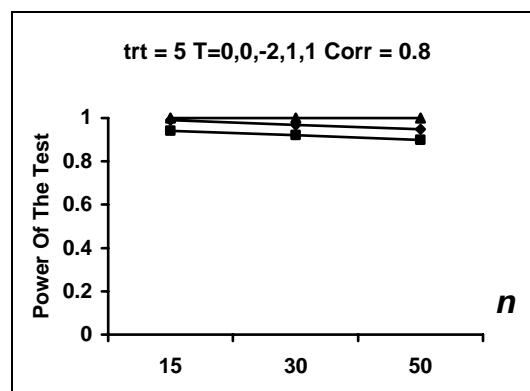
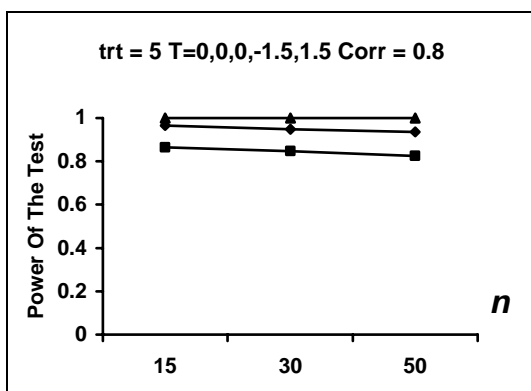
#### 4.2.2.4 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

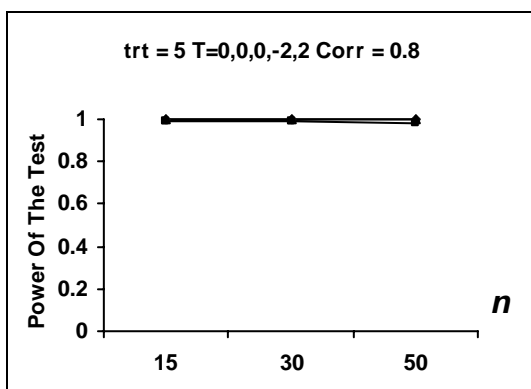
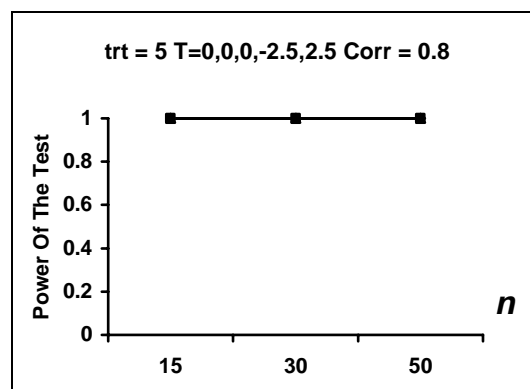
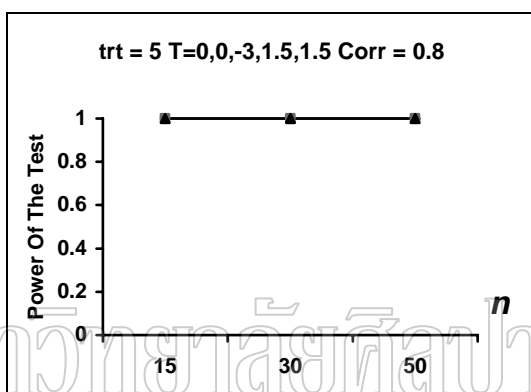
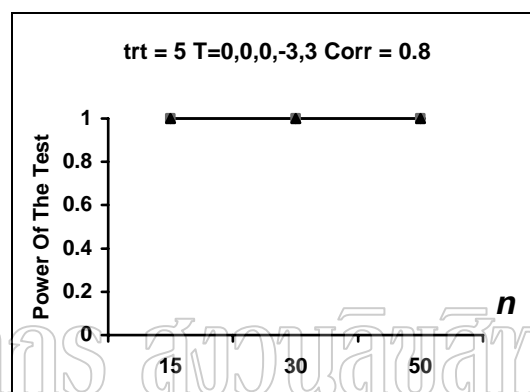
**ตารางที่ 18** กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, 0, -1, 0.5, 0.5	ฟรีดแมน	0.891	0.872	0.850
	เควด	0.483	0.464	0.429
	การแปลง	0.955	0.934	0.917
0, 0, 0, -1, 1	ฟรีดแมน	0.912	0.879	0.858
	เควด	0.601	0.583	0.574
	การแปลง	0.983	0.983	0.963
0, 0, 0, -1.5, 1.5	ฟรีดแมน	0.966	0.949	0.936
	เควด	0.864	0.847	0.825
	การแปลง	1.000	1.000	0.999
0, 0, -2, 1, 1	ฟรีดแมน	0.990	0.967	0.949
	เควด	0.942	0.921	0.899
	การแปลง	1.000	1.000	0.999
0, 0, 0, -2, 2	ฟรีดแมน	0.999	0.998	0.997
	เควด	0.991	0.989	0.984
	การแปลง	1.000	1.000	1.000
0, 0, 0, -2.5, 2.5	ฟรีดแมน	1.000	1.000	1.000
	เควด	1.000	1.000	1.000
	การแปลง	1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 18(ต่อ)

อิทธิพลสิ่งทดลอง	สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก		
		15	30	50
0, 0, -3, 1.5, 1.5	ฟรีดแมน	1.000	1.000	1.000
	เควด	1.000	1.000	1.000
	การแปลง	1.000	1.000	1.000
0, 0, 0, -3, 3	ฟรีดแมน	1.000	1.000	1.000
	เควด	1.000	1.000	1.000
	การแปลง	1.000	1.000	1.000

19.1)  $\tau=0, 0, -1, 0.5, 0.5$ 19.2)  $\tau=0, 0, 0, -1, 1$ 19.3)  $\tau=0, 0, 0, -1.5, 1.5$ 19.4)  $\tau=0, 0, -2, 1, 1$ 

19.5)  $\tau = 0, 0, 0, -2, 2$ 19.6)  $\tau = 0, 0, 0, -2.5, 2.5$ 19.7)  $\tau = 0, 0, -3, 1.5, 1.5$ 19.8)  $\tau = 0, 0, 0, -3, 3$ 

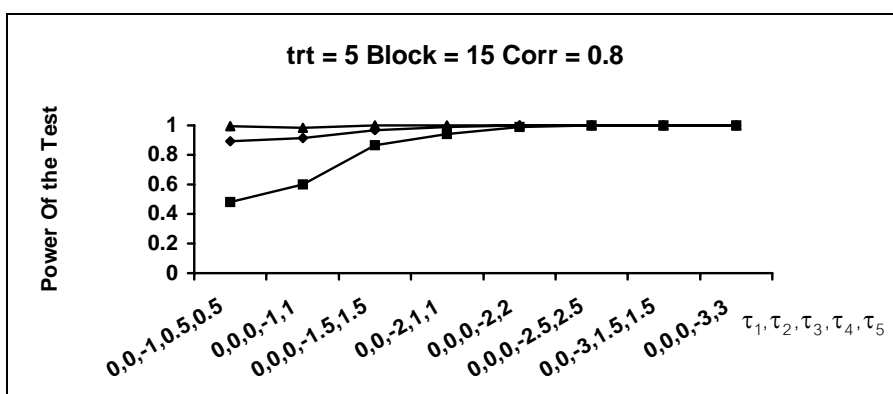
◆ แทนด้วย Friedman Test   ■ แทนด้วย Quade Test   ▲ แทนด้วย Rank Transformation

ภาพที่ 19 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามจำนวนบล็อกกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 และที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน

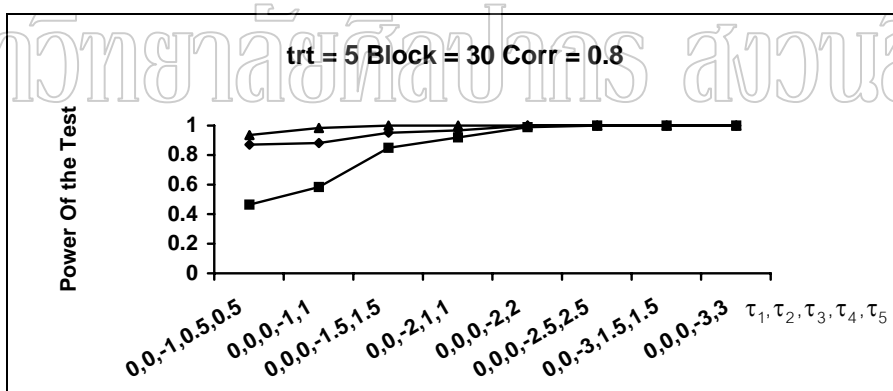
จากตารางที่ 18 และภาพที่ 19.1-19.5 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 ที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กันคือ 1) 0, 0, -1, 0.5, 0.5 2) 0, 0, 0, -1, 1 3) 0, 0, 0, -1.5, 1.5 4) 0, 0, -2, 1, 1 และ 5) 0, 0, 0, -2, 2 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $n$  เพิ่มขึ้นทำให้สถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบลดลง โดยที่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับจะมีกำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อขนาดของ  $\tau$  เพิ่มขึ้น กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 มีแนวโน้มลู่เข้าสู่ 1 รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรیدแมน และสถิติทดสอบเควด

จากตารางที่ 18 และภาพที่ 19.6 -19.8 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5, ที่  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กันคือ 1) 0, 0, 0, -2.5, 2.5 2) 0, 0, -3, 1.5, 1.5 และ 3) 0, 0, 0, -3, 3 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8 สถิติทดสอบทั้ง 3 คือ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีอำนาจทดสอบสูงสุดเท่ากับ 1 ทุกจำนวนบล็อก

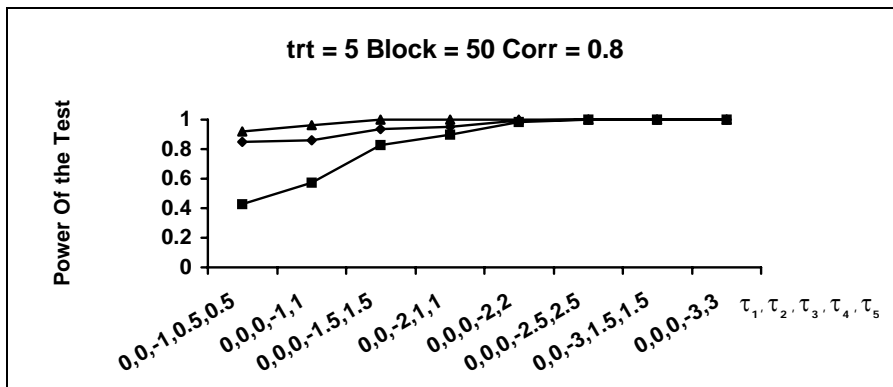
20.1) จำนวนบล็อกเท่ากับ 15



20.2) จำนวนบล็อกเท่ากับ 30



## 20.3) จำนวนบล็อกเท่ากับ 50



◆ แทนด้วย Friedman Test    ■ แทนด้วย Quade Test    ▲ แทนด้วย Rank Transformation

ภาพที่ 20 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามขนาดของ  $\tau$  กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50

มหาวิทยาลัยศิลปากร สาขาวิชานิติศาสตร์

จากตารางที่ 18 และภาพที่ 20 เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5, จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 จะเห็นได้ว่า เมื่อ  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้นโดยมีแนวโน้มเข้าสู่ 1 เมื่อ  $\tau=0, 0, 0, -2.5, 2.5$  สถิติทดสอบทั้ง 3 มีกำลังการทดสอบสูงสุดเท่ากับ 1 ทุกจำนวนบล็อก

จากผลสรุปที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

### 1. ผลการวิจัยกรณีการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1

การวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 3 คือ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ กำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8 โดยแยกเป็นกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 และ 5 สิ่งทดลอง จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 ซึ่งจะทำการสุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงปกติโดยมีการทำซ้ำ 1,000 ครั้ง และกำหนดให้มีระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เมื่อ  $\forall_j \tau_j=0 \quad j=1,2,3,\dots,k$  และความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานหลักที่มีค่าน้อย

นั่นหมายความว่า สถิติดังกล่าวสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

**ตารางที่ 19** ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบฟรีดแมน  
สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับโดยจำแนกตามสัมประสิทธิ์  
สหสัมพันธ์ จำนวนสิ่งทดลองและจำนวนบล็อก

สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	สิ่งทดลอง	บล็อก	สถิติทดสอบ ฟรีดแมน	สถิติทดสอบ เควด	สถิติทดสอบการ แปลงให้เป็นอันดับ
0.0	3	15	0.044	0.045	0.059
		30	0.055	0.052	0.043
		50	0.047	0.049	0.053
	5	15	0.058	0.056	0.041
		30	0.045	0.048	0.054
		50	0.055	0.051	0.046
0.2	3	15	0.041	0.038	0.057
		30	0.057	0.042	0.044
		50	0.048	0.044	0.051
	5	15	0.045	0.063	0.046
		30	0.056	0.039	0.052
		50	0.052	0.057	0.050
0.5	3	15	0.045	0.061	0.054
		30	0.056	0.059	0.047
		50	0.053	0.045	0.049
	5	15	0.035	0.064	0.044
		30	0.041	0.067	0.046
		50	0.049	0.046	0.052
0.8	3	15	0.057	0.061	0.052
		30	0.044	0.058	0.049
		50	0.050	0.054	0.050
	5	15	0.056	0.058	0.045
		30	0.047	0.043	0.055
		50	0.050	0.053	0.049

สรุปผลจากการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 สรุปได้ว่า เมื่อกำหนดให้จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ  $\tau = 0, 0, 0$

เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

สำหรับสิ่งทดลองเท่ากับ 3 เมื่อ  $n=15, 50$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบพรีดแมนและสถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=30$  มีเพียงสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

สำหรับสิ่งทดลองเท่ากับ 5 เมื่อ  $n=15, 50$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=30$  สถิติทดสอบพรีดแมนและสถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2

สำหรับสิ่งทดลองเท่ากับ 3 จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีในทุกจำนวนบล็อก แต่เมื่อ  $n=15, 50$  จะเห็นได้ว่าสถิติทดสอบพรีดแมนสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี และเมื่อ  $n=30$  สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

สำหรับสิ่งทดลองเท่ากับ 5 เมื่อ  $n=15$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบพรีดแมนและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=30$  มีเพียงสถิติทดสอบเควดที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี และเมื่อ  $n=50$  สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5

สำหรับจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 เมื่อ  $n=15$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบพรีดแมนสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี และเมื่อ  $n=30, 50$  จะเห็นได้ว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=50$  สถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

สำหรับจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบพรีดแมนสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีในทุกจำนวนบล็อกและเมื่อ  $n=15, 30$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี แต่เมื่อ  $n=50$  สถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี



### เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

สำหรับจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 เมื่อ  $n=15$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 ไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ แต่เมื่อ  $n=30, 50$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

สำหรับจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 เมื่อ  $n=15, 50$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีและเมื่อ  $n=30$  จะเห็นได้ว่า สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี

## 2. ผลการวิจัยกรณีเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากกำลังการทดสอบ

โดยพิจารณาถึงกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 คือ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ กำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8 โดยแยกเป็นกรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 และ 5 สิ่งทดลอง จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 ซึ่งจะทำการสุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงปกติโดยมีการทำซ้ำ 1,000 ครั้ง และกำหนดให้มีระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ในกรณีที่  $\exists_j \tau_j \neq 0 \quad j=1,2,3,\dots,k$  และความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานหลักมีค่ามาก นั้นหมายความว่า สถิติทดสอบดังกล่าวมีประสิทธิวิภาพมาก

**ตารางที่ 20** กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จำนวนบล็อกและอิทธิพลสิ่งทดลอง กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 3 สิ่งทดลอง

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	บล็อก	สถิติทดสอบ	อิทธิพลสิ่งทดลอง				
			0, -1, 1	0, -1.5, 1.5	0, -2, 2	0, -2.5, 2.5	0, -3, 3
0.0	15	ฟรีดแมน	0.228	0.422	0.656	0.832	0.935
		เควด	0.482	0.718	0.872	0.959	0.995
		การแปลง	0.255	0.454	0.683	0.867	0.967
	30	ฟรีดแมน	0.187	0.404	0.649	0.801	0.914
		เควด	0.464	0.697	0.853	0.953	0.991
		การแปลง	0.237	0.433	0.675	0.835	0.956
	50	ฟรีดแมน	0.183	0.370	0.631	0.763	0.863
		เควด	0.432	0.641	0.850	0.941	0.988
		การแปลง	0.198	0.397	0.659	0.808	0.940

## ตารางที่ 20(ต่อ)

สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	บล็อก	สถิติ ทดสอบ	อิทธิพลสิ่งทดลอง				
			0, -1, 1	0, -1.5, 1.5	0, -2, 2	0, -2.5, 2.5	0, -3, 3
0.2	15	ฟรีดแมน	0.443	0.526	0.775	0.963	0.979
		เควด	0.284	0.500	0.748	0.932	0.958
		การแปลง	0.384	0.765	0.922	0.980	0.996
	30	ฟรีดแมน	0.412	0.475	0.753	0.941	0.958
		เควด	0.246	0.460	0.729	0.913	0.939
		การแปลง	0.350	0.736	0.896	0.969	0.995
	50	ฟรีดแมน	0.397	0.453	0.738	0.901	0.924
		เควด	0.212	0.429	0.712	0.882	0.906
		การแปลง	0.331	0.718	0.854	0.948	0.995
0.5	15	ฟรีดแมน	0.419	0.728	0.925	0.991	1.000
		เควด	0.393	0.722	0.922	0.990	1.000
		การแปลง	0.666	0.909	0.989	1.000	1.000
	30	ฟรีดแมน	0.381	0.692	0.909	0.989	1.000
		เควด	0.365	0.683	0.906	0.985	1.000
		การแปลง	0.658	0.896	0.984	1.000	1.000
	50	ฟรีดแมน	0.335	0.645	0.891	0.984	1.000
		เควด	0.306	0.618	0.875	0.952	1.000
		การแปลง	0.601	0.872	0.981	0.998	1.000
0.8	15	ฟรีดแมน	0.814	0.989	1.000	1.000	1.000
		เควด	0.731	0.978	1.000	1.000	1.000
		การแปลง	0.922	0.995	1.000	1.000	1.000
	30	ฟรีดแมน	0.782	0.981	1.000	1.000	1.000
		เควด	0.703	0.976	0.999	1.000	1.000
		การแปลง	0.909	0.994	1.000	1.000	1.000
	50	ฟรีดแมน	0.695	0.964	1.000	1.000	1.000
		เควด	0.676	0.959	0.999	1.000	1.000
		การแปลง	0.895	0.993	1.000	1.000	1.000

## 2.1 กรณีจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3

2.1.1 เมื่อกำหนด  $n$  มีค่าเท่ากับ 15, 30 และ 50 มีค่าคงที่และให้  $\tau$  เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดต่าง ๆ กัน 5 ขนาด คือ 1) 0, -1, 1 2) 0, -1.5, 1.5 3) 0, -2, 2 4) 0, -2.5, 2.5 และ 5) 0, -3, 3 จะเห็นได้ว่า ถ้าค่า  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้น จะทำให้สถิติทดสอบทั้ง 3 คือ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้นในทุกจำนวนบล็อกที่ศึกษา ( $n=15, 30$  และ 50) และในทุกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $\rho=0.0, 0.2, 0.5$  และ 0.8)

2.1.2 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $\rho=0.0, 0.2, 0.5$  และ 0.8) ค่า  $\tau$  (กำหนดให้ค่า  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน คือ 1) 0, -1, 1 2) 0, -1.5, 1.5 3) 0, -2, 2 4) 0, -2.5, 2.5 และ 5) 0, -3, 3) มีค่าคงที่แล้ว หากเพิ่มจำนวนบล็อกทำให้มีกำลังการทดสอบลดลง

2.1.3 ผลการทดสอบในแต่ละสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ปรากฏว่า

### สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

สถิติทดสอบเควดมีกำลังการทดสอบสูงสุดทุกจำนวนบล็อก ( $n=15, 30$  และ 50) รองลงมาคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบฟรีดแมน

### สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และ 0.5

โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเควด

### สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเควด และเมื่อ  $\tau$  มีขนาดใหญ่ ( $\tau$  เท่ากับ 1) 0, -2, 2) 0, -2.5, 2.5 และ 3) 0, -3, 3) กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 มีแนวโน้มลู่เข้าสู่ 1

## 2.2 กรณีจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5

ตารางที่ 21 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบพรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลง  
ให้เป็นอันดับ โดยจำแนกตามสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จำนวนบล็อกและอิทธิพล  
สิ่งทดลอง กรณีเปรียบเทียบอิทธิพลของ 5 สิ่งทดลอง

สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	บล็อก	สถิติ ทดสอบ	อิทธิพลสิ่งทดลอง							
			0, 0, -1, 0.5, 0.5	0, 0, 0 -1, 1	0, 0, 0, -1.5, 1.5	0, 0, -2, 1, 1	0, 0, 0, -2, 2	0, 0, 0, -2.5, 2.5	0, 0, -3, 1.5, 1.5	0, 0, 0, -3, 3
0.0	15	พรีดแมน	0.149	0.155	0.313	0.432	0.560	0.775	0.803	0.910
		เควด	0.778	0.819	0.912	0.941	0.982	0.993	0.993	0.999
		การแปลง	0.193	0.182	0.341	0.469	0.586	0.791	0.827	0.912
	30	พรีดแมน	0.144	0.149	0.312	0.409	0.524	0.759	0.798	0.909
		เควด	0.774	0.808	0.906	0.940	0.966	0.989	0.993	0.998
		การแปลง	0.177	0.165	0.321	0.445	0.552	0.775	0.812	0.911
	50	พรีดแมน	0.110	0.123	0.289	0.377	0.518	0.726	0.781	0.871
		เควด	0.771	0.802	0.897	0.937	0.961	0.985	0.990	0.996
		การแปลง	0.143	0.140	0.310	0.398	0.529	0.741	0.794	0.885
0.2	15	พรีดแมน	0.281	0.309	0.439	0.535	0.720	0.870	0.928	0.963
		เควด	0.141	0.185	0.390	0.515	0.662	0.866	0.894	0.941
		การแปลง	0.151	0.278	0.495	0.662	0.798	0.998	1.000	1.000
	30	พรีดแมน	0.280	0.294	0.378	0.514	0.664	0.861	0.897	0.957
		เควด	0.132	0.172	0.369	0.502	0.637	0.853	0.883	0.920
		การแปลง	0.149	0.252	0.483	0.559	0.768	0.996	0.998	1.000
	50	พรีดแมน	0.257	0.283	0.343	0.464	0.626	0.814	0.878	0.943
		เควด	0.121	0.164	0.316	0.443	0.591	0.797	0.870	0.917
		การแปลง	0.136	0.218	0.417	0.494	0.737	0.995	0.997	1.000

ตารางที่ 21(ต่อ)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	บล็อก	สถิติทดสอบ	อิทธิพลสิ่งทดลอง							
			0, 0, -1, 0.5, 0.5	0, 0, 0, -1, 1	0, 0, 0, -1.5, 1.5	0, 0, -2, 1, 1	0, 0, 0, -2, 2	0, 0, 0, -2.5, 2.5	0, 0, -3, 1.5, 1.5	0, 0, 0, -3, 3
0.5	15	ฟรีดแมน	0.280	0.384	0.617	0.746	0.875	0.986	0.995	0.999
		เควค	0.179	0.251	0.489	0.696	0.871	0.975	0.984	0.998
		การแปลง	0.232	0.351	0.799	0.989	1.000	1.000	1.000	1.000
	30	ฟรีดแมน	0.260	0.357	0.591	0.739	0.850	0.970	0.978	0.998
		เควค	0.150	0.221	0.458	0.629	0.846	0.965	0.975	0.998
		การแปลง	0.219	0.312	0.736	0.989	0.998	1.000	1.000	1.000
	50	ฟรีดแมน	0.244	0.331	0.558	0.711	0.839	0.956	0.975	0.997
		เควค	0.138	0.199	0.389	0.541	0.821	0.961	0.971	0.996
		การแปลง	0.194	0.277	0.712	0.987	0.998	0.999	1.000	1.000
0.8	15	ฟรีดแมน	0.891	0.912	0.966	0.990	0.999	1.000	1.000	1.000
		เควค	0.483	0.601	0.864	0.942	0.991	1.000	1.000	1.000
		การแปลง	0.955	0.983	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	30	ฟรีดแมน	0.872	0.879	0.949	0.967	0.998	1.000	1.000	1.000
		เควค	0.464	0.583	0.847	0.921	0.989	1.000	1.000	1.000
		การแปลง	0.934	0.983	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	50	ฟรีดแมน	0.850	0.858	0.936	0.949	0.997	1.000	1.000	1.000
		เควค	0.429	0.574	0.825	0.899	0.984	1.000	1.000	1.000
		การแปลง	0.917	0.963	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000

2.2.1 เมื่อกำหนด  $n$  มีค่าเท่ากับ 15, 30 และ 50 มีค่าคงที่และให้  $\tau$  เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดต่าง ๆ กัน 8 ขนาด คือ 1) 0, 0, -1, 0.5, 0.5 2) 0, 0, 0, -1, 1 3) 0, 0, 0, -1.5, 1.5 4) 0, 0, -2, 1, 1 5) 0, 0, 0, -2, 2 6) 0, 0, 0, -2.5, 2.5 7) 0, 0, -3, 1.5, 1.5 และ 8) 0, 0, 0, -3, 3 จะเห็นได้ว่า ถ้าค่า  $\tau$  มีขนาดเพิ่มขึ้น จะทำให้สถิติทดสอบทั้ง 3 คือ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควคและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้นในทุกจำนวนบล็อกที่ศึกษา ( $n=15, 30$  และ  $50$ ) และในทุกสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $\rho=0.0, 0.2, 0.5$  และ  $0.8$ )

2.2.2 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $\rho=0.0, 0.2, 0.5$  และ  $0.8$ ) ค่า  $\tau$  (กำหนดให้ค่า  $\tau$  มีขนาดต่าง ๆ กัน คือ 1) 0, 0, -1, 0.5, 0.5 2) 0, 0, 0, -1, 1 3) 0, 0, 0, -1.5, 1.5

4) 0, 0, -2, 1, 1 5) 0, 0, 0, -2, 2 6) 0, 0, 0, -2.5, 2.5 7) 0, 0, -3, 1.5, 1.5 และ 8) 0, 0, 0, -3, 3) มีค่าคงที่แล้ว หากเพิ่มจำนวนบล็อกทำให้มีกำลังการทดสอบลดลง

2.2.3 ผลการทดสอบในแต่ละสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ปรากฏว่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0

สถิติทดสอบเคอมีกำลังการทดสอบสูงสุด ทุกจำนวนบล็อก( $n=15, 30$  และ 50) รองลงมาคือ สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับและสถิติทดสอบฟรีดแมน

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2 และ 0.5

โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุด และเมื่อ  $\tau$  มีขนาดใหญ่( $\tau$  เท่ากับ 0, 0, -3, 1.5, 1.5 และ 0, 0, 0, -3, 3) สถิติทดสอบทั้ง 3 มีกำลังการทดสอบแนวโน้มเข้าสู่ 1 รองลงมาคือ สถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบเคอ

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

สถิติทดสอบทั้ง 3 มีกำลังการทดสอบเท่ากับ 1 เมื่อ  $\tau$  มีขนาดใหญ่( $\tau$  เท่ากับ 1) 0, 0, 0, -2.5, 2.5 2) 0, 0, -3, 1.5, 1.5 และ 3) 0, 0, 0, -3, 3)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยในเรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์สำหรับการตรวจสอบอิทธิพลสิ่งทดลองในแผนแบบการวัดซ้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ซึ่งได้แก่ สถิติทดสอบฟรیدแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ โดยที่ความคลาดเคลื่อนและอิทธิพลของบล็อกมีการแจกแจงเหมือนกัน คือ การแจกแจงปกติ เมื่อค่าสังเกตภายในบล็อกมีความสัมพันธ์กันเท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8 จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5 จำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 โดยมีการทำซ้ำ 1,000 ครั้งและกำหนดให้มีระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยต้องการหาผลสรุปว่าสถิติทดสอบใดเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้ ซึ่งพิจารณาจากการศึกษาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

## มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

### 5.1 ผลสรุปการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1

การวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 เมื่อ  $\forall_j \tau_j = 0 \quad j=1, 2, 3, \dots, k$  และความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐานหลักที่มีค่าน้อยกว่า  $\alpha = 0.05$  นั้นหมายความว่า สถิติทดสอบดังกล่าวสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี สรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบฟรیدแมนสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และจำนวนบล็อกมีขนาดเล็กและค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกมีความสัมพันธ์กันไม่มากนัก

5.1.2 โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบเควดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกมีความสัมพันธ์กันน้อย

5.1.3 โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดี เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 และค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกมีความสัมพันธ์กันมาก

## 5.2 ผลสรุปการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากกำลังการทดสอบ

การวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจากกำลังการทดสอบ เมื่อ  $\exists_j \tau_j \neq 0 \quad j=1, 2, 3, \dots, k$  และความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐานหลักมีค่ามาก นั้นหมายความว่า สถิติทดสอบดังกล่าว มีประสิทธิภาพมาก สรุปผลได้ดังนี้

5.2.1 เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0 จากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า สถิติทดสอบเคอเดมีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกจำนวนบล็อกที่ศึกษา ( $n=15, 30, 50$ ) และทุกจำนวนสิ่งทดลอง ( $k=3$  และ 5) เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ทดสอบเป็นอิสระกัน

5.2.2 เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.8 จากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า โดยส่วนใหญ่พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับมีกำลังการทดสอบสูงสุดในทุกจำนวนสิ่งทดลอง ( $k=3$  และ 5)

5.2.3 ถ้า  $\sum_{j=1}^k \tau_j^2$  มีขนาดเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่ากำลังการทดสอบเพิ่มขึ้นทุกกรณีศึกษา

5.2.4 เมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จำนวนสิ่งทดลองและ  $\tau$  มีค่าคงที่แล้ว การเพิ่มจำนวนบล็อกจาก 15 เป็น 30 หรือ 50 กำลังการทดสอบจะลดลง เนื่องจากสมมติฐานของตัวแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ  $X_{ij} = \mu + \beta_i + \theta_n \tau_j + \varepsilon_{ij}$  ซึ่ง  $\theta_n = n^{-1/2}$  โดยที่ค่า  $\tau$  จะหารด้วยจำนวนบล็อก ดังนั้น เมื่อจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นจะทำให้มีกำลังการทดสอบลดลง

### อภิปรายผลการวิจัย

เมื่อข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กันที่ได้จากแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ เมื่อพิจารณาจากกำลังการทดสอบ พบว่ากรณีที่จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5 โดยมีจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 นั้น การทดสอบเกี่ยวกับอิทธิพลสิ่งทดลอง สถิติทดสอบเคอเดเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Iman Hora and Conover(1984) เนื่องจากตัวแบบที่ใช้ในการศึกษากรณีที่ค่าสังเกตไม่มีสหสัมพันธ์กันภายในบล็อก ส่วนสถิติทดสอบที่เหลือนั้น ส่วนใหญ่ในหลายกรณี พบว่าสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับนั้นจะมีผลการทดสอบดีกว่าสถิติทดสอบพรีดแมน

สำหรับข้อมูลมีความสัมพันธ์กันที่ได้จากแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำ เมื่อพิจารณาจากกำลังการทดสอบ พบว่ากรณีที่จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 และ 5 โดยมีจำนวนบล็อกเท่ากับ 15, 30 และ 50 นั้น พบว่าโดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับเป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kepner and Robinson(1988) ที่ได้



ปรับปรุงสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับให้ใช้ได้กับข้อมูลที่มีการวัดซ้ำโดยข้อมูลที่ใช้ทดสอบ ต้องมีความสัมพันธ์กัน รองลงมาคือ สถิติทดสอบพรีดแมน และสถิติทดสอบเควด

### ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่กว้างขึ้น ผู้สนใจศึกษาอาจใช้การแจกแจงแบบอื่น เช่น การแจกแจงยูนิฟอร์ม การแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล การแจกแจงดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล ทำการศึกษาในแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีการวัดซ้ำและเปรียบเทียบกับกรแจกแจงปกติว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

2. ผู้สนใจศึกษาอาจกำหนดสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในบล็อก  $\text{Corr}(X_{ij}, X_{ij'}) \neq 1$  มีค่าไม่คงที่

3. ผู้สนใจศึกษาอาจเปลี่ยนตัวแบบสมมติฐานในการทดสอบ

$H_1: X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$  เพื่อเปรียบเทียบงานวิจัยของผู้วิจัยว่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

เกษร วัฒนชัยวนิช. “การทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบ  
 สุ่มในบล็อกสมบูรณ์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

จรัญ จันทลักษณ์. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนา  
 พานิช จำกัด, 2533.

นิภา ศรีไพโรจน์. สถิตินอนพาราเมตริก. มหาสารคาม : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2533.

ปราณี นิลกรณ์และวีรานันท์ พงศาภักดี. สถิติสำหรับการวิจัยทางการศึกษา. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย  
 ศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม, 2544.

วิจิตรา พลเยี่ยม. การวางแผนการทดลอง เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร : พิมพ์ที่ภาควิชาสถิติประยุกต์  
 และศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.

### ภาษาอังกฤษ

Agresti, A., and J. Pendergast. “Comparing Mean Ranks for Repeated Measures Data.”  
Communications in Statistical Part A-Theory and Methods 15(1986) : 1417-1434.

Conover, W.J., and R.L. Iman. “Rank Transformation as a Bridge Between Parametric  
 and Nonparametric Statistics.” The American Statistician 35 (1981) : 124-128.

Conover, W.J. Practical Nonparametric Statistics. 2nd ed. New York : John Wiley &  
 Sons, 1980.

Iman, R.L., S.C. Hora, and W.J. Conover. “Comparison of Asymptotically Distribution-  
 Free Procedures for the Analysis of Complete Blocks.” Journal of the American  
 Statistical Association 79 (1984) : 674-685.

Kennedy, W.J., and J.E. Gentle. Statistical Computing. New York : Marcel  
 Dekker, 1980.

Kepner, J.L., and D.H. Robinson. “Nonparametric Methods for Detecting Treatment  
 Effects in Repeated-Measures Designs.” Journal of the American Statistical  
 Association 83 (1988) : 456-461.

- Koch, G.G. "Some Aspects of the Statistical Analysis of "Split Plot" Experiments in Completely Randomized Layouts." Journal of the American Statistical Association 64(1969) : 485-505.
- Quade, D. "Using Weighted Ranking in the Analysis of Complete Blocks with Additive Block Effects." Journal of the American Statistical Association 74 (1979) : 680-689.
- Singer, J.M., and D.F. Andrade. "Regression Models for the Analysis of Pretest/Posttest Data." Biometrics 53 (1997) : 729-735.
- Winer, B.J. Statistical Principles in Experimental Design. 2nd ed. New York : McGraw Hill, 1977.

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

## โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

บรรทัดที่

1 GMACRO  
 2 Thesis  
 3 NAME C1='SavePath1' C2='SavePath2' C3='SavePath3' C4='SavePath4' &  
 4 C5='SavePath5' C6='SavePath6' C7='SavePath7' C8='SavePath8' &  
 5 C9='SavePath9' C10='Error 1' C11='Error 2' C12='Error 3' C13='Error 4' &  
 6 C14='Error 5' C15='Beta 1' C16='Beta 2' C17='Beta 3' C18='Beta 4' &  
 7 C19='Beta 5' C20='Xi1' C21='Xi2' C22='Xi3' C23='Xi4' C24='Xi5' &  
 8 C25='FR 1' C26='FR 2' C27='FR 3' C28='FR 4' C29='FR 5' C30='Q 1' &  
 9 C31='Q 2' C32='Q 3' C33='Q 4' C34='Q 5' C35='Si1' C36='Si2' C37='Si3' &  
 10 C38='Si4' C39='Si5' C40='LevelRange' C41='RTreatment' C42='RBlock' &  
 11 C43='FW3' C44='FW5' C45='FWR' C46='FresF' C47='Sj' C48='AllXij' &  
 12 C49='AllXijTemp' C50='FresQ' C51='FresR' C52='Reject FriedMan' &  
 13 C53='Reject Quade' C54='Reject RankTransform' C55='Bi' C56='Eval' &  
 14 C57='SqrtEval' C58='CZ' C59='Temp 1' C60='Temp 2' C61='Temp 3' &  
 15 C62='Temp 4' C63='Temp 5' C64='SumRejectofF' C65='SumRejectofQ' &  
 16 C66='SumRejectofR' C67='cEmtry' C68='TempRi' C69='TempRj' &  
 17 C70 = 'cRbdj' C71 = 'cRbid' C72='Block' C73='Treatment' C74='Relation' &  
 18 C75='T 1' C76='T 2' C77='T 3' C78='T 4' C79='T 5' C80='DataPath' &  
 19 C81='ResultPath' M1='W' M2='Atemp' M3='A' M4='Pevec' M5='PTevec' &  
 20 M6='MEval' M7='Z' M8='U' M9='UT' K1='i' K2='j' K3='nBlock' &  
 21 K4='nTreatment' K5='nRelation' K6='ZetaN' K7='iIndex' K8='jIndex' &  
 22 K9='nIndex' K10='kIndex' K11='k' K12='nU' K13='A2' K14='B2' K15='Rj' &  
 23 K16='Frs' K17='nCounter' K18='df' K19='TempRange' K20='A1' K21='B1' &  
 24 K22='TempSj' K23='S2' K24='FTT' K25='nNumber1' K26='nNumber2' &  
 25 K27 = 'nResultPath' K28='sSavePath' K29='nT' K30 = 'nRid' K31 = 'nRbid' &  
 26 K32 = 'nRbdj' K33 = 'nValueRank' K34 = 'nDividerRank' K35 = 'sResultPath' &

```

27      K36 = 'sLoadDataPath' K37 = 'n1' K38 = 'n2'
28  Let 'cEmtry'(1) = 0
29  Let 'nU'=0
30  Read 'D:\Path\rs.txt' C81;
31  Format (A17);
32  NObs 156.
33  End
34  Read 'D:\Path\Data.txt' C80;
35  Format (A19);
36  NObs 24.
37  End
38  Do 'kIndex' = 1:4
39  Do 'jIndex' = 1:2
40  If 'jIndex' = 1
41  Read 'D:\Path\C3.txt' C72-C79.
42  Elseif 'jIndex' = 2
43  Read 'D:\Path\C5.txt' C72-C79.
44  Else
45  EndIf
46  Do 'iIndex' =1:3
47  Let 'nCounter' = ('kIndex'-1)*6 + ('jIndex'-1)*3 + 'iIndex'
48  Let 'sLoadDataPath' = 'DataPath'('nCounter')
49  Read 'sLoadDataPath' C2-C9;
50  Format (A21,A21,A21,A21,A21,A21,A21,A21);
51  NObs 1000.
52  End
53  Let 'nBlock' = 'Block'('iIndex')
54  Let 'nTreatment' = 'Treatment'('jIndex')
55  Let 'nRelation' = 'Relation'('kIndex')

```

---

---

กำหนด W กรณีสิ่งทดลองเท่ากับ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8

---

---

```
56  If 'nRelation'= 0.0 And 'nTreatment' = 3.0
57  Read 'nTreatment' 'nTreatment' 'W'
58  1 0.0 0.0
59  0.0 1 0.0
60  0.0 0.0 1
61  Elseif 'nRelation'= 0.2 And 'nTreatment' = 3.0
62  Read 'nTreatment' 'nTreatment' 'W'
63  1 0.2 0.2
64  0.2 1 0.2
65  0.2 0.2 1
66  Elseif 'nRelation'= 0.5 And 'nTreatment' = 3.0
67  Read 'nTreatment' 'nTreatment' 'W'
68  1 0.5 0.5
69  0.5 1 0.5
70  0.5 0.5 1
71  Elseif 'nRelation'= 0.8 And 'nTreatment' = 3.0
72  Read 'nTreatment' 'nTreatment' 'W'
73  1 0.8 0.8
74  0.8 1 0.8
75  0.8 0.8 1
76  Else
77  EndIf
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวนลิขสิทธิ์

---

กำหนด W กรณีที่ลดลงเท่ากับ 5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0, 0.2, 0.5 และ 0.8

---

78 If 'nRelation'= 0.0 And 'nTreatment' = 5.0

79 Read 'nTreatment' 'nTreatment' 'W'

80 1 0.0 0.0 0.0 0.0

81 0.0 1 0.0 0.0 0.0

82 0.0 0.0 1 0.0 0.0

83 0.0 0.0 0.0 1 0.0

84 0.0 0.0 0.0 0.0 1

85 Elseif 'nRelation'= 0.2 And 'nTreatment' = 5.0

86 Read 'nTreatment' 'nTreatment' 'W'

87 1 0.2 0.2 0.2 0.2

88 0.2 1 0.2 0.2 0.2

89 0.2 0.2 1 0.2 0.2

90 0.2 0.2 0.2 1 0.2

91 0.2 0.2 0.2 0.2 1

92 Elseif 'nRelation'= 0.5 And 'nTreatment' = 5.0

93 Read 'nTreatment' 'nTreatment' 'W'

94 1 0.5 0.5 0.5 0.5

95 0.5 1 0.5 0.5 0.5

96 0.5 0.5 1 0.5 0.5

97 0.5 0.5 0.5 1 0.5

98 0.5 0.5 0.5 0.5 1

99 Elseif 'nRelation'= 0.8 And 'nTreatment' = 5.0

100 Read 'nTreatment' 'nTreatment' 'W'

101 1 0.8 0.8 0.8 0.8

102 0.8 1 0.8 0.8 0.8



```

103  0.8 0.8 1 0.8 0.8
104  0.8 0.8 0.8 1 0.8
105  0.8 0.8 0.8 0.8 1
106  Else
107  EndIf
108  End

```

---

การหาค่า  $\theta_n$

---

```

109  Let 'ZetaN' = Sqrt('nBlock')
110  If 'nTreatment'=3
111  Let 'nT'=6
112  Else
113  Let 'nT'=9
114  EndIf
115  Do 'j'=1: 'nT'
116  Do 'nIndex'=1:1000
117  Copy 'cEmtry' 'Error 1'
118  Copy 'cEmtry' 'Error 2'
119  Copy 'cEmtry' 'Error 3'
120  Copy 'cEmtry' 'Error 4'
121  Copy 'cEmtry' 'Error 5'
122  Copy 'cEmtry' 'Beta 1'
123  Copy 'cEmtry' 'Beta 2'
124  Copy 'cEmtry' 'Beta 3'
125  Copy 'cEmtry' 'Beta 4'
126  Copy 'cEmtry' 'Beta 5'
127  Copy 'cEmtry' 'Xi1'
128  Copy 'cEmtry' 'Xi2'

```

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนลิขสิทธิ์

- 129 Copy 'cEmtry' 'Xi3'
- 130 Copy 'cEmtry' 'Xi4'
- 131 Copy 'cEmtry' 'Xi5'
- 132 Copy 'cEmtry' 'FR 1'
- 133 Copy 'cEmtry' 'FR 2'
- 134 Copy 'cEmtry' 'FR 3'
- 135 Copy 'cEmtry' 'FR 4'
- 136 Copy 'cEmtry' 'FR 5'
- 137 Copy 'cEmtry' 'Q 1'
- 138 Copy 'cEmtry' 'Q 2'
- 139 Copy 'cEmtry' 'Q 3'
- 140 Copy 'cEmtry' 'Q 4'
- 141 Copy 'cEmtry' 'Q 5'
- 142 Copy 'cEmtry' 'RTreatment'
- 143 Copy 'cEmtry' 'LevelRange'
- 144 Copy 'cEmtry' 'Si1'
- 145 Copy 'cEmtry' 'Si2'
- 146 Copy 'cEmtry' 'Si3'
- 147 Copy 'cEmtry' 'Si4'
- 148 Copy 'cEmtry' 'Si5'
- 149 Copy 'cEmtry' 'AllXij'
- 150 Copy 'cEmtry' 'AllXijTemp'

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

---

---

การหาค่าความคลาดเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์กัน  $\epsilon = AZ$

---

---

```
151 Do 'k'=1:'nBlock'  
152   Eigen 'W' 'Eval' 'Pvec'  
153   Let 'SqrtEval' =Sqrt('Eval')  
154   Diagonal 'SqrtEval' 'MEval'  
155   Transpose 'Pvec' 'PTvec'  
156   Multiply 'Pvec' 'MEval' 'Atemp'  
157   Multiply 'Atemp' 'PTvec' 'A'  
158   Random 'nTreatment' 'CZ';  
159   Normal 0.0 1.0.  
160   Copy 'CZ' 'Z'  
161   Multiply 'A'-'Z' 'U'  
162   Transpose 'U' 'UT'
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

---

สุ่ม  $\beta_i$  ที่มีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1

---

```
163 Random 1 'Bi';
164 Normal 0.0 1.0.
165 If 'nTreatment' = 3.0
166 Copy 'UT' 'Temp 1' 'Temp 2' 'Temp 3'
167 Let 'Error 1'('k') = 'Temp 1'(1)
168 Let 'Error 2'('k') = 'Temp 2'(1)
169 Let 'Error 3'('k') = 'Temp 3'(1)
170 Let 'Error 4'('k') = 0.0
171 Let 'Error 5'('k') = 0.0
172 Let 'Beta 1'('k') = 'Bi'(1)
173 Let 'Beta 2'('k') = 'Bi'(1)
174 Let 'Beta 3'('k') = 'Bi'(1)
175 Let 'Beta 4'('k') = 0.0
176 Let 'Beta 5'('k') = 0.0
177 Else
178 Copy 'UT' 'Temp 1' 'Temp 2' 'Temp 3' 'Temp 4' 'Temp 5'
179 Let 'Error 1'('k') = 'Temp 1'(1)
180 Let 'Error 2'('k') = 'Temp 2'(1)
181 Let 'Error 3'('k') = 'Temp 3'(1)
182 Let 'Error 4'('k') = 'Temp 4'(1)
183 Let 'Error 5'('k') = 'Temp 5'(1)
184 Let 'Beta 1'('k') = 'Bi'(1)
185 Let 'Beta 2'('k') = 'Bi'(1)
186 Let 'Beta 3'('k') = 'Bi'(1)
187 Let 'Beta 4'('k') = 'Bi'(1)
```

```
188     Let 'Beta 5'('k') = 'Bi'(1)
189     EndIf
190     EndDo
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

---

หาค่า  $X_{ij}$  ให้เป็นไปตามแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ กรณีนี้ตั้งทดลองเท่ากับ 3

---

```

191 Do 'i'=1:'nBlock'
192   If 'nTreatment'=3
193     Let 'Xi1'('i') = 'nU' + 'Beta 1'('i') + ( 'T 1'('j')/ 'ZetaN' ) + 'Error 1'('i')
194     Let 'Xi2'('i') = 'nU' + 'Beta 2'('i') + ( 'T 2'('j')/ 'ZetaN' ) + 'Error 2'('i')
195     Let 'Xi3'('i') = 'nU' + 'Beta 3'('i') + ( 'T 3'('j')/ 'ZetaN' ) + 'Error 3'('i')
196     Let 'Xi4'('i') = 0.0
197     Let 'Xi5'('i') = 0.0
198     Let 'FW3'(1) = 'Xi1'('i')
199     Let 'FW3'(2) = 'Xi2'('i')
200     Let 'FW3'(3) = 'Xi3'('i')
201     Rank 'FW3' 'FWR'
202     Let 'Q 1'('i') = 'FWR'(1)
203     Let 'Q 2'('i') = 'FWR'(2)
204     Let 'Q 3'('i') = 'FWR'(3)
205     Let 'Q 4'('i') = 0.0
206     Let 'Q 5'('i') = 0.0
207     Let 'RBlock'(1)='Xi1'('i')
208     Let 'RBlock'(2)='Xi2'('i')
209     Let 'RBlock'(3)='Xi3'('i')
210     Range 'RBlock' 'TempRange'
211     Let 'RTreatment'('i')='TempRange'
212   Else

```

---

หาค่า  $X_{ij}$  ให้เป็นไปตามแผนแบบการทดลองชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ กรณีนี้ถึงทดลองเท่ากับ 5

---

213      Let 'Xi1'('i') = 'nU' + 'Beta 1'('i') + ( 'T 1'('j')/ 'ZetaN' ) + 'Error 1'('i')

214      Let 'Xi2'('i') = 'nU' + 'Beta 2'('i') + ( 'T 2'('j')/ 'ZetaN' ) + 'Error 2'('i')

215      Let 'Xi3'('i') = 'nU' + 'Beta 3'('i') + ( 'T 3'('j')/ 'ZetaN' ) + 'Error 3'('i')

216      Let 'Xi4'('i') = 'nU' + 'Beta 4'('i') + ( 'T 4'('j')/ 'ZetaN' ) + 'Error 4'('i')

217      Let 'Xi5'('i') = 'nU' + 'Beta 5'('i') + ( 'T 5'('j')/ 'ZetaN' ) + 'Error 5'('i')

218      Let 'FW5'(1) = 'Xi1'('i')

219      Let 'FW5'(2) = 'Xi2'('i')

220      Let 'FW5'(3) = 'Xi3'('i')

221      Let 'FW5'(4) = 'Xi4'('i')

222      Let 'FW5'(5) = 'Xi5'('i')

223      Rank 'FW5' 'FWR'

224      Let 'Q 1'('i') = 'FWR'(1)

225      Let 'Q 2'('i') = 'FWR'(2)

226      Let 'Q 3'('i') = 'FWR'(3)

227      Let 'Q 4'('i') = 'FWR'(4)

228      Let 'Q 5'('i') = 'FWR'(5)

229      Let 'RBlock'(1)='Xi1'('i')

230      Let 'RBlock'(2)='Xi2'('i')

231      Let 'RBlock'(3)='Xi3'('i')

232      Let 'RBlock'(4)='Xi4'('i')

233      Let 'RBlock'(5)='Xi5'('i')

234      Range 'RBlock' 'TempRange'

235      Let 'RTreatment'('i')='TempRange'

236      EndIf

237      EndDo

238      Rank 'RTreatment' 'LevelRange'

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

---

---

คำนวณสถิติทดสอบเควต โดยหาค่า  $S_{ij}$

---

---

```
239 Do 'i'=1:'nBlock'
240   If 'nTreatment'=3
241     Let 'Si1'('i')='LevelRange'('i')*(('Q 1'('i')-('nTreatment'+1)/2)
242     Let 'Si2'('i')='LevelRange'('i')*(('Q 2'('i')-('nTreatment'+1)/2)
243     Let 'Si3'('i')='LevelRange'('i')*(('Q 3'('i')-('nTreatment'+1)/2)
244     Let 'Si4'('i')=0.0
245     Let 'Si5'('i')=0.0
246   Else
247     Let 'Si1'('i')='LevelRange'('i')*(('Q 1'('i')-('nTreatment'+1)/2)
248     Let 'Si2'('i')='LevelRange'('i')*(('Q 2'('i')-('nTreatment'+1)/2)
249     Let 'Si3'('i')='LevelRange'('i')*(('Q 3'('i')-('nTreatment'+1)/2)
250     Let 'Si4'('i')='LevelRange'('i')*(('Q 4'('i')-('nTreatment'+1)/2)
251     Let 'Si5'('i')='LevelRange'('i')*(('Q 5'('i')-('nTreatment'+1)/2)
252   EndIf
253 EndDo
```



---

---

คำนวณสถิติทดสอบเควด โดยหาค่า  $S_j$

---

---

```
254   If 'nTreatment'=3
255     Let 'TempSj' = Sum('Si1')
256     Let 'Sj'(1)='TempSj'
257     Let 'TempSj' = Sum('Si2')
258     Let 'Sj'(2)='TempSj'
259     Let 'TempSj' = Sum('Si3')
260     Let 'Sj'(3)='TempSj'
261     Let 'Sj'(4)=0.0
262     Let 'Sj'(5)=0.0
263   Else
264     Let 'TempSj' = Sum('Si1')
265     Let 'Sj'(1)='TempSj'
266     Let 'TempSj' = Sum('Si2')
267     Let 'Sj'(2)='TempSj'
268     Let 'TempSj' = Sum('Si3')
269     Let 'Sj'(3)='TempSj'
270     Let 'TempSj' = Sum('Si4')
271     Let 'Sj'(4)='TempSj'
272     Let 'TempSj' = Sum('Si5')
273     Let 'Sj'(5)='TempSj'
274   EndIf
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวนลิขสิทธิ์

---

---

คำนวณสถิติทดสอบเควค โดยหาค่า A และ B

---

---

```
275   Let 'A1'=0.0
276   Let 'B1'=0.0
277   If 'nTreatment'=3
278     Let 'TempSj' = SSQ('Sj')
279     Let 'B1'='TempSj'/nBlock'
280     Let 'TempSj' = SSQ('Si1')
281     Let 'A1'='TempSj'
282     Let 'TempSj' = SSQ('Si2')
283     Let 'A1'='A1'+TempSj'
284     Let 'TempSj' = SSQ('Si3')
285     Let 'A1'='A1'+TempSj'
286   Else
287     Let 'TempSj' = SSQ('Sj')
288     Let 'B1'='TempSj'/nBlock'
289     Let 'TempSj' = SSQ('Si1')
290     Let 'A1'='TempSj'
291     Let 'TempSj' = SSQ('Si2')
292     Let 'A1'='A1'+TempSj'
293     Let 'TempSj' = SSQ('Si3')
294     Let 'A1'='A1'+TempSj'
295     Let 'TempSj' = SSQ('Si4')
296     Let 'A1'='A1'+TempSj'
297     Let 'TempSj' = SSQ('Si5')
298     Let 'A1'='A1'+TempSj'
299   EndIf
```

---

---

จากสถิติทดสอบเควอด ทดสอบสมมติฐาน สิ่งทดลองเท่ากับ 0 หรือไม่

---

---

```
300   Let 'n1'='nTreatment' - 1
301   Let 'n2'='nBlock' - 1
302   Let 'n2' = 'n1' * 'n2'
303   InvCDF 0.95 'Frs';
304   F 'n1' 'n2'.
305   Let 'FresQ'('nIndex')=('nBlock'*('nTreatment'-1))*('B1'/'A1')
306   If 'FresQ'('nIndex') > 'Frs'
307     Let 'Reject Quade'('nIndex') = 1
308   Else
309     Let 'Reject Quade'('nIndex')=0
310   EndIf
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

---



---

คำนวณสถิติทดสอบฟรีดแมน

---



---

```

311   If 'nTreatment' = 3
312     Copy 'Xi1' 'AllXij'
313     Stack 'AllXij' 'Xi2' 'AllXijTemp'
314     Stack 'AllXijTemp' 'Xi3' 'AllXij'
315     Rank 'AllXij' 'AllXijTemp'
316     Copy 'AllXijTemp' 'FR 1';
317     Use 1:'nBlock'.
318     Let 'nNumber1' ='nBlock'+1
319     Let 'nNumber2' = 2*'nBlock'
320     Copy 'AllXijTemp' 'FR 2';
321     Use 'nNumber1':'nNumber2'.
322     Let 'nNumber1' =(2*'nBlock')+1
323     Let 'nNumber2' = 3*'nBlock'
324     Copy 'AllXijTemp' 'FR 3';
325     Use 'nNumber1':'nNumber2'.
326   Else
327     Copy 'Xi1' 'AllXij'
328     Stack 'AllXij' 'Xi2' 'AllXijTemp'
329     Stack 'AllXijTemp' 'Xi3' 'AllXij'
330     Stack 'AllXij' 'Xi4' 'AllXijTemp'
331     Stack 'AllXijTemp' 'Xi5' 'AllXij'
332     Rank 'AllXij' 'AllXijTemp'
333     Copy 'AllXijTemp' 'FR 1';
334     Use 1:'nBlock'.
335     Let 'nNumber1' ='nBlock'+1
336     Let 'nNumber2' = 2*'nBlock'

```

```

337 Copy 'AllXijTemp' 'FR 2';
338 Use 'nNumber1':nNumber2'.
339 Let 'nNumber1' =(2*'nBlock')+1
340 Let 'nNumber2' = 3*'nBlock'
341 Copy 'AllXijTemp' 'FR 3';
342 Use 'nNumber1':nNumber2'.
343 Let 'nNumber1' =(3*'nBlock')+1
344 Let 'nNumber2' = 4*'nBlock'
345 Copy 'AllXijTemp' 'FR 4';
346 Use 'nNumber1':nNumber2'.
347 Let 'nNumber1' =(4*'nBlock')+1
348 Let 'nNumber2' = 5*'nBlock'
349 Copy 'AllXijTemp' 'FR 5';
350 Use 'nNumber1':nNumber2'.
351 EndIf
352 Let 'A2'=0
353 Let 'B2'=0
354 Do 'i'=1:nBlock'
355 If 'nTreatment'=3
356 Let 'nRid' = ('FR 1'('i') + 'FR 2'('i') + 'FR 3'('i'))/('nTreatment')
357 Let 'A2'='A2' + ('FR 1'('i')-'nRid') * ('FR 1'('i')-'nRid')
358 Let 'A2'='A2' + ('FR 2'('i')-'nRid') * ('FR 2'('i')-'nRid')
359 Let 'A2'='A2' + ('FR 3'('i')-'nRid') * ('FR 3'('i')-'nRid')
360 Else
361 Let 'nRid' = ('FR 1'('i') + 'FR 2'('i') + 'FR 3'('i') + 'FR 4'('i') + 'FR
362 5'('i'))/('nTreatment')
363 Let 'A2'='A2' + ('FR 1'('i')-'nRid') * ('FR 1'('i')-'nRid')
364 Let 'A2'='A2' + ('FR 2'('i')-'nRid') * ('FR 2'('i')-'nRid')
365 Let 'A2'='A2' + ('FR 3'('i')-'nRid') * ('FR 3'('i')-'nRid')

```

```

366     Let 'A2'='A2' + ('FR 4('i')-'nRid') * ('FR 4('i')-'nRid')
367     Let 'A2'='A2' + ('FR 5('i')-'nRid') * ('FR 5('i')-'nRid')
368     EndIf
369 EndDo
370 If 'nTreatment'=3.0
371     Let 'Rj' = Sum('FR 1')/'nBlock' - ('nBlock' * 'nTreatment' + 1) / 2
372     Let 'B2'='Rj' * 'Rj'
373     Let 'Rj' = Sum('FR 2')/'nBlock' - ('nBlock' * 'nTreatment' + 1) / 2
374     Let 'B2'='B2' + 'Rj' * 'Rj'
375     Let 'Rj' = Sum('FR 3')/'nBlock' - ('nBlock' * 'nTreatment' + 1) / 2
376     Let 'B2'='B2' + 'Rj' * 'Rj'/'nBlock'
377 Else
378     Let 'Rj' = Sum('FR 1')/'nBlock' - ('nBlock' * 'nTreatment' + 1) / 2
379     Let 'B2'='Rj' * 'Rj'
380     Let 'Rj' = Sum('FR 2')/'nBlock' - ('nBlock' * 'nTreatment' + 1) / 2
381     Let 'B2'='B2' + 'Rj' * 'Rj'
382     Let 'Rj' = Sum('FR 3')/'nBlock' - ('nBlock' * 'nTreatment' + 1) / 2
383     Let 'B2'='B2' + 'Rj' * 'Rj'
384     Let 'Rj' = Sum('FR 4')/'nBlock' - ('nBlock' * 'nTreatment' + 1) / 2
385     Let 'B2'='B2' + 'Rj' * 'Rj'
386     Let 'Rj' = Sum('FR 5')/'nBlock' - ('nBlock' * 'nTreatment' + 1) / 2
387     Let 'B2'='B2' + 'Rj' * 'Rj'
388 EndIf

```

---

---

จากสถิติทดสอบฟรีดแมน ทดสอบสมมติฐาน สิ่งทดลองเท่ากับ 0 หรือไม่

---

---

```
389   Let 'df' = 'nTreatment' - 1
390   InvCDF 0.95 'Frs';
391   Chisquare ('df').
392   Let 'FresF'('nIndex') = (('nBlock'*nBlock')*(nTreatment'-1)*B2)/('A2')
393   If 'FresF'('nIndex') > 'Frs'
394     Let 'Reject FriedMan'('nIndex') = 1
395   Else
396     Let 'Reject FriedMan'('nIndex')=0
397   EndIf
```

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

---



---

คำนวณสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ

---



---

```

398   Let 'nValueRank' = 0
399   Let 'nDividerRank' = 0
400   If 'nTreatment'=3.0
401     Let 'nRbdj' = Sum('FR 1')/'nBlock'
402     Let 'cRbdj'(1) = 'nRbdj'
403     Let 'nValueRank' = 'nRbdj' * 'nRbdj'
404     Let 'nRbdj' = Sum('FR 2')/'nBlock'
405     Let 'cRbdj'(2) = 'nRbdj'
406     Let 'nValueRank' = 'nValueRank' + 'nRbdj' * 'nRbdj'
407     Let 'nRbdj' = Sum('FR 3')/'nBlock'
408     Let 'cRbdj'(3) = 'nRbdj'
409     Let 'nValueRank' = 'nValueRank' + 'nRbdj' * 'nRbdj'
410   Else
411     Let 'nRbdj' = Sum('FR 1')/'nBlock'
412     Let 'cRbdj'(1) = 'nRbdj'
413     Let 'nValueRank' = 'nRbdj' * 'nRbdj'
414     Let 'nRbdj' = Sum('FR 2')/'nBlock'
415     Let 'cRbdj'(2) = 'nRbdj'
416     Let 'nValueRank' = 'nValueRank' + 'nRbdj' * 'nRbdj'
417     Let 'nRbdj' = Sum('FR 3')/'nBlock'
418     Let 'cRbdj'(3) = 'nRbdj'
419     Let 'nValueRank' = 'nValueRank' + 'nRbdj' * 'nRbdj'
420     Let 'nRbdj' = Sum('FR 4')/'nBlock'
421     Let 'cRbdj'(4) = 'nRbdj'
422     Let 'nValueRank' = 'nValueRank' + 'nRbdj' * 'nRbdj'
423     Let 'nRbdj' = Sum('FR 5')/'nBlock'

```



```

424     Let 'cRbdj'(5) = 'nRbdj'
425     Let 'nValueRank' = 'nValueRank' + 'nRbdj' * 'nRbdj'
426     EndIf
427     Do 'i'=1:'nBlock'
428     If 'nTreatment'=3
429     Let 'nRbid' = ('FR 1'('i') + 'FR 2'('i') + 'FR 3'('i'))/('nTreatment')
430     Let 'cRbid'('i') = 'nRbid'
431     Let 'nDividerRank' = ('FR 1'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(1)) * ('FR 1'('i') - 'nRbid' -
432     'cRbdj'(1))
433     Let 'nDividerRank' = 'nDividerRank' + ('FR 2'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(2)) * ('FR
434     2'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(2))
435     Let 'nDividerRank' = 'nDividerRank' + ('FR 3'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(3)) * ('FR
436     3'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(3))
437     Else
438     Let 'nRbid' = ('FR 1'('i') + 'FR 2'('i') + 'FR 3'('i'))/('nTreatment')
439     Let 'cRbid'('i') = 'nRbid'
440     Let 'nDividerRank' = ('FR 1'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(1)) * ('FR 1'('i') - 'nRbid' -
441     'cRbdj'(1))
442     Let 'nDividerRank' = 'nDividerRank' + ('FR 2'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(2)) * ('FR
443     2'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(2))
444     Let 'nDividerRank' = 'nDividerRank' + ('FR 3'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(3)) * ('FR
445     3'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(3))
446     Let 'nDividerRank' = 'nDividerRank' + ('FR 4'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(4)) * ('FR
447     4'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(4))
448     Let 'nDividerRank' = 'nDividerRank' + ('FR 5'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(5)) * ('FR
449     5'('i') - 'nRbid' - 'cRbdj'(5))
450     EndIf
451     EndDo

```

---

จากสถิติทดสอบการแปลงให้เป็นอันดับ ทดสอบสมมติฐาน สิ่งทดลองเท่ากับ 0 หรือไม่

---

```

452   Let 'n1'='nTreatment' - 1
453   Let 'n2'='nBlock' - 1
454   Let 'n2' = 'n1' * 'n2'
455   InvCDF 0.95 'Frs';
456   F 'n1' 'n2'.
457   Let 'FTT'= ('nBlock' * ('nBlock' - 1) * 'nValueRank') / ('nDividerRank')
458   Let 'FresR'('nIndex')= 'FTT'
459   If 'FresR'('nIndex') > 'Frs'
460     Let 'Reject RankTransform'('nIndex') = 1
461   Else
462     Let 'Reject RankTransform'('nIndex')=0
463   EndIf
464   If 'j'= 1
465     Let 'sSavePath' = 'SavePath1'('nIndex')
466   ElseIf 'j'= 2
467     Let 'sSavePath' = 'SavePath2'('nIndex')
468   ElseIf 'j'= 3
469     Let 'sSavePath' = 'SavePath3'('nIndex')
470   ElseIf 'j'= 4
471     Let 'sSavePath' = 'SavePath4'('nIndex')
472   ElseIf 'j'= 5
473     Let 'sSavePath' = 'SavePath5'('nIndex')
474   ElseIf 'j'= 6
475     Let 'sSavePath' = 'SavePath6'('nIndex')
476   ElseIf 'j'= 7
477     Let 'sSavePath' = 'SavePath7'('nIndex')

```

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

```

478   Elseif 'j'= 8
479     Let 'sSavePath' = 'SavePath8'('nIndex')
480   Elseif 'j' = 9
481     Let 'sSavePath' = 'SavePath9'('nIndex')
482   Else
483     EndIf
484   Write 'sSavePath' C10-C42
485   EndDo

```

---

ผลรวมจำนวนครั้งจากการปฏิเสธสมมติฐานหลักใน 1,000 ครั้ง ของแต่ละสถิติทดสอบ

---

```

486   Let 'SumRejectofF' = Sum('Reject FriedMan')
487   Let 'SumRejectofQ' = Sum('Reject Quade')
488   Let 'SumRejectofR' = Sum('Reject RankTransform')
489   Let 'SumRejectofF'(2) = 'nRelation'
490   Let 'SumRejectofQ'(2) = 'nRelation'
491   Let 'SumRejectofR'(2) = 'nRelation'
492   Let 'SumRejectofF'(3) = 'nTreatment'
493   Let 'SumRejectofQ'(3) = 'nBlock'
494   Let 'SumRejectofR'(3) = 'j'
495   Let 'nResultPath'=('kIndex'-1)*6 + ('jIndex'-1)*3 + ('iIndex'-1)* 13 + 'j'
496   Let 'sResultPath'='ResultPath'('nResultPath')
497   Write 'sResultPath' 'FresF' 'FresQ' 'FresR' 'SumRejectofF' 'SumRejectofQ'
498     'SumRejectofR'
499   EndDo
500 EndDo
501 EndDo
502 EndDo
503 END MACRO

```

## ประวัติผู้วิจัย

**ชื่อ-สกุล** นางสาวศิริลักษณ์ ไพลาลสิงห์  
**ที่อยู่** 84 ถนนนิคมคำหรี ตำบลแวง อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด 45110

### ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2542 สำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาขาวิชา  
สถิติประยุกต์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- พ.ศ. 2542 ศึกษาต่อปริญญาโทบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์  
สาขาวิชาสถิติประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์