การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

นางสาวแสงรวี วิฑูรย์พันธุ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARISON OF NONPARAMETRIC TEST STATISTIC FOR RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN

Miss Sangrawee Witoonpan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Statistics

Department of Statistics
Faculty of Commerce and Accountancy
Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์
โดย	นางสาว แสงรวี วิฑูรย์พันธุ์
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรณพ ตันละมัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระพร วีระถาวร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญอ้อม โฉมที)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสงรวี วิฑูรย์พันธุ์ : การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์. (A Comparison of Nonparametric Test Statistic for Randomized Complete Block Design.) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา, 188 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับการวิเคราะห์แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ได้แก่ สถิติทดสอบ Friedman สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Median Aligned Rank โดยประสิทธิภาพวัดจากค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ การศึกษาครั้งนี้ได้จำลองข้อมูลโดยใช้ตัวแบบ $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบแลมดาตูกีร์ ณ ระดับความเบ้ 0.0, 0.2, 0.6, 1.0, 1.4 และ 1.8 แต่ละระดับความเบ้มีความโด่ง 3 ระดับ คือ น้อย ปานกลาง และมาก ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเป็น 10%, 30% และ 50% ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม R โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี สามารถควบควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี โดยสถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบ Median Aligned Rank และ สถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ

2. อำนาจการทดสอบ พบว่า กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 ที่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 10% สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ส่วนที่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 30% และ 50% สถิติที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด คือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores ในกรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 และ 7 ที่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 10% และ 30% สถิติที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด คือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank ส่วนที่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 50% สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ภาควิชา.....สถิติ..... ลายมือชื่อนิสิต.....แสงรวี วิฑูรย์พันธุ์.....

สาขาวิชา.....สถิติ..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2551.....

4982252226 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD: NONPARAMETRIC TEST / NON-NORMAL DISTRIBUTIONS/ RANDOMIZED COMPLETE BLOCK

SANGRAWEE WITOONPAN : A COMPARISON OF NONPARAMETRIC TEST STATISTIC FOR RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN. THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASSOC. PROF. SUPOL DURONGWATANA, Ph.D., 188 pp.

The objective of this research is to compare the efficiency among Friedman, Van der Waerden Normal-Scores and Median Aligned Rank test statistics. These test statistics are used to test differences in treatment effect which can be found in the analysis of the randomized complete block design which is the experimental design in this study. The efficiency is measured by the proportion of the type I error and the power of the test. The model for the design is $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$, whose data has Tukey's Lamda distribution. Skewness coefficient vary from 0.0, 0.2, 0.6, 1.0, 1.4 to 1.8, and each coefficient is divided into three levels of kurtosis covering low, median and high. Coefficient of variation is also considered. In this study 10%, 30% and 50% of coefficient of variation are used. The simulated data are obtained from R program by using Monte Carlo technique and each situation was repeated 1,000 times based on all mentioned factors.

The results of simulation are as follow :

1. In general, these three test statistics control the proportion of the type I error, however Van der Waerden Normal-Scores performs the best among the three test statistics, followed by Median Aligned Rank and Friedman, respectively.

2. If the number of treatment is three, Van der Waerden Normal-Scores has the most outstanding power, unless the coefficient of variation is 10%, which is the case when Median Aligned Rank has the most outstanding power. On the other hand, if the number of treatment is five and seven, Median Aligned Rank then has the most outstanding power, and with the coefficient of variation at 50%, all three test statistics are found to be performing similarly.

Department..:.....Statistics..... Student's Signature.....Sangrawee Witoonpan.....

Field of Study..:.....Statistics..... Principal Advisor's Signature.....

Academic Year..:.....2008.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญอ้อม โฉมที และอาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง ที่กรุณาสละเวลาในการให้คำแนะนำ และตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้อันเป็นประโยชน์ต่อ ผู้วิจัยอย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ภายใต้โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจ สำคัญคอยส่งเสริมสนับสนุนด้านการเรียนเสมอมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาสถิติทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 5

1.5 เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ..... 7

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 7

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 8

1.8 วิธีดำเนินการวิจัย..... 8

2 แนวคิด ทฤษฎี และสถิติที่เกี่ยวข้อง..... 9

2.1 โมเมนต์ ความเบ้ และความโด่ง..... 9

2.1.1 โมเมนต์..... 9

2.1.2 ความเบ้..... 10

2.1.3 ความโด่ง..... 12

2.2 การแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์..... 13

2.3 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์..... 14

2.4 สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก..... 16

2.4.1 สถิติทดสอบ Friedman..... 16

2.4.2 สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores..... 17

2.4.3 สถิติทดสอบ Median Aligned Rank..... 18

บทที่		หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย	20
	3.1 แผนการดำเนินการวิจัย	20
	3.2 การจำลองข้อมูล	21
	3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	21
	3.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	24
4	ผลการวิจัย	26
	4.1 ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1	28
	4.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ	40
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	130
	5.1 สรุปผลการวิจัย	130
	5.1.1 สรุปผลการพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1	131
	5.1.2 สรุปผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบสถิติทดสอบ Friedman สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Median Aligned Rank	139
	5.2 อภิปรายผล	164
	5.3 ข้อเสนอแนะ	164
รายการอ้างอิง		167
ภาคผนวก		169
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์		188

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	แสดงการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ของการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์.....	6
2.1	แสดงลักษณะข้อมูลในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์อิทธิพลแบบคงที่.....	15
2.2	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์อิทธิพลแบบคงที่ เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์.....	15
4.1	แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7.....	28
4.2	แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2.....	30
4.3	แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6.....	32
4.4	แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6.....	34
4.5	แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10.....	36
4.6	แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12.....	38
4.7	แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3.....	40

ตาราง หน้า

4.8 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 45
4.9 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 50
4.10 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 55
4.11 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 60
4.12 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 65
4.13 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 70
4.14 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 75
4.15 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 80
4.16 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 85

ตาราง หน้า

4.17 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 90
4.18 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 95
4.19 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 100
4.20 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 105
4.21 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 110
4.22 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 115
4.23 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 120
4.24 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 125
5.1 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ..... 132

ตาราง หน้า

5.2 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ..... 133

5.3 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ..... 134

5.4 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ..... 135

5.5 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ..... 136

5.6 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ..... 137

5.7 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบสามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และความโด่งต่าง ๆ โดยแต่ละเซลล์ทำการทดลอง 27 สถานการณ์..... 138

5.8 แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อความแปรปรวนเป็น 25..... 140

ตาราง หน้า

5.9 แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อความแปรปรวนเป็น 225..... 146

5.10 แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อความแปรปรวนเป็น 625..... 152

5.11 สรุปจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงสุด จำแนกตามจำนวนทรีทเมนต์ และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้ต่าง ๆ โดยแต่ละระดับความเบ้ทำการทดลอง 27 สถานการณ์..... 158

ก.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูลให้มีการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าความเบ้และความโด่งต่าง ๆ เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ ความแปรปรวนเท่ากับ 1..... 170

ก.2 คะแนนปกติผกผันสำหรับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน เมื่อ $n = 10$ ถึง 40..... 175

ก.3 ค่าวิกฤตสำหรับสถิติทดสอบฟรีดแมน เมื่อ $t = 3,\ b \le 15$ และ $t = 4,\ b \le 8$ 177

ก.4 ค่าวิกฤตสำหรับการแจกแจงแบบไคกำลังสอง..... 178

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	แสดงเส้นโค้งของการแจกแจงแบบสมมาตร.....	10
2.2	แสดงเส้นโค้งของการแจกแจงแบบไม่สมมาตร.....	11
3.1	ผังงานสำหรับการคำนวณค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และ อำนาจการทดสอบ.....	25
4.1	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3.....	42
4.2	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3.....	43
4.3	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3.....	44
4.4	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5.....	47
4.5	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5.....	48
4.6	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5.....	49
4.7	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7.....	52
4.8	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7.....	53
4.9	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7.....	54
4.10	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3.....	57
4.11	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3.....	58
4.12	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3.....	59

ภาพประกอบ หน้า

4.13 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 62
4.14 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 63
4.15 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 64
4.16 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 67
4.17 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 68
4.18 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 69
4.19 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 72
4.20 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 73
4.21 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 74
4.22 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 77
4.23 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 78
4.24 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 79
4.25 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 82
4.26 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 83

ภาพประกอบ หน้า

4.27 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 84
4.28 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 87
4.29 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 88
4.30 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 89
4.31 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 92
4.32 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 93
4.33 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 94
4.34 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 97
4.35 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 98
4.36 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 99
4.37 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 102
4.38 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 103
4.39 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 104
4.40 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 107

ภาพประกอบ หน้า

4.41 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 108
4.42 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 109
4.43 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 112
4.44 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 113
4.45 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 114
4.46 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 117
4.47 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 118
4.48 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3..... 119
4.49 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 122
4.50 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 123
4.51 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5..... 124
4.52 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 127
4.53 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 128
4.54 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7..... 129

ภาพประกอบ หน้า

5.1 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบ 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ณ สถานการณ์ต่าง ๆ โดยจำแนกตามจำนวนทรีทเมนต์ทั้ง 3 ระดับ..... 160

5.2 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อค่าความแปรปรวนเป็น 25..... 161

5.3 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อค่าความแปรปรวนเป็น 225. 162

5.4 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อค่าความแปรปรวนเป็น 625..... 163

5.5 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์สำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ในเชิงปฏิบัติ..... 166

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวางแผนแบบทดลอง (Experimental Design) ในการวิจัยเชิงทดลอง นอกจากผู้วิจัยจะต้องมีความสามารถในการออกแบบการทดลอง และมีความเข้าใจในเรื่องที่จะศึกษาแล้ว ยังต้องอาศัยความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์อนุมานเชิงสถิติ เพื่อตอบคำถามหรือข้อสมมติฐานตามวัตถุประสงค์ของการทดลองที่ตั้งขึ้น ซึ่งคำตอบสำหรับข้อสมมติฐานจะมีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้วิจัยในการเลือกสถิติทดสอบให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ และผู้วิจัยจะต้องคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ

การทดสอบสมมติฐานในงานวิจัยเชิงทดลองมักจะทดสอบเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ โดยปกติจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) โดยอาศัยสถิติทดสอบเอฟ (F-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวนมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ค่าสังเกตของกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มต้องเท่ากัน และค่าสังเกตสุ่มมาจากประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน โดยมาตราวัดของข้อมูลจัดอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป (Siegel และ Castellan, 1988) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบพาราเมตริก (Parametric Test)

ปัญหาที่ผู้วิจัยมักพบเสมอในการใช้สถิติทดสอบเอฟ คือ ข้อมูลที่ได้จากแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นแบบปกติเสมอไป เช่น ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลอาจจะเบ้ หรือโด่งไปจากการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของตัวแบบ $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$; $i = 1, 2, 3, ..., t$; $j = 1, 2, 3, ..., b$ โดยลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบปกติ หากผู้วิจัยนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือน้อยลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแก้ไขปรับข้อมูล โดยการแปลงข้อมูล (Transformation of Data) เสียก่อน เพื่อให้ข้อมูลมีคุณสมบัติตามข้อตกลงเบื้องต้น จากนั้นจึงนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีดังกล่าวมีขั้นตอน และการคำนวณที่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก และยังมีปัญหาเกี่ยวกับการเลือกวิธีที่เหมาะสมในการแปลงข้อมูล ตลอดจนความเข้มงวดต่อข้อตกลงเบื้องต้น ทำให้งานวิจัยบางอย่างไม่สามารถปฏิบัติได้ ดังนั้นผู้วิจัยอาจจะเลือกใช้สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก (Nonparametric Test) แทน

สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก มีข้อดีหลายประการ คือ ไม่จำเป็นต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับประชากร หรือตัวอย่าง สามารถคำนวณได้รวดเร็ว เข้าใจง่าย และสะดวกต่อการ

นำไปใช้ สามารถนำมาใช้ได้เมื่อข้อมูลมีระดับมาตราวัดอยู่ในมาตราจัดอันดับ (Ordinal Scale) โดยลักษณะการแจกแจงของข้อมูล เป็นแบบปกติหรือไม่ก็ได้ สถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ที่มากกว่า 2 กลุ่ม มักจะใช้กับข้อมูลประเภทจำแนกทางเดียว (One way Classification Data) คือ สถิติทดสอบครัสคาลวอลลิส (Kruskal-Wallis Test) แต่เนื่องจากแผนแบบทดลองจำแนกทางเดียวจะใช้ได้ผลดีเมื่อหน่วยทดลองมีเอกภาพภายใน (Homogeneity of Experimental Units) ซึ่งในการปฏิบัติจริงนั้นเป็นไปได้ยาก จึงได้มีการประยุกต์ใช้แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ซึ่งเป็นแผนแบบทดลองจำแนกสองทาง คือ พิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองในอีกลักษณะหนึ่ง (Blocks) ที่นอกเหนือไปจากทรีทเมนต์ โดยพยายามจัดให้หน่วยทดลองที่มีความแตกต่างกันมีความเป็นเอกภาพสูงสุด (High Homogeneity) และหน่วยทดลองที่มีความเป็นเอกภาพภายในต่ำ (Low Homogeneity) อยู่ต่างกลุ่มกัน การจัดกลุ่มหน่วยทดลองให้มีลักษณะดังกล่าวเรียกว่า การแบ่งบล็อก (Blocking) และเรียกแต่ละกลุ่มว่า บล็อก สำหรับสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ คือ สถิติทดสอบ Friedman (Friedman Test) สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores (Van der Waerden Normal-Scores Test) และ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank (Median Aligned Rank Test)

สถิติทดสอบ Friedman เป็นสถิติที่นำข้อมูลจริงในแต่ละบล็อกมาจัดลำดับ แล้วทำการคำนวณตัวสถิติทดสอบ เป็นวิธีการทดสอบหนึ่งที่นิยมใช้ในงานวิจัยทางการตลาด เมื่อลักษณะการแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นแบบปกติ สำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยที่ในแต่ละเซล (Cell) จะมีค่าสังเกต (Y_{ij}) เพียงหนึ่งตัว มีลักษณะการแจกแจงแบบไคสแควร์ องศาอิสระเท่ากับ $t-1$ และตั้งสมมติฐานว่างว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งถ้าผลการทดลองปฏิเสธสมมติฐานว่าง แสดงว่า มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานว่าง แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Conover W.J. และ Iman R.L., 1981) ในด้านประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ Friedman พบว่าภายใต้ข้อตกลงของสถิติทดสอบเอฟนั้น ค่า ARE (Asymtotic Relative Efficiency) ของสถิติทดสอบ Friedman เทียบกับสถิติทดสอบเอฟเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงปกติมีค่าประมาณ $.955t/(t+1)$ ซึ่งค่า ARE จะเพิ่มขึ้นเมื่อทรีทเมนต์ (t) มีค่าเพิ่มขึ้น (Marascuilo และMcSweeney, 1977)

สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores ได้รับการพัฒนาสำหรับการดำเนินการกับข้อมูล โดยการเปลี่ยนแปลงข้อมูลต้นฉบับไปสู่ข้อมูลจัดอันดับ แล้วทำการแปลงเป็นคะแนนมาตรฐานบนพื้นฐานของลักษณะการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ซึ่งการทำเช่นนี้อาจสูญเสีย

สาระจากข้อมูลต้นฉบับที่อยู่ในมาตราวัดอัตราส่วนไปบางส่วน แต่ก็ยังคงรักษาสาระไว้มากพอสำหรับทดสอบ ดังคำกล่าวของ Conover (1980) ว่าเมื่อข้อมูลต้นฉบับมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ โดยส่วนมากอำนาจการทดสอบของสถิตินอร์มอล-สกอร์จะเป็นไปในทำนองเดียวกับการทดสอบแบบพาราเมตริก และเมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบไม่ปกติอำนาจการทดสอบของสถิตินอร์มอล-สกอร์อาจจะสูงกว่าการทดสอบแบบพาราเมตริก โดยค่า ARE ของสถิตินอร์มอล-สกอร์เทียบกับสถิติทดสอบเอฟจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบเอฟ และค่า ARE จะมีค่ามากกว่า 1 ถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบเอฟ (Marascuilo และ McSweeney, 1977)

สถิติทดสอบ Aligned Rank (Aligned Rank Test) เป็นการทดสอบหนึ่งที่ใช้ในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ซึ่งนักสถิติ (Sen P.K., 1968) ได้ศึกษาและสร้างตัวสถิติทดสอบนี้ขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1968 เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งได้นำเสนอการทดสอบโดยการปรับข้อมูลในแต่ละบล็อก ซึ่งอาจใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต หรือค่ามัธยฐานเป็นตัวปรับข้อมูล จากนั้นทำการจัดอันดับข้อมูลรวมกัน แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการคำนวณตัวสถิติทดสอบ ต่อมาในปี ค.ศ. 1975 Lehmann (2006) ได้เสนอตัวสถิติทดสอบในรูปแบบที่ง่ายขึ้นไม่ซับซ้อนและสะดวกต่อการนำไปใช้ แต่ก็ยังไม่เป็นที่รู้จักมากเท่าสถิติทดสอบ Friedman ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขาดแคลนงานวิจัยที่ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบของสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกที่มากพอ การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจะเลือกใช้ค่ามัธยฐานในขั้นตอนการปรับข้อมูลในแต่ละบล็อกเรียกว่า สถิติทดสอบ Median Aligned Rank เนื่องจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตอาจไม่ใช่ตัวประมาณที่ดีของประชากรถ้าข้อมูลไม่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ และอาจทำให้สถิติทดสอบ Aligned Rank มีประสิทธิภาพต่ำกว่าความเป็นจริง

จากปัญหาต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ประกอบกับยังไม่มีหลักฐานและผลสรุปที่เพียงพอเกี่ยวกับการเลือกใช้สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ซึ่งแต่ละวิธีได้ให้ความสำคัญของการจัดลำดับข้อมูลแตกต่างกันไป ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาว่าสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกวิธีใดจะให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องเชื่อถือได้มากกว่ากัน และแต่ละวิธีเหมาะสมกับข้อมูลลักษณะใด โดยทำการศึกษาความแกร่ง (Robustness) และเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อข้อมูลได้จากแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ภายใต้ลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ (Tukey's Lambda Distribution) ซึ่งความแกร่งนี้พิจารณาได้จากการที่สถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น โดยวิธีการจำลอง (Simulation) ซึ่งเป็นวิธีที่ยุติธรรมในการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบ เนื่องจากถ้าใช้ข้อมูล

จริงอาจไม่เพียงพอที่จะสรุปว่าสถิติทดสอบที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้จะเหมาะสมกับข้อมูลชุดอื่นๆ ด้วยหรือไม่ และวิธีการจำลองยังเป็นวิธีที่ทำให้ได้ผลสรุปที่เด่นชัดภายใต้สถานการณ์ทดลองที่สามารถกำหนดลักษณะการแจกแจงของข้อมูล จำนวนทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกได้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลซีมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถนำมาดำเนินการเพื่อหาข้อสรุปที่ต้องการได้ในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับการวิเคราะห์แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยศึกษาพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ โดยใช้สถิติทดสอบ 3 ตัว ดังนี้

1. สถิติทดสอบ Friedman
2. สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores
3. สถิติทดสอบ Median Aligned Rank

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การศึกษาครั้งนี้ศึกษาเฉพาะแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยมีตัวแบบเชิงสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; i = 1,2,3,...,t$$
$$j = 1,2,3,...,b$$

เมื่อ Y_{ij} แทน ค่าสังเกตของการทดลองจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j

μ แทน พารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยรวม

τ_i แทน พารามิเตอร์อิทธิพลของทรีทเมนต์ i

β_j แทน พารามิเตอร์อิทธิพลของบล็อกที่ j

ε_{ij} แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลองจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j

2. การศึกษาครั้งนี้กำหนดให้พารามิเตอร์ τ_i และ β_j เป็นอิทธิพลแบบคงที่ และกำหนดเงื่อนไขของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{t} \tau_i = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + ... + \tau_t = 0$$

$$\sum_{j=1}^{b} \beta_j = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + ... + \beta_b = 0$$

3. การศึกษานี้กำหนดให้แต่ละเซลล์มีค่าสังเกตของการทดลองจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j เพียง 1 ตัว

4. ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of the Test) ของตัวสถิติทดสอบ เมื่อข้อมูลได้มาจากแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

2. กำหนดให้ทรีทเมนต์ (Treatment) ในแผนแบบทดลองเป็นอิทธิพลแบบคงที่ (Fixed effect) และมีจำนวนเท่ากับ 3, 5 และ 7

3. กำหนดให้บล็อก (Block) ในแผนแบบทดลองเป็นอิทธิพลแบบคงที่ (Fixed effect) และมีจำนวนเท่ากับ 5, 7 และ 9

4. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการจำลองข้อมูล ดังนี้

4.1 กำหนดให้ข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation: C.V.(%)) ในระดับต่าง ๆ คือ 10%, 30% และ 50% โดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) เท่ากับ 50 เท่ากันทุกกลุ่ม จะได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 5, 15 และ 25 ตามลำดับ

4.2 กำหนดอิทธิพลของบล็อกให้แตกต่างกัน และ $\sum_{j=1}^{b}\beta_j = 0$ โดยสร้างอิทธิพลของบล็อกให้แตกต่างกัน ตามระดับความแตกต่าง (k) โดย β_j ถูกสร้างจากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\beta_j = \frac{3.19k}{b}\cdot\left(j-\frac{b+1}{2}\right) \quad ; \begin{matrix} b = 5,7,9 \\ j = 1,2,\ldots,b \end{matrix}$$

เมื่อ k แทน การกำหนดระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพล โดย $k \in (3,6)$

4.3 กำหนดอิทธิพลของทรีทเมนต์ภายใต้สถานการณ์ 2 สถานการณ์ ดังนี้

4.3.1 เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ ($H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_t = 0$) โดยกำหนด τ_i ให้มีค่าเป็น 0 ทุกค่า

4.3.2 เมื่อพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ จำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ที่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และ $\sum_{i=1}^{t}\tau_i = 0$ โดยสร้างอิทธิพลของทรีทเมนต์ให้แตกต่างกันตามระดับความแตกต่าง (k) โดย τ_i ถูกสร้างจากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\tau_i = \frac{3.19k}{t}\cdot\left(i - \frac{t+1}{2}\right); \quad \begin{array}{l} t = 3,5,7 \\ i = 1,2,\ldots,t \end{array}$$

เมื่อ k แทน การกำหนดระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพล จำแนกได้ 3 ระดับ ดังนี้

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย กำหนด $k \in (1,2)$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง กำหนด $k \in (3,4)$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลอยู่ในระดับมาก กำหนด $k \in (5,6)$

4.4 การแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ (α_3) และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง (α_4) จากตารางที่ ก.1 ซึ่งแสดงในภาคผนวก ก ในการกำหนดได้พิจารณาเลือกตัวแทนของระดับความเบ้ 6 ระดับ แต่ละระดับความเบ้เลือกตัวแทนระดับความโด่ง 3 ระดับ โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ของการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ (α_3)	ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง (α_4)
0.0	3.0, 5.0, 7.0
0.2	3.2, 5.2, 7.2
0.6	3.6, 5.6, 7.6
1.0	4.6, 6.6, 8.6
1.4	6.0, 8.0, 10.0
1.8	8.0, 10.0, 12.0

5. กำหนดให้ระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบ คือ $\alpha = 0.05$

6. การวิจัยครั้งนี้จำลองการทดลองตามสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลซีมูเลชั่น ทำซ้ำ 1, 000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

การพิจารณาได้ดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. พิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ได้จากการทดลองในแต่ละสถานการณ์ โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley กำหนดให้ ξ เป็นค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ได้จากการทดลอง ถ้าค่า ξ ตกอยู่ในขอบเขตที่ระบุ สำหรับกรณี $\alpha = .05$ ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะต้องมีค่าในช่วงปิด $[.025, .075]$ จะถือว่าตัวสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

2. พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ นั่นคือ ทำการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ $(1-\beta)$ ของตัวสถิติทดสอบในสถานการณ์ที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น โดยค่าอำนาจการทดสอบวัดจากสัดส่วนของจำนวนครั้งในการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นเท็จ

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นจริง ซึ่งค่าสัดส่วนที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 นี้มีค่าเท่ากับ α

2. ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II Error) คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการยอมรับสมมติฐานว่าง (H_0) เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นเท็จ ซึ่งค่าสัดส่วนที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 นี้มีค่าเท่ากับ β

3. อำนาจการทดสอบ (Power of the test) คือ ค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นเท็จ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1-\beta$

4. ความแกร่ง (Robustness) ของสถิติทดสอบ คือ คุณสมบัติของการทดสอบที่ไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่ปัจจัยที่ต้องการทดสอบ เช่น การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบ การพิจารณาความแกร่งของการทดสอบใช้ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

5. RCBD คือ แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design)

6. ทรีทเมนต์ (Treatment) คือ สิ่งทดลองที่เราสนใจศึกษา

7. บล็อก (Block) คือ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสังเกต แต่เราไม่ต้องการศึกษา และจำเป็นต้องควบคุม

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติทดสอบสำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลจากแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อพบว่าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

1.8 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสถิติทดสอบ Friedman สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Median Aligned Rank

2. ศึกษาการเขียนโปรแกรม R เพื่อจำลองการทดลองตามสถานการณ์ต่าง ๆ

3. เขียนโปรแกรมสร้างข้อมูล (Y_{ij}) ให้เป็นไปตามแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด

4. เขียนโปรแกรมย่อยสำหรับคำนวณค่าสถิติทดสอบดังกล่าว

5. เขียนโปรแกรมย่อยสำหรับคำนวณค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบดังกล่าว

6. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและสรุปผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และสถิติที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้เสนอแนวคิด ทฤษฎี และสถิติที่เกี่ยวข้องซึ่งได้จากการศึกษาเอกสาร ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอเป็น 4 ตอน ดังนี้

2.1 โมเมนต์ ความเบ้ และความโด่ง

2.2 การแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์

2.3 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

2.4 สถิตินอนพาราเมตริก

2.1 โมเมนต์ ความเบ้ และความโด่ง

2.1.1 **โมเมนต์** (moment)

ให้ตัวแปรสุ่ม X มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น $f(x)$ โมเมนต์ที่ r รอบค่าเฉลี่ย a นิยามโดย

$$E[(X-a)^r] = \int_{-\infty}^{\infty} (x-a)^r f(x)dx$$

โมเมนต์ที่1 รอบจุดกำเนิด $(a=0, r=1)$ คือ ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงตำแหน่ง ใช้สัญลักษณ์

$$\mu = E(x)$$

โมเมนต์ที่ k รอบค่าเฉลี่ย μ $(a=\mu, r=k)$ ใช้สัญลักษณ์

$$\begin{aligned}\mu_k &= E[(X-\mu)^k] \\ &= E[(X-E(X))^k] \\ &= E[\sum_{i=0}^{k}\binom{k}{i}\{-E(X)\}^i X^{k-i}] \\ &= \sum_{i=0}^{k}\binom{k}{i}[-E(X)]^i E(X^{k-i})\end{aligned}$$

โมเมนต์ที่ 2 รอบค่าเฉลี่ย μ $(a=\mu, r=2)$ คือ ความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม X ซึ่งใช้วัดการกระจายของข้อมูล ใช้สัญลักษณ์ σ^2 และกรณฑ์ที่สองของความแปรปรวนที่มีค่าเป็นบวกเรียกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\mu_2 = E[(X-\mu)^2]$$
$$= \sum_{i=0}^{2}\binom{2}{i}[-E(X)]^i E(X^{2-i})$$
$$= E(X^2) - 2E(X)E(X) + [E(X)]^2$$
$$= E(X^2) - [E(X)]^2$$

โมเมนต์ที่ 3 รอบค่าเฉลี่ย μ $(a=\mu, r=3)$ ใช้สัญลักษณ์

$$\mu_3 = E[(X-\mu)^3]$$
$$= \sum_{i=0}^{3}\binom{3}{i}[-E(X)]^i E(X^{3-i})$$
$$= E(X^3) - 3E(X)E(X^2) + 3[E(X)]^2 E(X) - [E(X)]^3$$
$$= E(X^3) - 3E(X)E(X^2) + 2[E(X)]^3$$

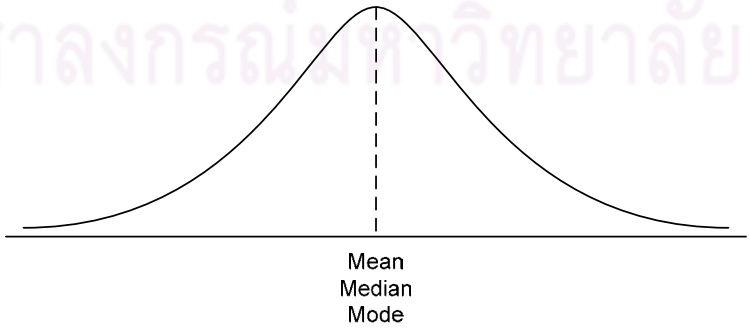
โมเมนต์ที่ 4 รอบค่าเฉลี่ย μ $(a=\mu, r=4)$ ใช้สัญลักษณ์

$$\mu_4 = E[(X-\mu)^4]$$
$$= \sum_{i=0}^{4}\binom{4}{i}[-E(X)]^i E(X^{4-i})$$
$$= E(X^4) - 4E(X)E(X^3) + 6[E(X)]^2 E(X^2) - 4[E(X)]^3 E(X) + [E(X)]^4$$
$$= E(X^4) - 4E(X)E(X^3) + 6[E(X)]^2 E(X^2) - 3[E(X)]^4$$

การวัดรูปร่างของการแจกแจงเราจะสนใจใน 2 ลักษณะ คือ การวัดความเบ้และความโด่ง

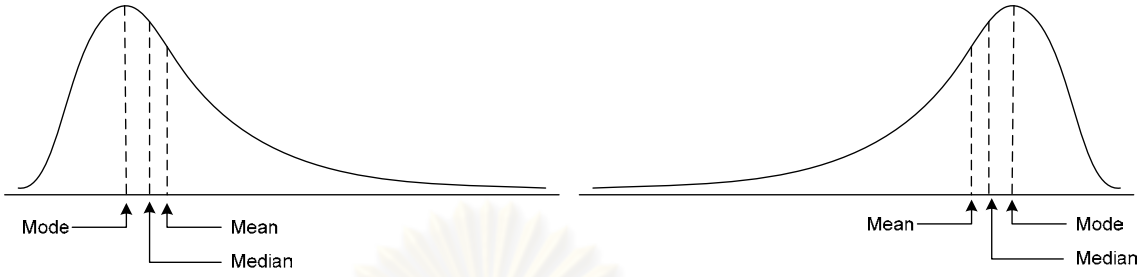
2.1.2 **ความเบ้** (skewness)

ประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงแบบสมมาตร เส้นโค้งของการแจกแจงจะมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำสมมาตรที่ค่าเฉลี่ย นั่นคือ เส้นโค้งทางด้านขวาและทางด้านซ้ายจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ค่าเฉลี่ย(mean) ค่ามัธยฐาน(median) และค่าฐานนิยม(mode) จะมีค่าเท่ากันหรือทับกันสนิท ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงเส้นโค้งของการแจกแจงแบบสมมาตร

ส่วนประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงแบบไม่สมมาตร เส้นโค้งที่ได้จากการแจกแจงจะมีลักษณะเบ้ไปข้างใดข้างหนึ่ง ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าฐานนิยม จะมีค่าต่างกัน ดังรูปที่ 2.2



(ก) เบ้ขวา (ข) เบ้ซ้าย

รูปที่ 2.2 แสดงเส้นโค้งของการแจกแจงแบบไม่สมมาตร

จากรูปที่ 2.2(ก) จะเห็นได้ว่าประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวาเพราะพื้นที่ใต้เส้นโค้งทางด้านขวาของค่าฐานนิยมมีมากกว่าพื้นที่ใต้เส้นโค้งทางด้านซ้ายของค่าฐานนิยม และในรูปที่ 2.2(ข) ประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายเพราะพื้นที่ใต้เส้นโค้งทางด้านซ้ายของค่าฐานนิยมมีมากกว่าพื้นที่ใต้เส้นโค้งทางด้านขวาของค่าฐานนิยม

การวัดความเบ้ (measure of skewness) หรือการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ จะใช้การวัดความเบ้โดยวิธีโมเมนต์(moment) มีสูตรดังนี้

$$\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = \frac{E[(X-\mu)^3]}{[Var(X)]^{3/2}}$$

เมื่อ μ_3 แทน โมเมนต์ที่ 3 รอบค่าเฉลี่ย μ

σ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประชากร เท่ากับ $\sqrt{Var(X)} = \sqrt{E(X-\mu)^2}$

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของประชากรสามารถประมาณได้จากข้อมูลตัวอย่าง มีสูตรดังนี้

$$\hat{\alpha}_3 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}}$$

เมื่อ m_2 แทน $\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n}$

m_3 แทน $\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^3}{n}$

การวัดความเบ้ด้วยโมเมนต์ที่ 3 จะให้ค่าต่าง ๆ กัน ดังนี้

การแจกแจงสมมาตร ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้จะมีค่าเป็นศูนย์

การแจกแจงเบ้ขวา ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้จะมีค่าเป็นบวก

การแจกแจงเบ้ซ้าย ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้จะมีค่าเป็นลบ

2.1.3 **ความโด่ง** (kurtosis)

การวัดความโด่ง คือ การวัดเส้นโค้งว่ามีความโด่งมากน้อยเพียงใดจากเส้นโค้งปกติ เส้นโค้งใดที่โด่งผิดจากเส้นโค้งปกติก็นับเป็นเส้นโค้งไม่ปกติทั้งสิ้น แม้จะเป็นรูปที่สมมาตรก็ตาม ความโด่งของการแจกแจงของประชากรมี 3 ลักษณะดังนี้

เส้นโค้งที่มีความโด่งเป็นปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Mesokurtic

เส้นโค้งที่แบนราบกว่าปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Platykurtic

เส้นโค้งที่โด่งกว่าปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Leptokurtic

การวัดความโด่ง (measure of kurtosis) หรือการหาค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง จะใช้การวัดความโด่ง โดยวิธีโมเมนต์(moment) มีสูตรดังนี้

$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} = \frac{E[(X-\mu)^4]}{[Var(X)]^2}$$

เมื่อ μ_4 แทน โมเมนต์ที่ 4 รอบค่าเฉลี่ย μ

σ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประชากร เท่ากับ $\sqrt{Var(X)} = \sqrt{E(X-\mu)^2}$

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งของประชากรสามารถประมาณได้จากข้อมูลตัวอย่าง มีสูตรดังนี้

$$\hat{\alpha}_4 = \frac{m_4}{m_2^{\,2}}$$

เมื่อ m_2 แทน $\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n}$

m_4 แทน $\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^4}{n}$

การวัดความโด่งด้วยโมเมนต์ที่ 4 จะให้ค่าต่าง ๆ กัน ดังนี้

ถ้า $\alpha_4 = 3$ แสดงว่าเส้นโค้งมีความโด่งเป็นปกติ (Mesokurtic)

ถ้า $\alpha_4 < 3$ แสดงว่าเส้นโค้งมีลักษณะแบนราบกว่าปกติ (Platykurtic)

ถ้า $\alpha_4 > 3$ แสดงว่าเส้นโค้งมีลักษณะโด่งกว่าปกติ (Leptokurtic)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์

Ramberg Dudewicz Tadikamalla และ Mykytka (1979) ได้เสนอวิธีการสร้างตัวแปรสุ่มที่ขึ้นอยู่กับความเบ้ (skewness: α_3) และความโด่ง (kurtosis: α_4) โดยกำหนดให้ X เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่องที่มีการแจกแจงที่เรียกว่า การแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ โดยกำหนดการแจกแจงจาก ค่าพารามิเตอร์ 4 ค่า ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเบ้และค่าความโด่ง ดังนี้

$$X = R(p) = \lambda_1 + \frac{p^{\lambda_3} - (1-p)^{\lambda_4}}{\lambda_2} \quad ; \quad 0 \le p \le 1$$

เมื่อ p แทน เลขสุ่มที่มีค่าอยู่ในช่วง $[0,1]$

λ_1 แทน พารามิเตอร์กำหนดตำแหน่ง (location parameter)

λ_2 แทน พารามิเตอร์กำหนดขนาด (scale parameter)

λ_3, λ_4 แทน พารามิเตอร์กำหนดรูปร่าง (shape parameter)

ฟังก์ชันความหนาแน่น คือ

$$f(x) = f(R(p))$$

$$= \frac{\lambda_2}{\lambda_3 p^{\lambda_3 - 1} + \lambda_4 (1-p)^{\lambda_4 - 1}} \quad ; \quad 0 \le p \le 1$$

คุณสมบัติของการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ มีดังนี้

1. ค่าคาดหวัง $E(x) = \lambda_1 + \frac{A}{\lambda_2}$

2. ค่าความแปรปรวน $V(x) = \frac{B - A^2}{\lambda_2^2}$

3. ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ $\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$

4. ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง $\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4}$

เมื่อ $\mu_3 = E(X-\mu)^3 = \frac{C - 3AB + 2A^3}{\lambda_2^3}$

$$\mu_4 = E(X-\mu)^4 = \frac{D - 4AC + 6A^2B - 3A^4}{\lambda_2^4}$$

$$A = \frac{1}{1+\lambda_3} - \frac{1}{1+\lambda_4}$$

$$B = \frac{1}{1+2\lambda_3} + \frac{1}{1+2\lambda_4} - 2\beta(1+\lambda_3, 1+\lambda_4)$$

$$C = \frac{1}{1+3\lambda_3} - 3\beta(1+2\lambda_3, 1+\lambda_4) + 3\beta(1+\lambda_3, 1+2\lambda_4) - \frac{1}{1+3\lambda_4}$$

$$D = \frac{1}{1+4\lambda_3} - 4\beta(1+3\lambda_3, 1+\lambda_4) + 6\beta(1+2\lambda_3, 1+2\lambda_4) - 4\beta(1+\lambda_3, 1+3\lambda_4) + \frac{1}{1+4\lambda_4}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าพารามิเตอร์ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับค่าความเบ้และค่าความโด่งซึ่งดูได้จากตารางของ Ramberg โดยที่ค่าพารามิเตอร์ในตารางเป็นค่าของการแจกแจงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ถ้าต้องการให้การแจกแจงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 สามารถแปลงค่า λ_1 และ λ_2 ดังนี้

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

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

นอกจากนี้ตาราง Ramberg แสดงค่าพารามิเตอร์เฉพาะกรณีการแจกแจงแบบเบ้ขวา สำหรับกรณีการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายสามารถทำได้โดยการสลับค่าพารามิเตอร์ λ_3 และ λ_4

2.3 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มีปัจจัยทดลองและปัจจัยบล็อกคงที่ แผนแบบทดลองนี้ใช้สำหรับกรณีที่มีอิทธิพลจากปัจจัยสองปัจจัยมากระทำต่อหน่วยทดลอง โดยที่ปัจจัยหนึ่งเป็นปัจจัยที่สนใจศึกษา แต่อีกปัจจัยหนึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องควบคุม ซึ่งผู้ทดลองสามารถแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่มตามประเภท โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้หน่วยทดลองที่อยู่ภายในบล็อกเดียวกัน มีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด(Homogeneous) และหน่วยทดลองที่อยู่ต่างบล็อกกันจะมีความแตกต่างกันมากที่สุด กล่าวคือ ทำให้หน่วยทดลองในบล็อกเดียวกันมีความแปรผันน้อยที่สุด หน่วยทดลองที่อยู่ต่างบล็อกกันมีความแปรผันมากที่สุด ก่อนที่จะให้ทรีทเมนต์กับหน่วยทดลอง เพื่อขจัดอิทธิพลของบล็อกต่อหน่วยทดลองในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลของทรีทเมนต์ ในกรณีนี้ถือว่ามีการกำหนดทรีทเมนต์และบล็อกไว้แล้วอย่างชัดเจน

สำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์อิทธิพลแบบคงที่ มีตัวแบบเชิงสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \qquad ; i = 1,2,3,...,t$$

$$j = 1,2,3,...,b$$

โดยที่ $\mu_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j$

เมื่อ Y_{ij} แทน ค่าสังเกตของการทดลองจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j

μ แทน พารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยรวม

τ_i แทน พารามิเตอร์อิทธิพลของทรีทเมนต์ i

β_j แทน พารามิเตอร์อิทธิพลของบล็อกที่ j

ε_{ij} แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลองจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะข้อมูลในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์อิทธิพลแบบคงที่

บล็อก	สิ่งทดลอง $i=1,2,3,...,t$					รวม	ค่าเฉลี่ย
$j=1,2,3,...,b$	1	2	3	…	t	$(y_{.j})$	$(\bar{y}_{.j})$
1	y_{11}	y_{21}	y_{31}	$\cdots$	y_{t1}	$y_{.1}$	$\bar{y}_{.1}$
2	y_{12}	y_{22}	y_{32}	$\cdots$	y_{t2}	$y_{.2}$	$\bar{y}_{.2}$
⋮			⋮			⋮	⋮
b	y_{1b}	y_{2b}	y_{3b}	$\cdots$	y_{tb}	$y_{.b}$	$\bar{y}_{.b}$
รวม $(y_{i.})$	$y_{1.}$	$y_{2.}$	$y_{3.}$	$\cdots$	$y_{t.}$	$y_{..}$	
ค่าเฉลี่ย $(\bar{y}_{i.})$	$\bar{y}_{1.}$	$\bar{y}_{2.}$	$\bar{y}_{3.}$	$\cdots$	$\bar{y}_{t.}$		$\bar{y}_{..}$

ตารางที่ 2.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์อิทธิพลแบบคงที่ เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

สาเหตุความแปรปรวน	องศาความเป็นอิสระ	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F
ทรีทเมนต์	$t-1$	$b\sum_{i=1}^{t}(\bar{y}_{i.}-\bar{y})^2$	$MSTr=\frac{SSTr}{t-1}$	$\frac{MSTr}{MSE}$
บล็อก	$b-1$	$t\sum_{j=1}^{b}(\bar{y}_{.j}-\bar{y})^2$	$MSB=\frac{SSB}{b-1}$	$\frac{MSB}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	$(t-1)(b-1)$	$\sum_{j=1}^{b}\sum_{i=1}^{t}(y_{ij}-\bar{y}_{i.}-\bar{y}_{.j}+\bar{y})^2$	$MSE=\frac{SSE}{(t-1)(b-1)}$	
ผลรวม	$tb-1$	$\sum_{j=1}^{b}\sum_{i=1}^{t}(y_{ij}-\bar{y})^2$		

สมมติฐาน

ถ้าต้องการทดสอบสมมติฐานว่า ปัจจัยทดลองมีอิทธิพลต่อค่าสังเกตสำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์อิทธิพลแบบคงที่ นั่นคือ ทดสอบว่า

$H_0: \mu_1=\mu_2=\mu_3=\ldots=\mu_t$

$H_1: not\ H_0$

หรือ $H_0: \tau_1=\tau_2=\tau_3=\ldots=\tau_t=0$ ≡ ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

$H_1: not\ H_0$

เกณฑ์การตัดสินใจ

ในการทดสอบจะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่า F จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ $(t-1),\ (t-1)(b-1)$ หรือจะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่า P-value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

2.4 **สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก**

2.4.1 **สถิติทดสอบ** Friedman

สถิติทดสอบ Friedman (Marascuilo และ McSweeney, 1977) เป็นสถิติที่ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงของประชากร ข้อมูลที่นำมาทดสอบจะต้องถูกจัดให้อยู่ในตารางแจกแจงสองทาง (Two-way Table) โดยรายละเอียดของการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

H_1 : มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ขั้นตอนในการทดสอบ

ให้ Y_{ij} เป็นค่าสังเกตของการทดลองจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j

$$i = 1,2,3,...,t$$

$$j = 1,2,3,...,b$$

1. จัดอันดับ (rank) ข้อมูลภายในบล็อกแต่ละบล็อกแยกจากกัน
2. หาผลรวมของอันดับในแต่ละทรีทเมนต์ (R_i)
3. คำนวณตัวสถิติจากสูตร

$$\chi^2 = \frac{12}{bt(t+1)}\sum_{i=1}^{t} R_i^2 - 3b(t+1)$$

เมื่อ t แทน จำนวนทรีทเมนต์

b แทน จำนวนบล็อก

R_i แทน ผลรวมของอันดับในทรีทเมนต์ i

เกณฑ์ในการตัดสินใจ

เมื่อ t=3, b=2 ถึง 15 และ t=4, b= 2 ถึง 8 เปิดตารางที่ ก.3 ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก และจะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่าสถิติ Friedman ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตารางที่ ก.3 ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก

เมื่อ t และ b มีค่ามากกว่าที่มีในตารางที่ ก.3 ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก จะใช้ตาราง Chi – square และจะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่าสถิติ Friedman ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง Chi-square ที่ระดับองศาความเป็นอิสระเท่ากับ t-1 หรือจะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่า P-value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

2.4.2 **สถิติทดสอบ** Van der Waerden Normal-Scores

แวน เดอ แวร์เดน เป็นผู้สร้างสถิติทดสอบนี้ขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1953 โดยใช้ค่า inverse-normal scores (Z_{ij}) แทนค่าที่ได้จากการสังเกต โดยมีรายละเอียดของการทดสอบดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

H_1 : มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ขั้นตอนในการทดสอบ

ให้ Y_{ij} เป็นค่าสังเกตของการทดลองจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j

$$i = 1,2,3,...,t$$

$$j = 1,2,3,...,b$$

1. แปลงคะแนนให้เป็น inverse-normal scores (Z_{ij}) โดย $r_{1j}, r_{2j}, r_{3j}, ..., r_{tj}$ เป็นค่าอันดับของคะแนนที่ได้มาจากการสังเกต และให้ p_{ij} เป็นเปอร์เซ็นไทล์แรงค์ (percentile rank) ซึ่งสัมพันธ์กับ normalized observation ในทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j จะได้ว่า

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\text{t+1}} = \phi(Z_{ij}) \qquad \text{เมื่อ t แทน จำนวนทรีทเมนต์}$$

$$\text{แล้ว } Z_{ij} = \phi^{-1}(p_{ij})$$

$$= \phi^{-1}\left(\frac{r_{ij}}{t+1}\right)$$

ซึ่งเราอาจจะคำนวณค่าของ Z_{ij} ได้โดยใช้สูตรนี้ หรือเปิดค่า Z_{ij} จากตารางที่ได้คำนวณค่า Z_{ij} เมื่อทราบค่า p_{ij} ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวกของ Marascuilo และ McSweeney (1977) หรือเมื่อทราบค่า r_{ij} สามารถคำนวณค่า Z_{ij} ได้ โดยเปิดตารางที่ ก.2 ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก

2. หาผลรวมของค่า Z_{ij} ในแต่ละทรีทเมนต์ (T_i)

3. คำนวณ

$$\sigma^2 = \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t} Z_{ij}^2$$

เมื่อ Z_{ij} แทน คะแนนมาตราฐานจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j

t แทน จำนวนทรีทเมนต์

4. คำนวณตัวสถิติจากสูตร

$$\chi^2 = \frac{t-1}{t}\sum_{i=1}^{t} \frac{T_i^2}{b\sigma^2}$$

เมื่อ b แทน จำนวนบล็อก

T_i แทน ผลรวมของค่า Z_{ij} ในทรีทเมนต์ i

เกณฑ์ในการตัดสินใจ

จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อค่าสถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง Chi-square ที่ระดับองศาความเป็นอิสระเท่ากับ t-1 หรือจะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่า P-value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

2.4.3 **สถิติทดสอบ** Median Aligned Rank

สถิติทดสอบ Median Aligned Rank ถูกคิดค้นขึ้นโดย Sen (Sen P.K., 1968) ได้ศึกษาและสร้างสถิติทดสอบนี้ขึ้น เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในการวิเคราะห์แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ซึ่งในการทดสอบนี้ได้เสนอวิธีการทดสอบโดยการปรับข้อมูลในแต่ละบล็อก จากนั้นทำการจัดอันดับข้อมูลรวมกันแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการทดสอบ ต่อมามีนักสถิติอีกท่านหนึ่ง Lehmann (2006) เกิดความสนใจศึกษาเพิ่มเติมแล้วได้เสนอตัวสถิติทดสอบในรูปแบบที่ง่ายขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบในรูปแบบที่ง่ายขึ้นของ Lehmann โดยรายละเอียดของการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

H_1 : มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ขั้นตอนในการทดสอบ

ให้ Y_{ij} เป็นค่าสังเกตของการทดลองจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j

$$i = 1,2,3,...,t$$

$$j = 1,2,3,...,b$$

1. คำนวณค่ามัธยฐานสำหรับบล็อกที่ j (θ_j)

2. ทำการปรับค่าสังเกต (y_{ij}) โดยนำค่ามัธยฐานสำหรับบล็อกที่ j (θ_j) หักออกจากแต่ละค่าสังเกตในบล็อกที่ j โดยทำการปรับค่าสังเกตเช่นเดียวกันนี้กับทุกบล็อก ดังนี้

$$o_{ij} = y_{ij} - \theta_j$$

เมื่อ o_{ij} แทน ค่าสังเกตที่ปรับค่าแล้ว

3. ให้อันดับ (rank) กับข้อมูลที่ปรับค่าแล้วรวมกันทั้งหมด โดยข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุดมีอันดับเป็น 1 ข้อมูลที่มีค่ามากขึ้นต่อมาเป็นอันดับ 2 และทำเช่นเดียวกันนี้กับข้อมูลทุกตัว ข้อมูลตัวสุดท้ายซึ่งมีค่ามากที่สุดให้มีอันดับเป็น $N(=tb)$

4. คำนวณตัวสถิติจากสูตร

$$Q = \frac{t-1}{\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{b}(R_{ij} - R_{.j})^2} \sum_{i=1}^{t}[bR_{i.} - \frac{1}{2}b(tb+1)]^2$$

เมื่อ t แทน จำนวนทรีทเมนต์

b แทน จำนวนบล็อก

R_{ij} แทน อันดับของค่าสังเกตที่ปรับค่าแล้วจากทรีทเมนต์ i บล็อกที่ j

$R_{i.}$ แทน ค่าเฉลี่ยอันดับของค่าสังเกตที่ปรับค่าแล้วจากทรีทเมนต์ i

$R_{.j}$ แทน ค่าเฉลี่ยอันดับของค่าสังเกตที่ปรับค่าแล้วจากบล็อกที่ j

เกณฑ์ในการตัดสินใจ

จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่าสถิติทดสอบ Median Aligned Rank ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง Chi-square ที่ระดับองศาความเป็นอิสระเท่ากับ t-1 หรือจะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่า P-value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติทดสอบ Friedman สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Median Aligned Rank ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับการวิเคราะห์แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยศึกษาค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม R โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Technique) ซึ่งได้กล่าวถึงวิธีการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ไว้ในบทที่ 2 ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีดำเนินการวิจัยตามรายละเอียด ดังนี้

3.1 แผนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ กำหนดสถานการณ์ต่างๆ เพื่อศึกษาค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบดังกล่าว โดยสร้างข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีระดับความเบ้ และความโด่งต่าง ๆ กัน 18 ลักษณะ โดยมีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25, 225 และ 625 สำหรับขนาดการทดลอง สามารถแบ่งตามจำนวนทรีทเมนต์และจำนวนบล็อก โดยที่กำหนดจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 5 และ 7 จำนวนบล็อกเป็น 5, 7 และ 9 ดังนั้นขนาดการทดลองทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ

(3, 5)	(3, 7)	(3, 9)
(5, 5)	(5, 7)	(5, 9)
(7, 5)	(7, 7)	(7, 9)

โดยที่ (3, 5) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 5

(3, 7) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 7

(3, 9) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 9

(5, 5) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 5

(5, 7) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 7

(5, 9) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 9

(7, 5) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 5

(7, 7) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 7

(7, 9) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 9

3.2 การจำลองข้อมูล

สร้างข้อมูล (y_{ij}) ให้เป็นไปตามแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ตามสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลจำลองข้อมูลให้มีการแจกแจงในระดับความเบ้ และความโด่งตามที่ต้องการโดยอาศัยการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ซึ่ง Ramberg, Dudewicz, Tadikamalla และ Mykytka (1979) ได้เสนอวิธีการสร้างตัวแปรสุ่มที่ขึ้นอยู่กับความเบ้ และความโด่งเพื่อการจำลองข้อมูล

กำหนดให้ X เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่องที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 แทนด้วย $X \sim Tukey's\ lambda\ (0,1)$ โดยที่ตัวแปรสุ่มจะถูกกำหนดจากค่าพารามิเตอร์ 4 ค่า ดังสมการ

$$X = \lambda_1(0,1) + \frac{p^{\lambda_3} - (1-p)^{\lambda_4}}{\lambda_2(0,1)} \quad ; \quad 0 \le p \le 1$$

เมื่อ p แทน เลขสุ่มที่มีค่าอยู่ในช่วง $[0,1]$

$\lambda_1(0,1)$ แทน พารามิเตอร์กำหนดตำแหน่ง (location parameter)

$\lambda_2(0,1)$ แทน พารามิเตอร์กำหนดขนาด (scale parameter)

λ_3, λ_4 แทน พารามิเตอร์กำหนดรูปร่าง (shape parameter)

สามารถหาค่า $\lambda_1(0,1), \lambda_2(0,1), \lambda_3$ และ λ_4 เมื่อ กำหนดระดับความเบ้และความโด่งต่าง ๆ จากตาราง Ramberg, Dudewicz, Tadikamalla และ Mykytka โดยที่ค่า $\lambda_1(0,1), \lambda_2(0,1)$ เป็นค่าสำหรับกรณีที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 แต่การวิจัยครั้งนี้ต้องการให้ข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\mu + \tau + \beta$ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 จะต้องแปลงค่า $\lambda_1(0,1), \lambda_2(0,1)$ จากตาราง ดังนี้

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

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

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1. สร้างอิทธิพลของทรีทเมนต์ให้แตกต่างกัน

2. สร้างอิทธิพลของบล็อกให้แตกต่างกัน

3. สร้างข้อมูล (y_{ij}) ให้เป็นไปตามแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ตามความเบ้และความโด่งที่กำหนด

4. คำนวณค่าสถิติทดสอบ Friedman สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Median Aligned Rank

5. คำนวณค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ สำหรับสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี

6. ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ สำหรับสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี

ซึ่งรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

1. สร้างอิทธิพลของทรีทเมนต์ให้แตกต่างกัน

สร้างอิทธิพลของทรีทเมนต์ภายใต้สถานการณ์ 2 สถานการณ์ ดังนี้

1.1 เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ โดยกำหนด τ_i ให้มีค่าเป็น 0 ทุกค่า

1.2 เมื่อพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ จำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ที่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และ $\sum_{i=1}^{t}\tau_i = 0$ โดยสร้างอิทธิพลของทรีทเมนต์ให้แตกต่างกันตามระดับความแตกต่าง (k) โดย τ_i ถูกสร้างจากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\tau_i = \frac{3.19k}{t}\cdot\left(i - \frac{t+1}{2}\right); \quad \begin{matrix} t = 3,5,7 \\ i = 1,2,\ldots,t \end{matrix}$$

เมื่อ k แทน การกำหนดระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพล จำแนกได้ 3 ระดับ ดังนี้

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย กำหนด $k \in (1,2)$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง กำหนด $k \in (3,4)$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลอยู่ในระดับมาก กำหนด $k \in (5,6)$

2. สร้างอิทธิพลของบล็อกให้แตกต่างกัน

สร้างอิทธิพลของบล็อกให้แตกต่างกัน และ $\sum_{j=1}^{b}\beta_j = 0$ โดยสร้างอิทธิพลของบล็อกให้แตกต่างกัน ตามระดับความแตกต่าง (k) โดย β_j ถูกสร้างจากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\beta_j = \frac{3.19k}{b}\cdot\left(j - \frac{b+1}{2}\right) \quad ; \begin{matrix} b = 5,7,9 \\ j = 1,2,\ldots,b \end{matrix}$$

เมื่อ k แทน การกำหนดระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพล โดย $k \in (3,6)$

3. สร้างข้อมูล (y_{ij}) ให้เป็นไปตามแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ตามความเบ้และความโด่งที่กำหนด

การสร้างข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\mu+\tau_i+\beta_j$ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 แทนด้วย $Y \sim Tukey's\ lambda(\mu+\tau_i+\beta_j,\sigma^2)$ ดังนี้

3.1 สร้างตัวแปรสุ่ม $P \sim U(0,1)$

3.2 คำนวณ $\lambda_1(\mu+\tau+\beta,\sigma^2)=\lambda_1(0,1)+(\mu+\tau+\beta)$ และ

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

3.3 สร้างข้อมูล (y_{ij}) ดังนี้

$$Y=\lambda_1(\mu+\tau+\beta,\sigma)+\frac{p^{\lambda_3}-(1-p)^{\lambda_4}}{\lambda_2(\mu+\tau+\beta,\sigma)} \quad ; \quad 0\le p\le 1$$

4. **คำนวณค่าสถิติทดสอบ** Friedman **สถิติทดสอบ** Van der Waerden Normal-Scores **และสถิติทดสอบ** Median Aligned Rank

รายละเอียดเกี่ยวกับการคำนวณค่าสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

5. **คำนวณค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบสำหรับสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี**

เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์มีค่าเป็น 0 ทุกค่าจะได้ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยหาจากสัดส่วนของจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0)

เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์มีบางค่าไม่เท่ากับ 0 จะได้ค่าอำนาจการทดสอบ โดยหาจากสัดส่วนของจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0)

6. **ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ สำหรับสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี**

พิจารณาค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาว่าสถิติทดสอบสามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้หรือไม่ โดยกำหนดให้ ξ เป็นค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ได้จากการทดลอง ถ้าค่า ξ ตกอยู่ในขอบเขตที่ระบุสำหรับ $\alpha=.05$ คือ ค่า ξ ต้องอยู่ในช่วง $[.025,.075]$ จะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

เมื่อผ่านเกณฑ์การควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จะทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ว่าวิธีใดมีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด

3.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

1. กำหนดขนาดการทดลอง

2. กำหนดการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และความโด่งที่ต้องการ

3. กำหนดค่าความแปรปรวนที่ต้องการ

4. กำหนดระดับอิทธิพลของทรีทเมนต์

5. กำหนดพารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยรวม (μ) สร้างอิทธิพลของทรีทเมนต์ (τ_i) โดยสร้างค่า (τ_i) ให้มีค่าเป็น 0 ทุกค่า เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และสร้างอิทธิพลของทรีทเมนต์ (τ_i) ให้มีค่าไม่เท่ากับ 0 ในบางค่า แต่ $\sum_{i=1}^{t}\tau_i = 0$ เพื่อพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ และสร้างอิทธิพลของบล็อก β_j ให้มีค่าไม่เท่ากับ 0 ในบางค่า แต่ $\sum_{j=1}^{b}\beta_j = 0$ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้เป็นบล็อกที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

6. สร้างข้อมูล (y_{ij}) ให้เป็นไปตามแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์

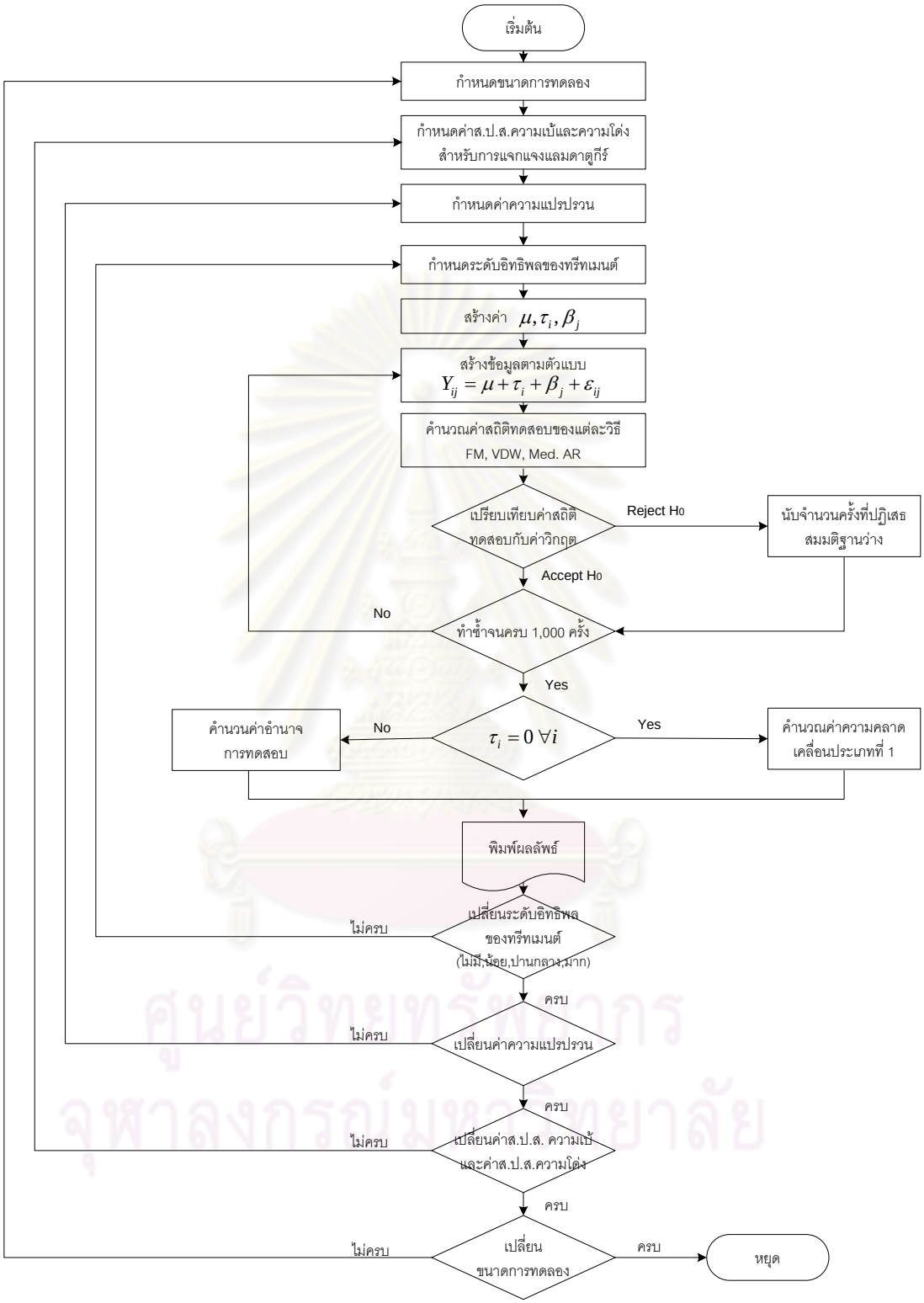
7. คำนวณค่าสถิติทดสอบของแต่ละวิธีแล้วนำค่าสถิติทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด เพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ทำซ้ำ 1, 000 ครั้ง นับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0)

7.1 เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์มีค่าเป็น 0 ทุกค่า จะได้ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยหารจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ด้วย 1, 000

7.2 เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์มีบางค่าไม่เท่ากับ 0 จะได้ค่าอำนาจการทดสอบโดยหารจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ด้วย 1, 000

8. เปลี่ยนค่าระดับอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งระดับอิทธิพลของทรีทเมนต์มี 4 ระดับ คือ ไม่มีอิทธิพลของทรีทเมนต์ มีอิทธิพลของทรีทเมนต์ระดับน้อย มีอิทธิพลของทรีทเมนต์ระดับปานกลาง และ มีอิทธิพลของทรีทเมนต์ระดับมาก จนครบทุกระดับที่ต้องการ โดยในแต่ละระดับจะสร้างข้อมูลซ้ำ ๆ กัน 1, 000 ครั้ง เปลี่ยนค่าความแปรปรวน ซึ่งค่าความแปรปรวนเป็น 25, 225 และ 625 จนครบทุกค่าที่ต้องการ โดยในแต่ละค่าจะสร้างข้อมูลซ้ำ ๆ กัน 1,000 ครั้ง เมื่อความแปรปรวนครบทุกค่าแล้ว เปลี่ยนลักษณะการแจกแจงจนครบทุกระดับความเบ้และความโด่งต่าง ๆ กันจนครบ 18 ลักษณะ จากนั้นเปลี่ยนขนาดการทดลองจนครบทุกขนาด โดยแต่ละขนาดการทดลองจะคำนวณค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบจนครบทุกสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา

จากขั้นตอนเหล่านี้สามารถสรุปเป็นผังงานได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังงานสำหรับการคำนวณค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติทดสอบ Friedman สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Median Aligned Rank ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับการวิเคราะห์แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยศึกษาค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ภายใต้สถานการณ์ดังต่อไปนี้

1. ขนาดของแผนการทดลอง คือ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 5 และ 7 จำนวนบล็อกเป็น 5, 7 และ 9

2. กำหนดค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) เท่ากับ 50 และ กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (C.V.) 3 ระดับ คือ 10%, 30% และ 50% จะได้ค่าความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 25, 225 และ 625 ตามลำดับ

3. ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้ 0.0, 0.2, 0.6, 1.0, 1.4 และ 1.8 แต่ละระดับความเบ้มีความโด่ง 3 ระดับ คือ น้อย ปานกลาง และมาก

4. ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ 3 ระดับ คือ น้อย ปานกลาง และมาก

5. กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา

1. ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาความเหมาะสมของตัวสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ในสถานการณ์ที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ของ Bradley ดังนี้

- ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะต้องมีค่าในช่วงปิด [.025, .075]

2. พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ นั่นคือ ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทดสอบทั้ง 3 วิธี ในสถานการณ์ที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น

การนำเสนอผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

4.1 ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

4.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิจัยมีดังนี้

FM หมายถึง สถิติทดสอบ Friedman

VDW หมายถึง สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores

Med. AR หมายถึง สถิติทดสอบ Median Aligned Rank

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 ค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7

ความโด่ง	ความแปรปรวน	จำนวนสถิติ บล็อก ทดสอบ	จำนวนทรีทเมนต์								
			3			5			7		
			5	7	9	5	7	9	5	7	9
3	25	FM	.045	.035	.051	.036	.033	.040	.031	.031	.048
		VDW	.045	.059	.060	.037	.034	.037	.026	.032	.051
		Med.AR	.040	.052	.049	.035	.035	.045	.030	.035	.044
	225	FM	.045	.027	.042	.033	.037	.037	.033	.043	.039
		VDW	.045	.051	.051	.032	.038	.034	.032	.046	.041
		Med.AR	.038	.045	.041	.036	.036	.043	.031	.037	.042
	625	FM	.035	.035	.038	.039	.049	.051	.025	.032	.037
		VDW	.035	.052	.046	.039	.051	.045	.026	.033	.041
		Med.AR	.034	.049	.035	.036	.042	.043	.023*	.032	.042
5	25	FM	.038	.028	.049	.035	.042	.053	.034	.032	.032
		VDW	.038	.058	.066	.038	.044	.048	.035	.032	.031
		Med.AR	.038	.049	.060	.034	.036	.052	.034	.029	.031
	225	FM	.044	.031	.046	.035	.032	.039	.040	.038	.042
		VDW	.044	.055	.055	.035	.034	.038	.039	.037	.038
		Med.AR	.045	.049	.043	.029	.036	.037	.037	.037	.035
	625	FM	.039	.024*	.055	.039	.044	.032	.030	.026	.049
		VDW	.039	.051	.067	.041	.048	.033	.028	.025	.053
		Med.AR	.033	.039	.057	.035	.043	.029	.026	.026	.049
7	25	FM	.037	.025	.047	.033	.050	.045	.048	.051	.035
		VDW	.037	.043	.058	.034	.055	.045	.046	.053	.033
		Med.AR	.036	.037	.046	.035	.043	.046	.037	.050	.033
	225	FM	.046	.031	.046	.032	.034	.043	.037	.042	.041
		VDW	.046	.051	.053	.035	.037	.044	.036	.046	.042
		Med.AR	.041	.046	.046	.028	.040	.038	.032	.034	.044
	625	FM	.039	.029	.041	.033	.048	.042	.031	.044	.051
		VDW	.039	.052	.048	.032	.050	.041	.028	.041	.051
		Med.AR	.033	.045	.041	.033	.040	.041	.021*	.041	.048

* หมายถึง กรณีสถิติทดสอบไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.1 พิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley สรุปผลได้ดังนี้

สถิติทดสอบ Friedman สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (3, 7) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 625

สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดทดลอง และทุกค่าความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7

สถิติทดสอบ Median Aligned Rank สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (7, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 625 และ กรณีที่ขนาดทดลองเป็น (7, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 625

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2

ความโด่ง	ความแปรปรวน	จำนวนสถิติบล็อก / ทดสอบ	จำนวนทรีทเมนต์								
			3			5			7		
			5	7	9	5	7	9	5	7	9
3.2	25	FM	.043	.029	.042	.037	.037	.043	.030	.043	.034
		VDW	.043	.046	.056	.040	.040	.040	.028	.040	.036
		Med.AR	.047	.041	.045	.036	.045	.044	.037	.039	.030
	225	FM	.046	.025	.048	.050	.029	.036	.040	.039	.044
		VDW	.046	.059	.054	.051	.030	.036	.040	.039	.045
		Med.AR	.040	.048	.035	.039	.029	.034	.032	.039	.040
	625	FM	.045	.023*	.054	.038	.038	.046	.028	.042	.034
		VDW	.045	.046	.062	.036	.039	.043	.028	.040	.036
		Med.AR	.040	.035	.042	.043	.043	.042	.031	.028	.033
5.2	25	FM	.041	.024*	.050	.039	.035	.047	.036	.041	.043
		VDW	.041	.049	.061	.040	.035	.047	.037	.038	.045
		Med.AR	.039	.039	.055	.036	.035	.045	.037	.043	.045
	225	FM	.047	.026	.046	.033	.039	.054	.043	.043	.040
		VDW	.047	.052	.052	.034	.040	.049	.044	.043	.044
		Med.AR	.031	.043	.035	.032	.038	.047	.038	.044	.040
	625	FM	.033	.029	.053	.038	.038	.053	.033	.046	.042
		VDW	.033	.063	.063	.040	.039	.055	.033	.039	.044
		Med.AR	.026	.047	.050	.035	.038	.046	.031	.037	.034
7.2	25	FM	.029	.025	.043	.025	.043	.044	.027	.034	.024*
		VDW	.029	.046	.057	.024*	.044	.042	.028	.033	.024*
		Med.AR	.025	.040	.044	.023*	.044	.038	.029	.029	.031
	225	FM	.041	.042	.057	.033	.036	.040	.040	.049	.044
		VDW	.041	.067	.065	.035	.041	.042	.040	.046	.041
		Med.AR	.039	.058	.049	.033	.046	.041	.033	.044	.042
	625	FM	.034	.032	.043	.042	.051	.049	.033	.037	.046
		VDW	.034	.063	.056	.046	.049	.046	.029	.036	.050
		Med.AR	.032	.053	.044	.041	.046	.041	.034	.034	.045

* หมายถึง กรณีสถิติทดสอบไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.2 พิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley สรุปผลได้ดังนี้

สถิติทดสอบ Friedman สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (3, 7) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 625 และ เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.2 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25 และ กรณีที่ขนาดทดลองเป็น (7, 9) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25

สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (5, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25 และกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (7, 9) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25

สถิติทดสอบ Median Aligned Rank สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (5, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6

ความโด่ง	ความแปรปรวน	จำนวนสถิติ บล็อก ทดสอบ	จำนวนทรีทเมนต์								
			3			5			7		
			5	7	9	5	7	9	5	7	9
3.6	25	FM	.038	.018*	.043	.032	.030	.039	.038	.032	.040
		VDW	.038	.043	.053	.033	.034	.036	.038	.032	.040
		Med.AR	.032	.032	.041	.035	.035	.040	.034	.026	.037
	225	FM	.040	.030	.042	.032	.043	.047	.024*	.038	.050
		VDW	.040	.051	.053	.030	.045	.044	.025	.036	.052
		Med.AR	.032	.041	.042	.032	.040	.037	.023*	.041	.048
	625	FM	.043	.024*	.055	.035	.032	.045	.036	.029	.034
		VDW	.043	.050	.071	.035	.036	.039	.035	.029	.033
		Med.AR	.039	.045	.055	.029	.041	.040	.034	.027	.028
5.6	25	FM	.039	.015*	.052	.035	.048	.043	.030	.051	.046
		VDW	.039	.034	.066	.038	.051	.042	.029	.050	.038
		Med.AR	.034	.025	.061	.040	.040	.034	.034	.046	.039
	225	FM	.034	.026	.046	.026	.042	.041	.039	.032	.041
		VDW	.034	.048	.053	.027	.045	.041	.030	.033	.041
		Med.AR	.029	.049	.041	.026	.042	.040	.031	.034	.042
	625	FM	.043	.026	.050	.040	.042	.033	.040	.041	.029
		VDW	.043	.054	.058	.042	.042	.036	.040	.040	.031
		Med.AR	.036	.043	.049	.040	.033	.034	.035	.042	.034
7.6	25	FM	.033	.034	.047	.033	.045	.056	.031	.044	.052
		VDW	.033	.058	.060	.036	.048	.056	.031	.044	.049
		Med.AR	.031	.048	.053	.033	.042	.056	.032	.040	.043
	225	FM	.029	.019*	.041	.024*	.039	.049	.042	.036	.041
		VDW	.029	.041	.053	.026	.040	.048	.041	.037	.043
		Med.AR	.026	.032	.045	.027	.041	.042	.030	.041	.043
	625	FM	.035	.041	.055	.035	.034	.026	.034	.029	.045
		VDW	.035	.060	.059	.032	.039	.026	.036	.032	.046
		Med.AR	.034	.055	.042	.030	.030	.027	.039	.030	.038

* หมายถึง กรณีสถิติทดสอบไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.3 พิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley สรุปผลได้ดังนี้

สถิติทดสอบ Friedman สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (3, 7) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25 และ 625 เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25 และ เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 225 กรณีที่ขนาดทดลองเป็น (5, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 225และ กรณีที่ขนาดทดลองเป็น (7, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 225

สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดทดลอง และทุกค่าความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6

สถิติทดสอบ Median Aligned Rank สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (7, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 225

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6

ความโด่ง	ความแปรปรวน	จำนวนสถิติ บล็อก ทดสอบ	จำนวนทรีทเมนต์								
			3			5			7		
			5	7	9	5	7	9	5	7	9
4.6	25	FM	.049	.029	.037	.038	.029	.040	.032	.037	.034
		VDW	.049	.053	.054	.039	.034	.041	.031	.037	.034
		Med.AR	.040	.047	.046	.037	.033	.040	.033	.043	.030
	225	FM	.046	.022*	.050	.041	.033	.052	.030	.037	.051
		VDW	.046	.045	.058	.041	.039	.048	.030	.039	.051
		Med.AR	.040	.043	.046	.035	.037	.046	.026	.041	.051
	625	FM	.031	.022*	.048	.037	.049	.051	.036	.047	.045
		VDW	.031	.049	.055	.037	.047	.052	.036	.046	.042
		Med.AR	.033	.048	.044	.041	.050	.041	.035	.046	.049
6.6	25	FM	.047	.027	.048	.026	.034	.048	.042	.032	.031
		VDW	.047	.046	.054	.028	.038	.049	.043	.029	.032
		Med.AR	.040	.044	.042	.020*	.038	.050	.042	.033	.033
	225	FM	.035	.036	.033	.029	.038	.056	.038	.038	.054
		VDW	.035	.067	.044	.032	.039	.052	.037	.034	.053
		Med.AR	.032	.048	.036	.031	.035	.054	.027	.034	.050
	625	FM	.040	.023*	.048	.036	.032	.038	.031	.045	.038
		VDW	.040	.050	.056	.037	.035	.034	.033	.039	.039
		Med.AR	.035	.038	.045	.030	.040	.034	.033	.043	.036
8.6	25	FM	.037	.035	.047	.038	.042	.051	.029	.040	.049
		VDW	.037	.063	.053	.037	.042	.049	.028	.040	.049
		Med.AR	.034	.051	.034	.034	.036	.048	.033	.034	.047
	225	FM	.040	.029	.055	.034	.045	.035	.038	.035	.039
		VDW	.040	.052	.065	.036	.044	.035	.039	.035	.042
		Med.AR	.035	.045	.045	.030	.045	.035	.039	.040	.042
	625	FM	.040	.023*	.052	.035	.028	.042	.040	.051	.033
		VDW	.040	.049	.065	.034	.027	.039	.039	.051	.036
		Med.AR	.034	.040	.052	.031	.030	.045	.038	.046	.039

* หมายถึง กรณีสถิติทดสอบไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.4 พิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley สรุปผลได้ดังนี้

สถิติทดสอบ Friedman สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (3, 7) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 225 และ 625 เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 625 และ เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 625

สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดทดลอง และทุกค่าความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6

สถิติทดสอบ Median Aligned Rank สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (5, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6.6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10

ความโด่ง	ความแปรปรวน	จำนวนสถิติ บล็อก ทดสอบ	จำนวนทรีทเมนต์								
			3			5			7		
			5	7	9	5	7	9	5	7	9
6	25	FM	.037	.022*	.038	.036	.046	.046	.030	.037	.037
		VDW	.037	.050	.048	.037	.047	.041	.035	.038	.042
		Med.AR	.034	.038	.030	.036	.048	.044	.020*	.037	.041
	225	FM	.038	.036	.043	.027	.038	.042	.034	.035	.049
		VDW	.038	.072	.050	.031	.041	.042	.032	.037	.051
		Med.AR	.032	.060	.040	.031	.034	.041	.032	.033	.055
	625	FM	.048	.028	.041	.043	.035	.037	.040	.043	.032
		VDW	.048	.046	.051	.044	.034	.037	.042	.044	.036
		Med.AR	.036	.039	.042	.042	.038	.032	.039	.035	.030
8	25	FM	.043	.029	.045	.035	.046	.048	.035	.044	.045
		VDW	.043	.059	.051	.037	.048	.047	.038	.045	.043
		Med.AR	.038	.043	.043	.036	.044	.042	.034	.042	.046
	225	FM	.040	.026	.046	.033	.044	.046	.053	.042	.032
		VDW	.040	.061	.059	.030	.046	.043	.051	.045	.032
		Med.AR	.035	.043	.049	.029	.045	.041	.046	.038	.035
	625	FM	.039	.029	.041	.043	.043	.036	.027	.029	.042
		VDW	.039	.047	.051	.042	.044	.035	.028	.031	.040
		Med.AR	.036	.049	.040	.035	.041	.034	.031	.029	.042
10	25	FM	.040	.025	.044	.050	.023*	.044	.044	.049	.046
		VDW	.040	.044	.055	.051	.027	.043	.042	.047	.042
		Med.AR	.037	.036	.040	.046	.028	.030	.040	.050	.039
	225	FM	.046	.029	.038	.036	.040	.046	.029	.033	.048
		VDW	.046	.060	.049	.036	.039	.042	.028	.033	.045
		Med.AR	.042	.043	.036	.032	.039	.044	.029	.035	.050
	625	FM	.047	.026	.046	.028	.045	.039	.037	.049	.039
		VDW	.047	.052	.052	.027	.050	.040	.037	.050	.039
		Med.AR	.045	.049	.036	.026	.049	.046	.038	.046	.039

* หมายถึง กรณีสถิติทดสอบไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.5 พิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley สรุปผลได้ดังนี้

สถิติทดสอบ Friedman สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (3, 7) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25 และ กรณีที่ขนาดทดลองเป็น (5, 7) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25

สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดทดลอง และทุกค่าความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10

สถิติทดสอบ Median Aligned Rank สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (7, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ 3 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12

ความโด่ง	ความแปรปรวน	จำนวนสถิติ บล็อก ทดสอบ	จำนวนทรีทเมนต์								
			3			5			7		
			5	7	9	5	7	9	5	7	9
8	25	FM	.032	.023*	.054	.037	.033	.039	.035	.037	.047
		VDW	.032	.057	.062	.037	.032	.042	.035	.037	.049
		Med.AR	.030	.041	.049	.042	.034	.039	.029	.036	.050
	225	FM	.056	.021*	.053	.046	.046	.047	.029	.043	.040
		VDW	.056	.046	.064	.048	.048	.047	.030	.043	.040
		Med.AR	.046	.033	.040	.039	.048	.043	.024*	.048	.042
	625	FM	.040	.032	.048	.034	.044	.040	.036	.049	.046
		VDW	.040	.048	.064	.035	.049	.039	.035	.046	.046
		Med.AR	.029	.040	.050	.039	.038	.042	.038	.043	.045
10	25	FM	.043	.024*	.046	.034	.034	.039	.044	.042	.030
		VDW	.043	.052	.053	.035	.033	.037	.042	.043	.034
		Med.AR	.039	.045	.044	.040	.032	.038	.038	.034	.037
	225	FM	.037	.035	.061	.034	.036	.025	.031	.033	.042
		VDW	.037	.052	.069	.033	.036	.025	.033	.034	.043
		Med.AR	.039	.042	.049	.039	.037	.036	.030	.029	.044
	625	FM	.043	.028	.035	.033	.041	.040	.047	.036	.051
		VDW	.043	.056	.046	.034	.043	.042	.048	.035	.052
		Med.AR	.036	.047	.034	.028	.042	.038	.042	.039	.044
12	25	FM	.046	.025	.046	.039	.035	.038	.029	.042	.036
		VDW	.046	.051	.055	.041	.039	.039	.030	.042	.035
		Med.AR	.045	.042	.040	.037	.039	.039	.031	.033	.045
	225	FM	.036	.022*	.048	.039	.041	.046	.030	.035	.036
		VDW	.036	.055	.059	.040	.041	.041	.029	.033	.037
		Med.AR	.032	.043	.043	.040	.046	.049	.030	.033	.043
	625	FM	.043	.033	.050	.036	.042	.032	.034	.034	.036
		VDW	.043	.053	.065	.036	.044	.032	.032	.033	.036
		Med.AR	.039	.051	.040	.032	.053	.027	.032	.037	.028

* หมายถึง กรณีสถิติทดสอบไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.6 พิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley สรุปผลได้ดังนี้

สถิติทดสอบ Friedman สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (3, 7) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25 และ 225 เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 25 และ เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 12 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 225

สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดทดลอง และทุกค่าความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12

สถิติทดสอบ Median Aligned Rank สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นกรณีที่ขนาดทดลองเป็น (7, 5) เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 โดยที่ความแปรปรวนเป็น 225

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
3	น้อย	FM	.075	.048	.043	.063	.039	.037	.170	.052	.056
		VDW	.075	.048	.043	.096	.064	.074	.186	.060	.062
		Med.AR	.071	.048	.042	.091	.058	.058	.181	.051	.051
	ปานกลาง	FM	.343	.075	.037	.382	.061	.031	.455	.102	.061
		VDW	.343	.075	.037	.495	.106	.063	.489	.115	.073
		Med.AR	.355	.073	.034	.525	.096	.049	.507	.101	.065
	มาก	FM	.627	.100	.072	.808	.112	.060	.934	.188	.085
		VDW	.627	.100	.072	.871	.182	.103	.940	.210	.098
		Med.AR	.657	.100	.069	.924	.177	.094	.968	.205	.083
5	น้อย	FM	.104	.039	.037	.070	.033	-	.228	.048	.055
		VDW	.104	.039	.037	.110	.054	.049	.268	.060	.067
		Med.AR	.107	.034	.030	.098	.047	.043	.259	.051	.054
	ปานกลาง	FM	.316	.072	.049	.367	.048	-	.564	.105	.074
		VDW	.316	.072	.049	.474	.087	.076	.590	.123	.085
		Med.AR	.326	.067	.044	.485	.077	.071	.604	.105	.075
	มาก	FM	.704	.111	.056	.839	.154	-	.940	.216	.104
		VDW	.704	.111	.056	.902	.226	.099	.947	.237	.122
		Med.AR	.743	.104	.056	.927	.229	.092	.968	.239	.097
7	น้อย	FM	.139	.033	.034	.078	.040	.038	.237	.055	.048
		VDW	.139	.033	.034	.120	.066	.069	.256	.068	.061
		Med.AR	.139	.032	.036	.113	.051	.054	.245	.052	.044
	ปานกลาง	FM	.274	.069	.049	.469	.077	.048	.529	.155	.073
		VDW	.274	.069	.049	.581	.113	.081	.550	.173	.096
		Med.AR	.288	.067	.044	.580	.117	.070	.560	.150	.081
	มาก	FM	.607	.091	.058	.742	.108	.065	.894	.237	.146
		VDW	.607	.091	.058	.844	.170	.099	.902	.276	.160
		Med.AR	.632	.089	.052	.857	.167	.097	.922	.260	.145

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.7 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

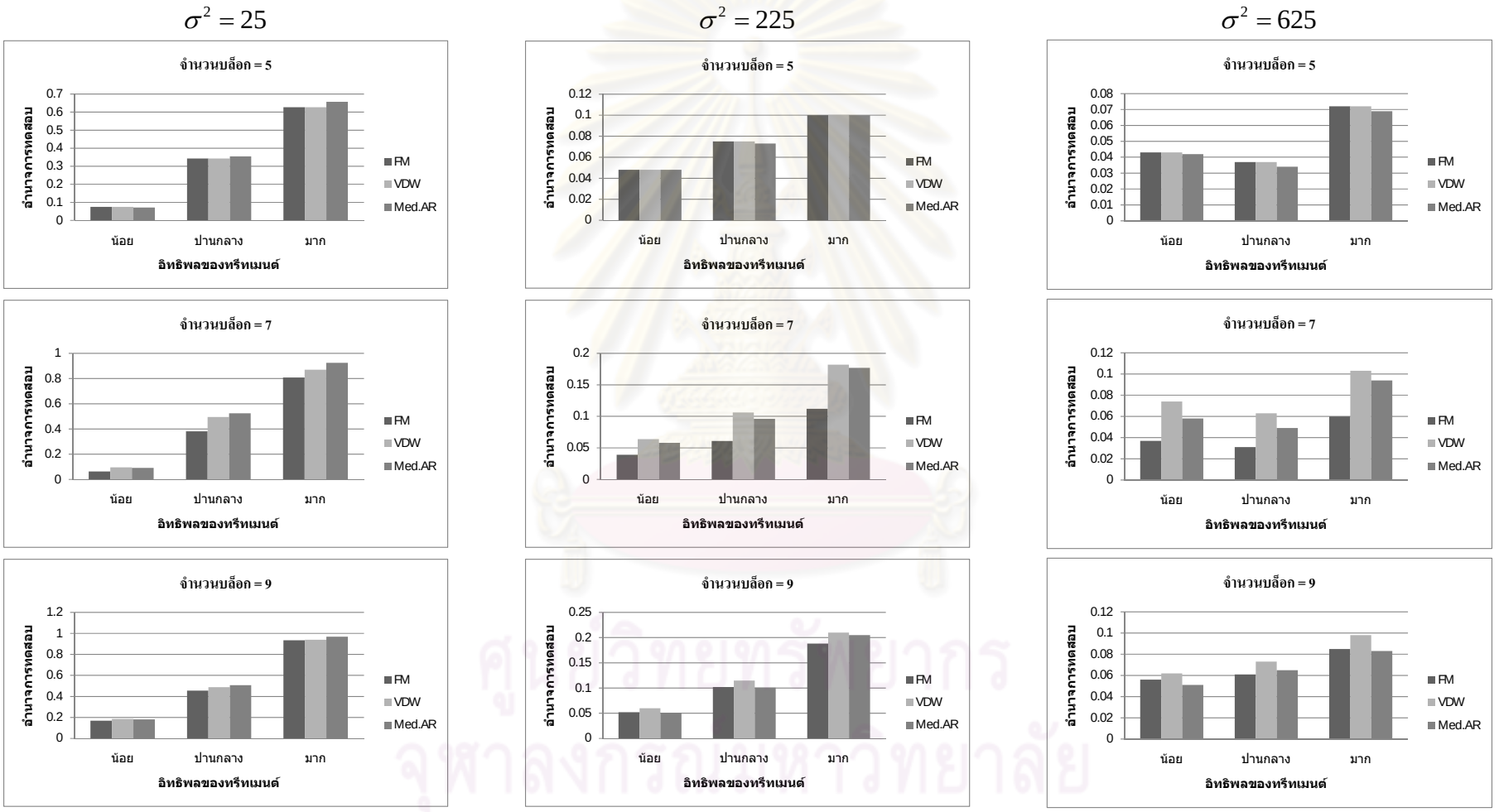
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

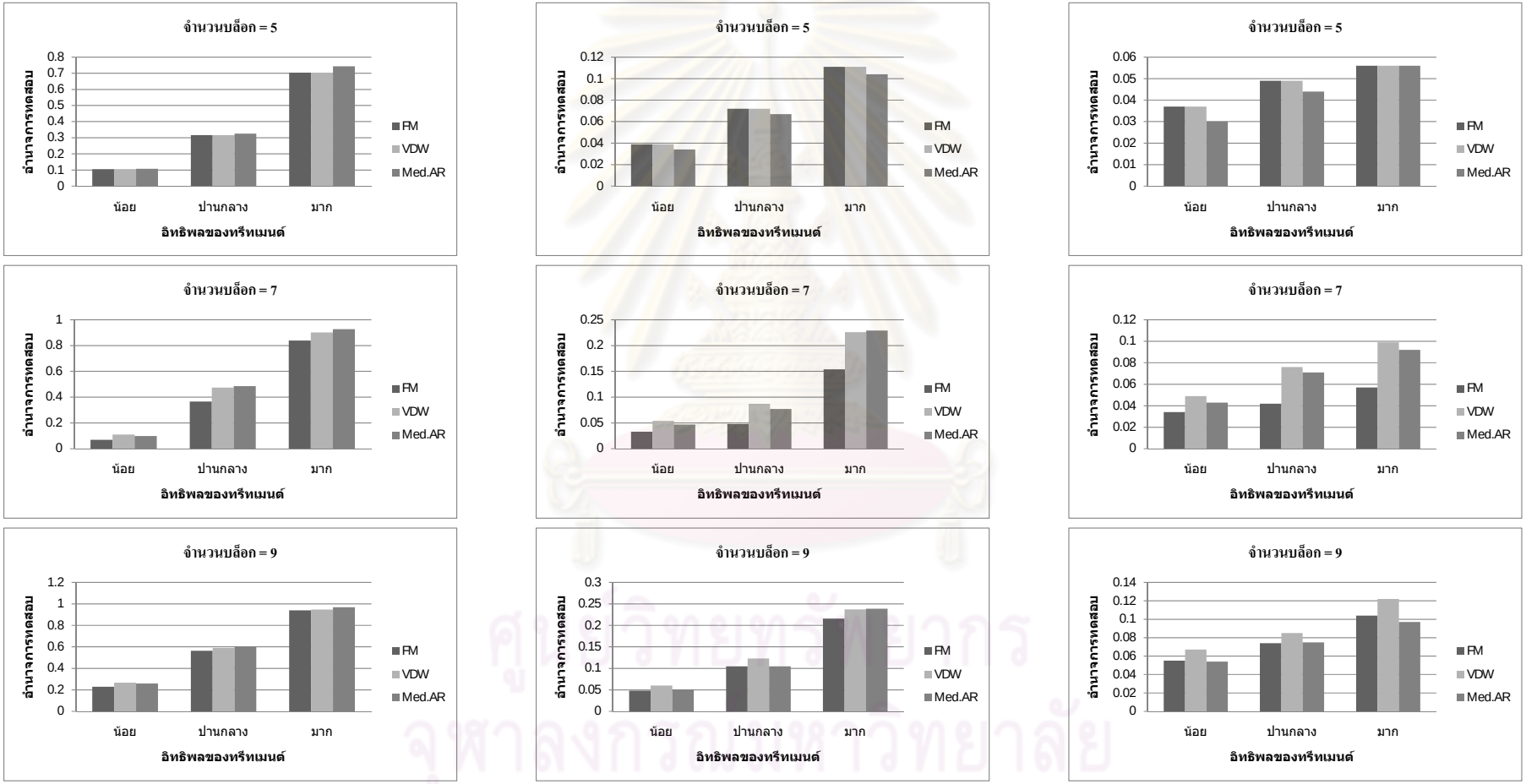
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

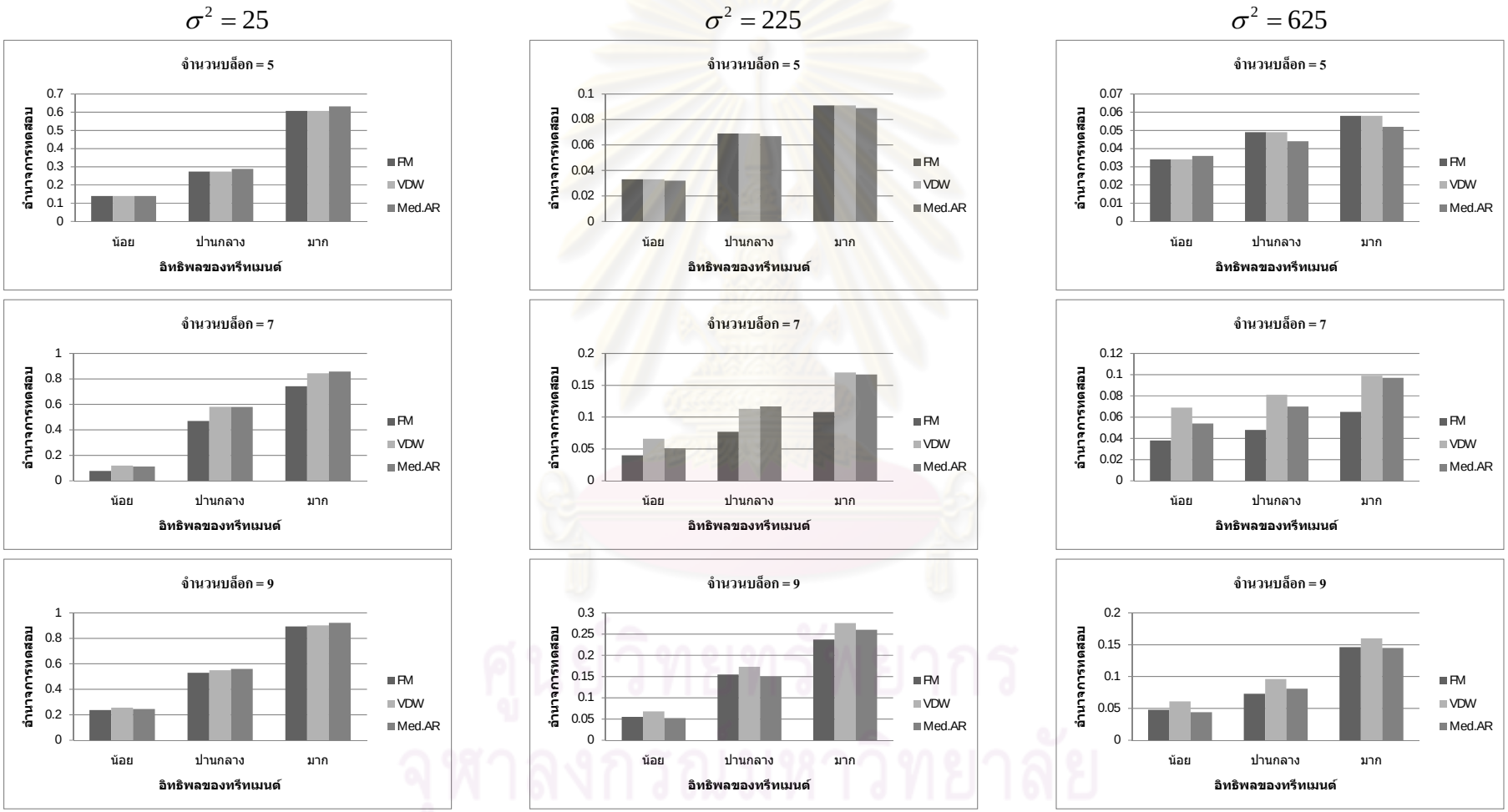
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
3	น้อย	FM	.059	.030	.041	.183	.039	.039	.174	.048	.047
		VDW	.062	.030	.041	.192	.042	.042	.172	.047	.049
		Med.AR	.066	.029	.037	.215	.037	.040	.187	.041	.047
	ปานกลาง	FM	.422	.081	.041	.639	.071	.069	.855	.153	.065
		VDW	.430	.085	.043	.645	.072	.070	.854	.151	.066
		Med.AR	.460	.075	.040	.692	.086	.063	.905	.170	.062
	มาก	FM	.888	.132	.074	.988	.156	.080	.999	.228	.095
		VDW	.888	.132	.075	.990	.159	.080	.999	.219	.092
		Med.AR	.919	.124	.074	.994	.176	.082	1.000	.244	.092
5	น้อย	FM	.104	.051	.037	.119	.066	.047	.382	.077	.047
		VDW	.106	.051	.040	.125	.071	.047	.372	.077	.046
		Med.AR	.098	.055	.043	.144	.059	.059	.402	.072	.048
	ปานกลาง	FM	.581	.063	.049	.738	.093	.052	.885	.169	.092
		VDW	.579	.065	.051	.739	.094	.053	.881	.164	.084
		Med.AR	.636	.067	.046	.803	.090	.068	.913	.157	.084
	มาก	FM	.883	.154	.072	.981	.219	.090	1.000	.314	.143
		VDW	.879	.157	.077	.981	.226	.094	1.000	.307	.134
		Med.AR	.918	.167	.074	.989	.240	.091	1.000	.325	.132
7	น้อย	FM	.092	.048	.033	.264	.061	.042	.208	.057	.043
		VDW	.089	.051	.034	.274	.055	.042	.206	.055	.039
		Med.AR	.090	.044	.037	.273	.056	.040	.212	.048	.036
	ปานกลาง	FM	.526	.077	.043	.691	.114	.058	.815	.161	.105
		VDW	.533	.073	.044	.696	.120	.060	.810	.161	.105
		Med.AR	.561	.079	.042	.736	.114	.067	.836	.164	.107
	มาก	FM	.880	.155	.074	.985	.223	.085	.992	.339	.122
		VDW	.883	.157	.076	.986	.226	.085	.992	.328	.119
		Med.AR	.900	.159	.069	.989	.241	.101	.997	.354	.113

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.8 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

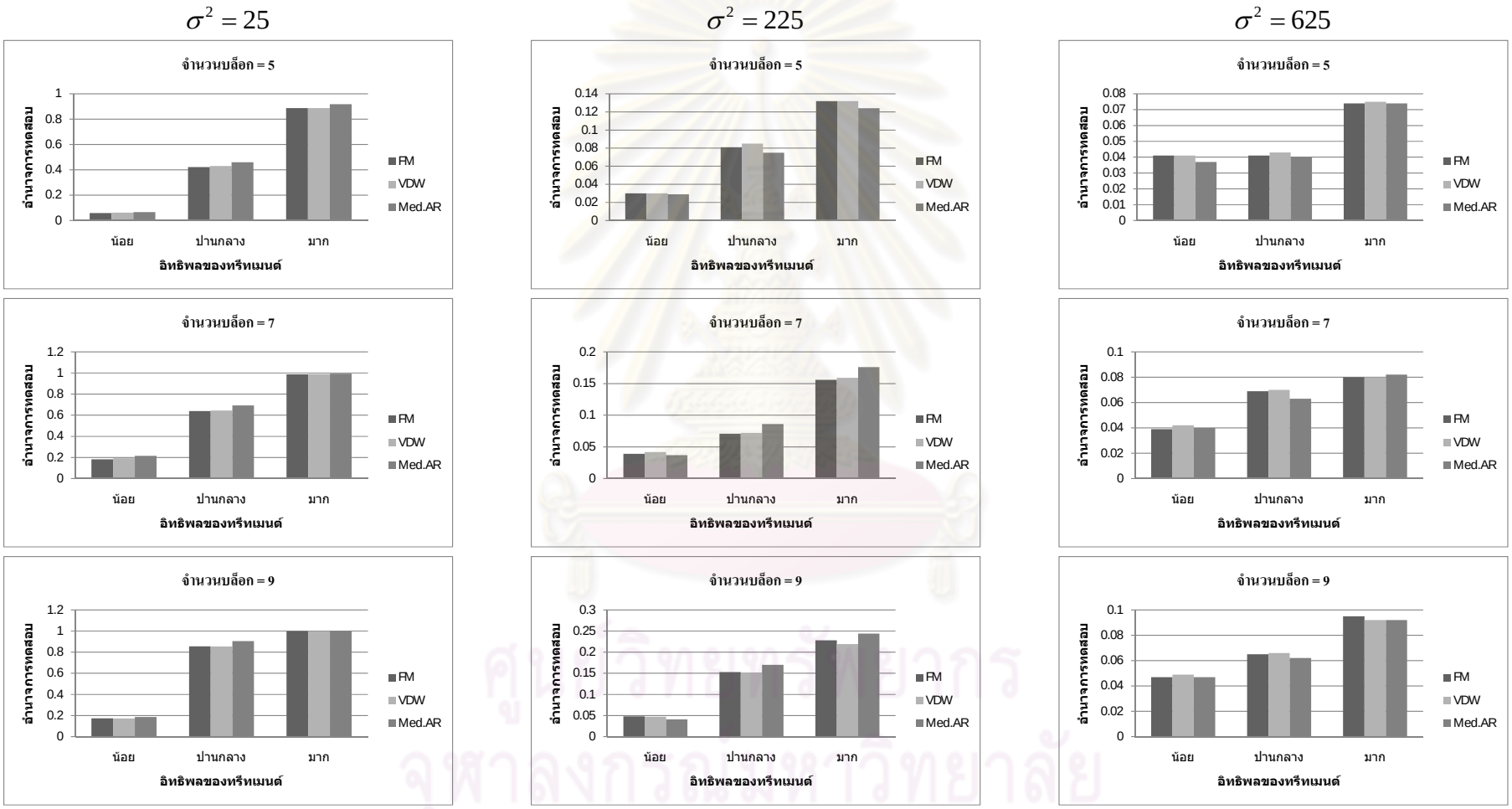
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

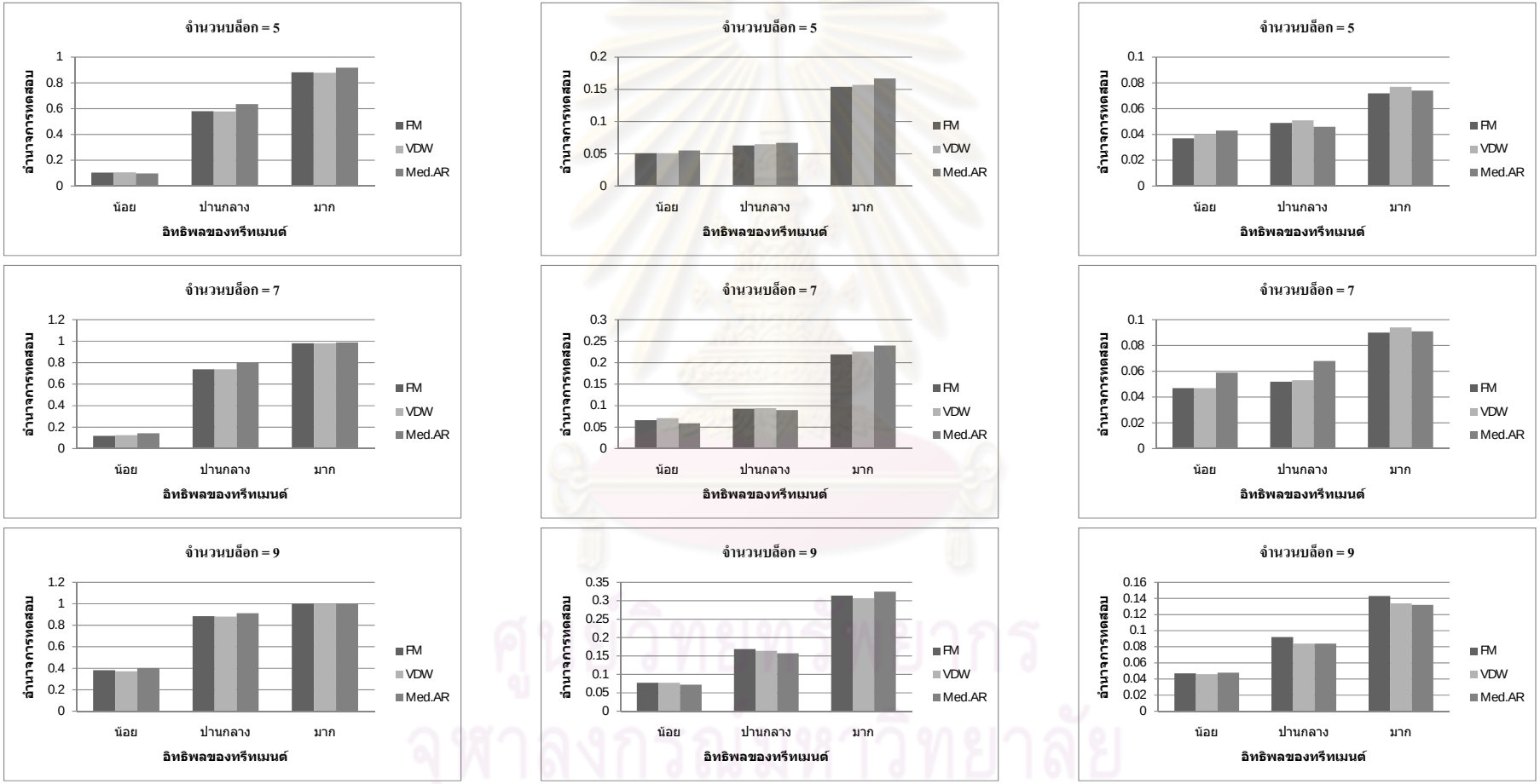
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

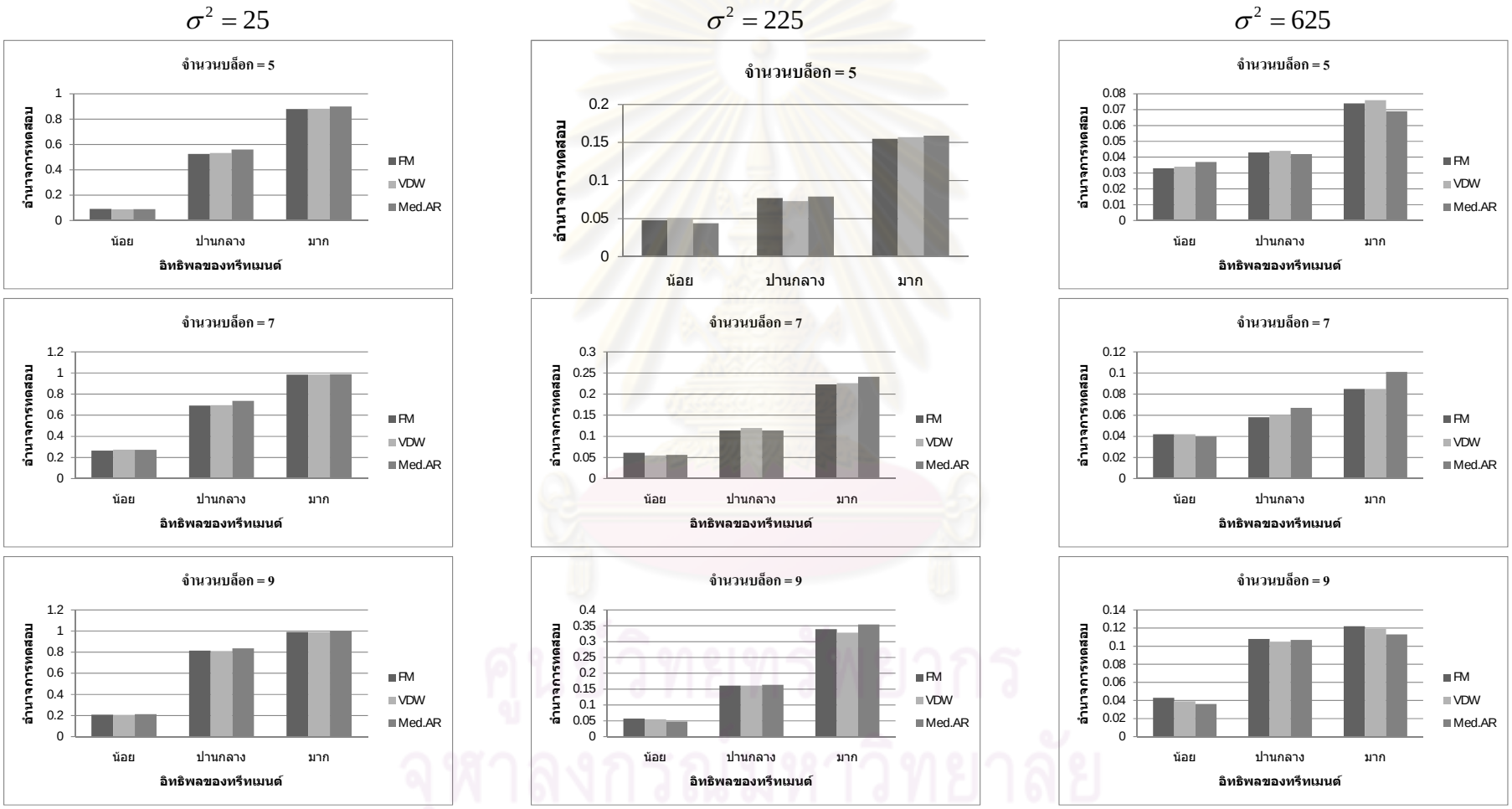
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
3	น้อย	FM	.116	.036	.043	.164	.038	.045	.301	.047	.050
		VDW	.116	.036	.044	.165	.038	.043	.299	.048	.048
		Med.AR	.110	.033	-	.176	.032	.042	.331	.054	.048
	ปานกลาง	FM	.585	.073	.053	.778	.109	.049	.858	.124	.070
		VDW	.579	.069	.056	.781	.108	.049	.854	.121	.065
		Med.AR	.614	.075	-	.808	.116	.047	.895	.120	.061
	มาก	FM	.959	.159	.066	.998	.261	.108	1.000	.293	.131
		VDW	.959	.154	.061	.998	.257	.110	1.000	.303	.138
		Med.AR	.981	.149	-	1.000	.267	.104	1.000	.313	.137
5	น้อย	FM	.093	.032	.027	.127	.061	.046	.219	.049	.044
		VDW	.087	.032	.025	.126	.062	.046	.217	.049	.047
		Med.AR	.095	.032	.020	.128	.061	.041	.229	.046	.046
	ปานกลาง	FM	.679	.059	.059	.923	.143	.066	.899	.173	.060
		VDW	.668	.064	.060	.920	.143	.063	.898	.170	.059
		Med.AR	.699	.063	.053	.936	.146	.069	.917	.176	.063
	มาก	FM	.960	.159	.107	.999	.256	.131	1.000	.445	.119
		VDW	.952	.156	.101	.999	.245	.126	1.000	.448	.114
		Med.AR	.976	.164	.098	1.000	.274	.139	1.000	.483	.128
7	น้อย	FM	.133	.036	.047	.178	.060	.042	.146	.056	.059
		VDW	.132	.034	.049	.185	.060	.043	.145	.058	.058
		Med.AR	.131	.028	-	.189	.056	.038	.148	.055	.056
	ปานกลาง	FM	.677	.081	.062	.944	.121	.074	.919	.206	.075
		VDW	.661	.077	.061	.943	.114	.071	.908	.198	.072
		Med.AR	.705	.076	-	.955	.132	.073	.938	.211	.075
	มาก	FM	.954	.184	.077	.997	.397	.117	1.000	.532	.182
		VDW	.947	.182	.076	.997	.379	.112	1.000	.519	.176
		Med.AR	.965	.192	-	.998	.404	.115	1.000	.565	.177

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.9 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3, 5 และ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

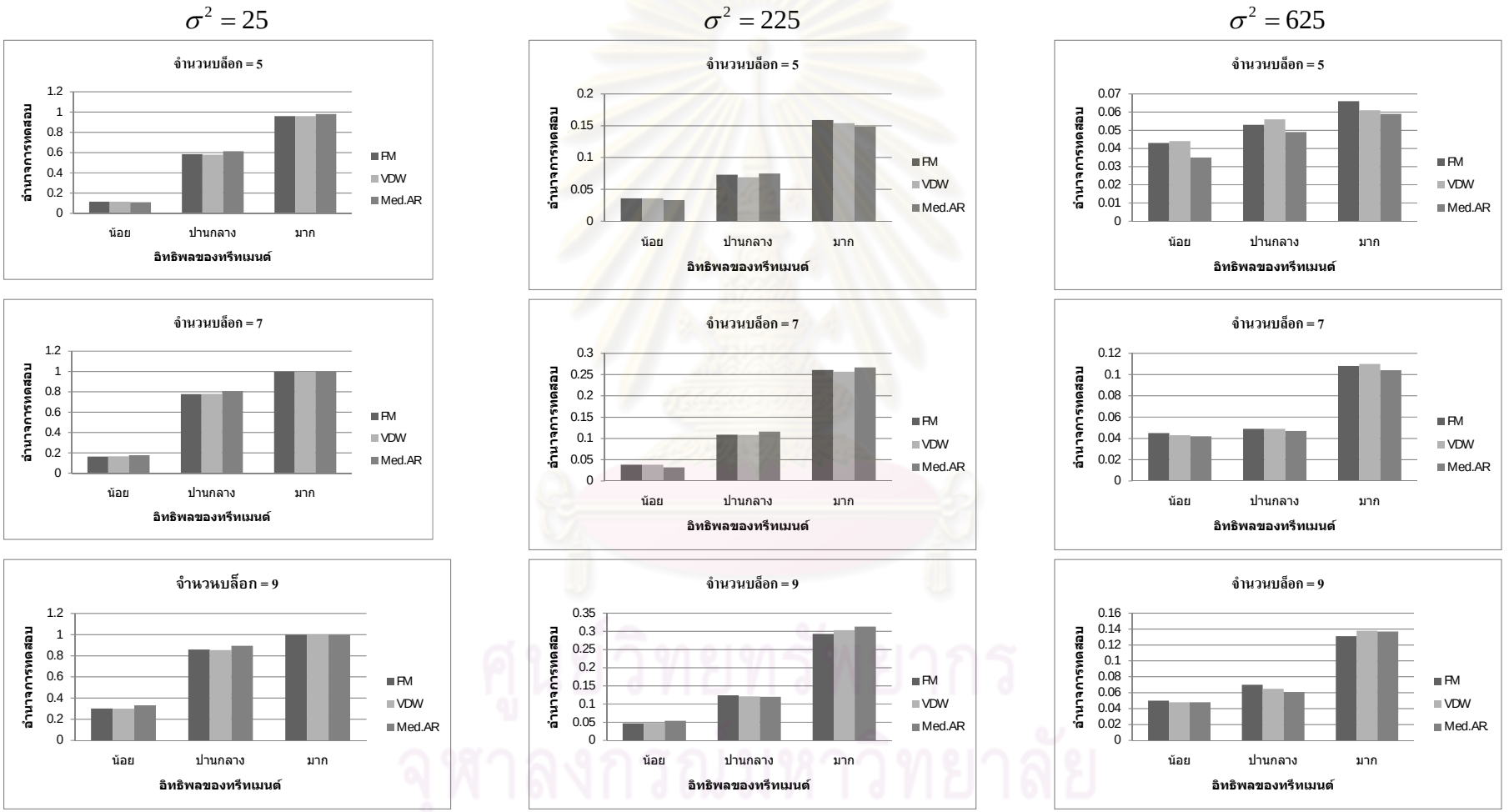
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

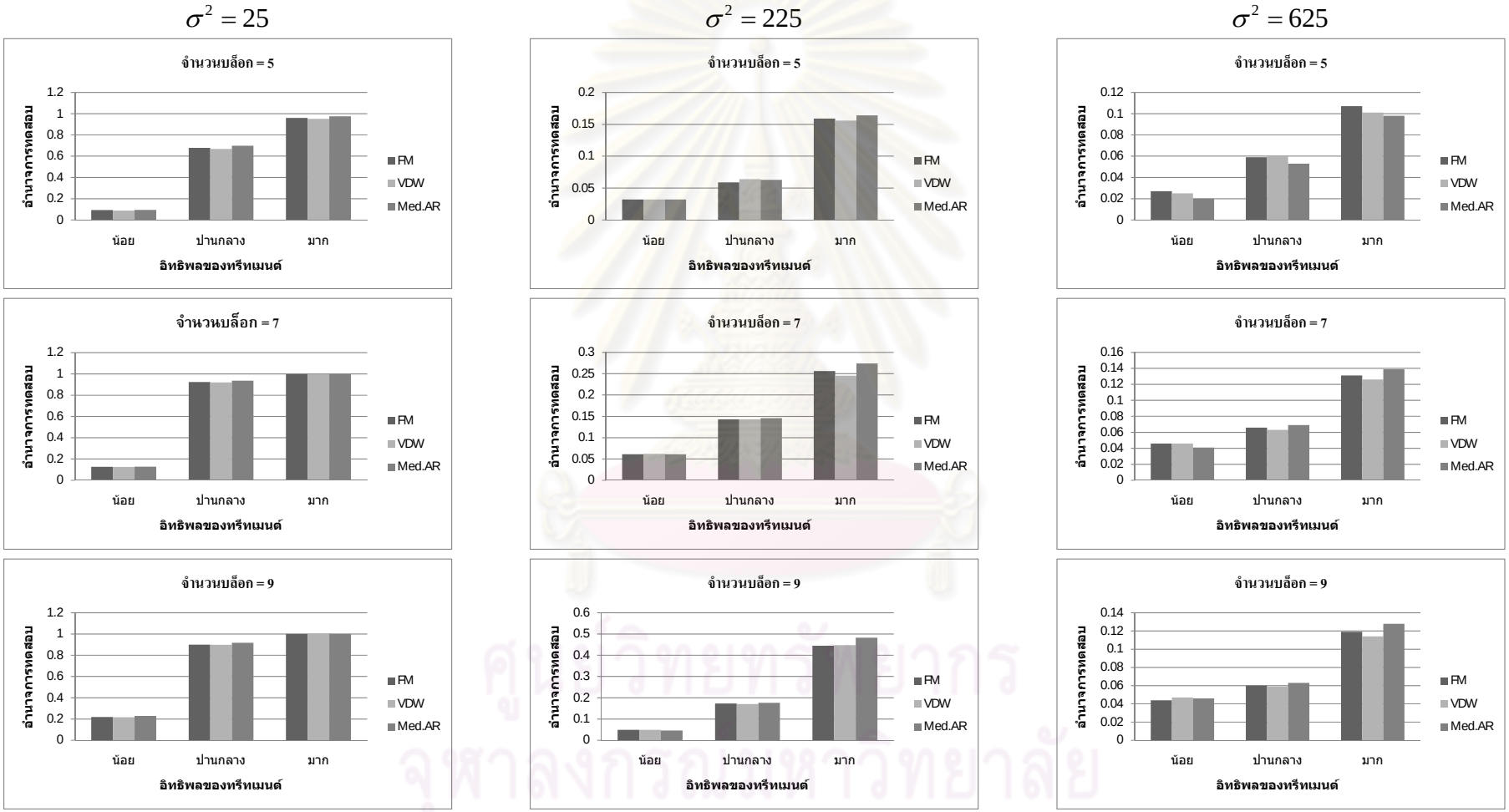
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7



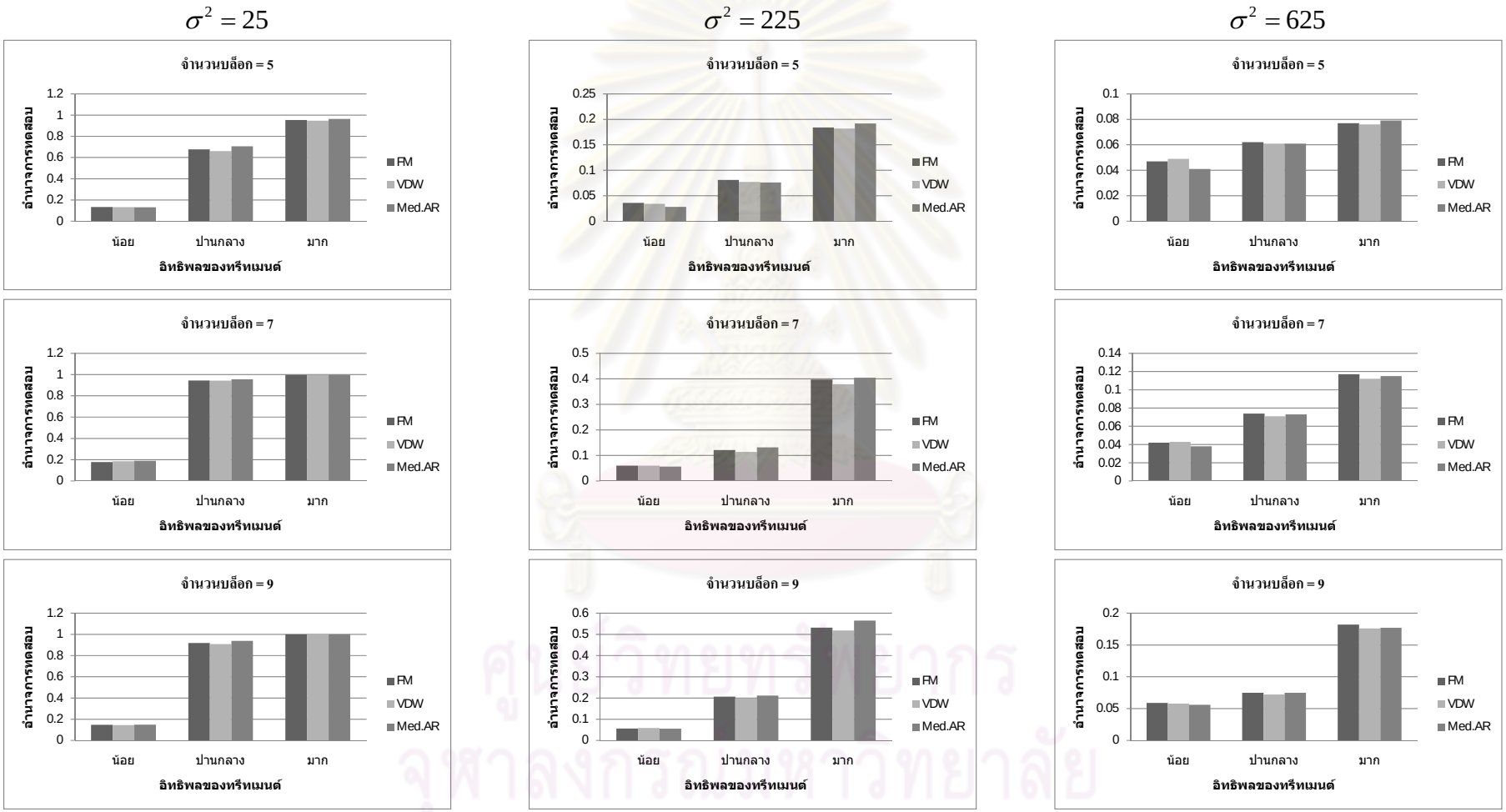
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
3.2	น้อย	FM	.055	.057	.043	.073	.032	-	.109	.047	.059
		VDW	.055	.057	.043	.111	.067	.046	.122	.055	.069
		Med.AR	.054	.060	.036	.098	.054	.039	.116	.052	.060
	ปานกลาง	FM	.385	.053	.050	.432	.048	-	.485	.096	.061
		VDW	.385	.053	.050	.558	.084	.069	.521	.118	.075
		Med.AR	.401	.050	.041	.577	.066	.054	.528	.094	.055
	มาก	FM	.628	.118	.056	.795	.104	-	.952	.182	.101
		VDW	.628	.118	.056	.869	.165	.094	.953	.206	.113
		Med.AR	.668	.121	.057	.909	.161	.091	.979	.197	.108
5.2	น้อย	FM	.137	.031	.043	-	.033	.031	.090	.060	.062
		VDW	.137	.031	.043	.144	.069	.058	.105	.067	.076
		Med.AR	.120	.032	.038	.142	.058	.050	.084	.057	.062
	ปานกลาง	FM	.372	.069	.041	-	.047	.043	.722	.113	.064
		VDW	.372	.069	.041	.546	.089	.083	.743	.128	.072
		Med.AR	.383	.074	.040	.558	.084	.066	.771	.119	.062
	มาก	FM	.638	.129	.059	-	.125	.052	.944	.235	.129
		VDW	.638	.129	.059	.866	.181	.085	.949	.264	.150
		Med.AR	.661	.124	.056	.894	.186	.077	.963	.262	.129
7.2	น้อย	FM	.084	.049	.040	.049	.034	.040	.121	.053	.040
		VDW	.084	.049	.040	.082	.058	.062	.139	.065	.046
		Med.AR	.078	.041	.038	.081	.051	.054	.119	.055	.040
	ปานกลาง	FM	.281	.069	.044	.477	.065	.043	.736	.143	.092
		VDW	.281	.069	.044	.609	.107	.075	.757	.159	.101
		Med.AR	.288	.063	.042	.622	.106	.063	.795	.143	.087
	มาก	FM	.560	.104	.058	.817	.124	.064	.949	.221	.119
		VDW	.560	.104	.058	.879	.195	.113	.955	.257	.139
		Med.AR	.586	.100	.055	.895	.177	.096	.965	.236	.118

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.10 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

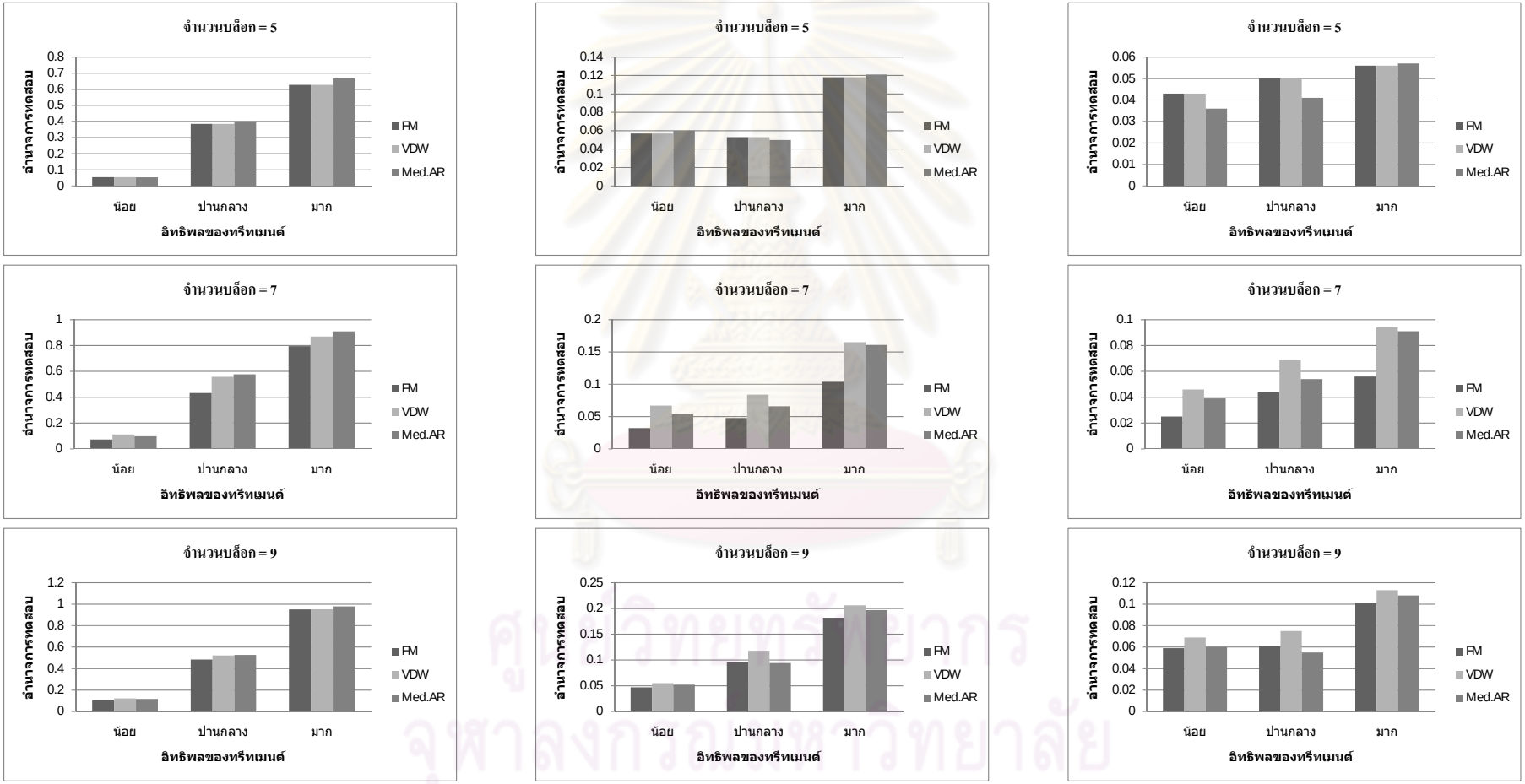
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

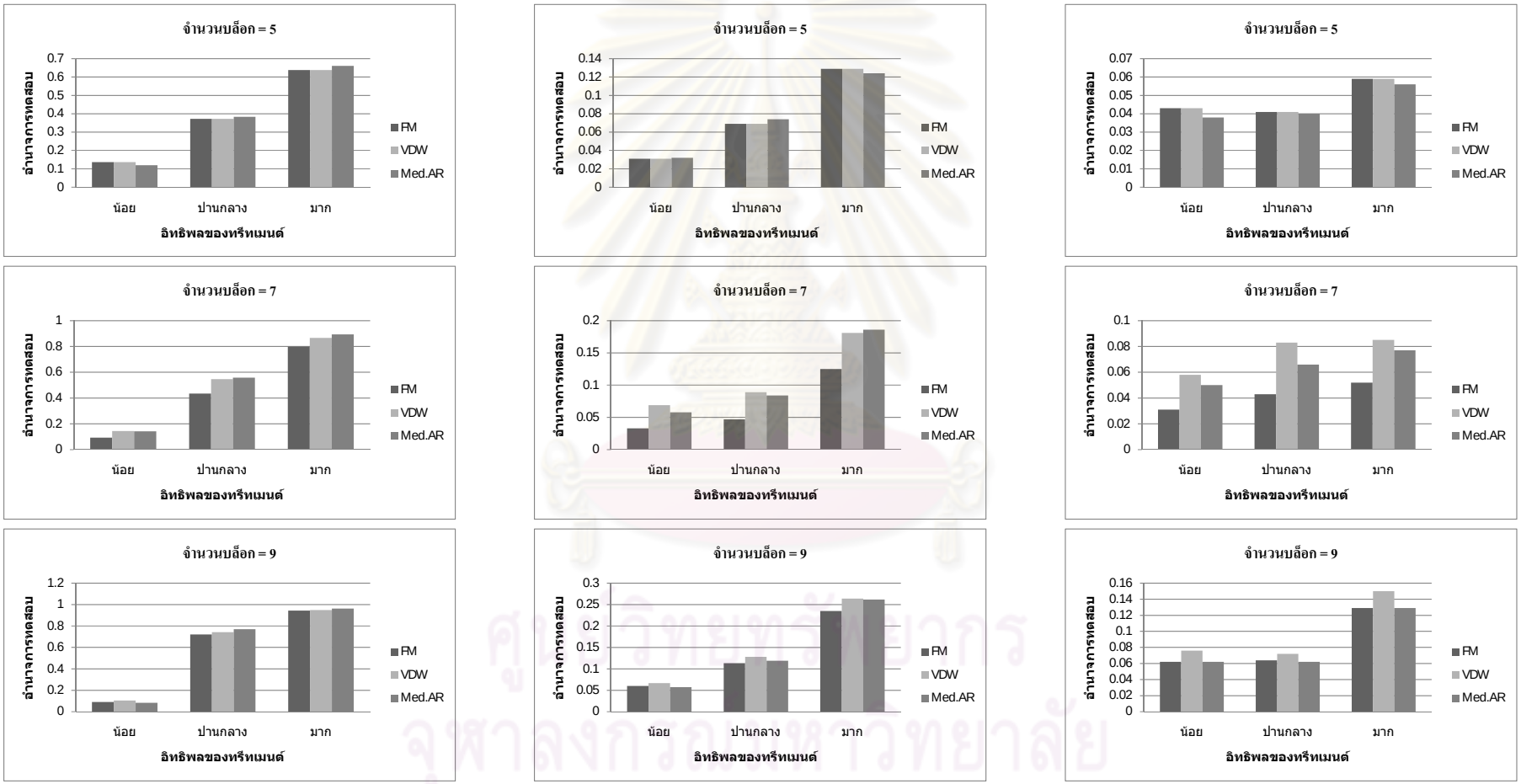
$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

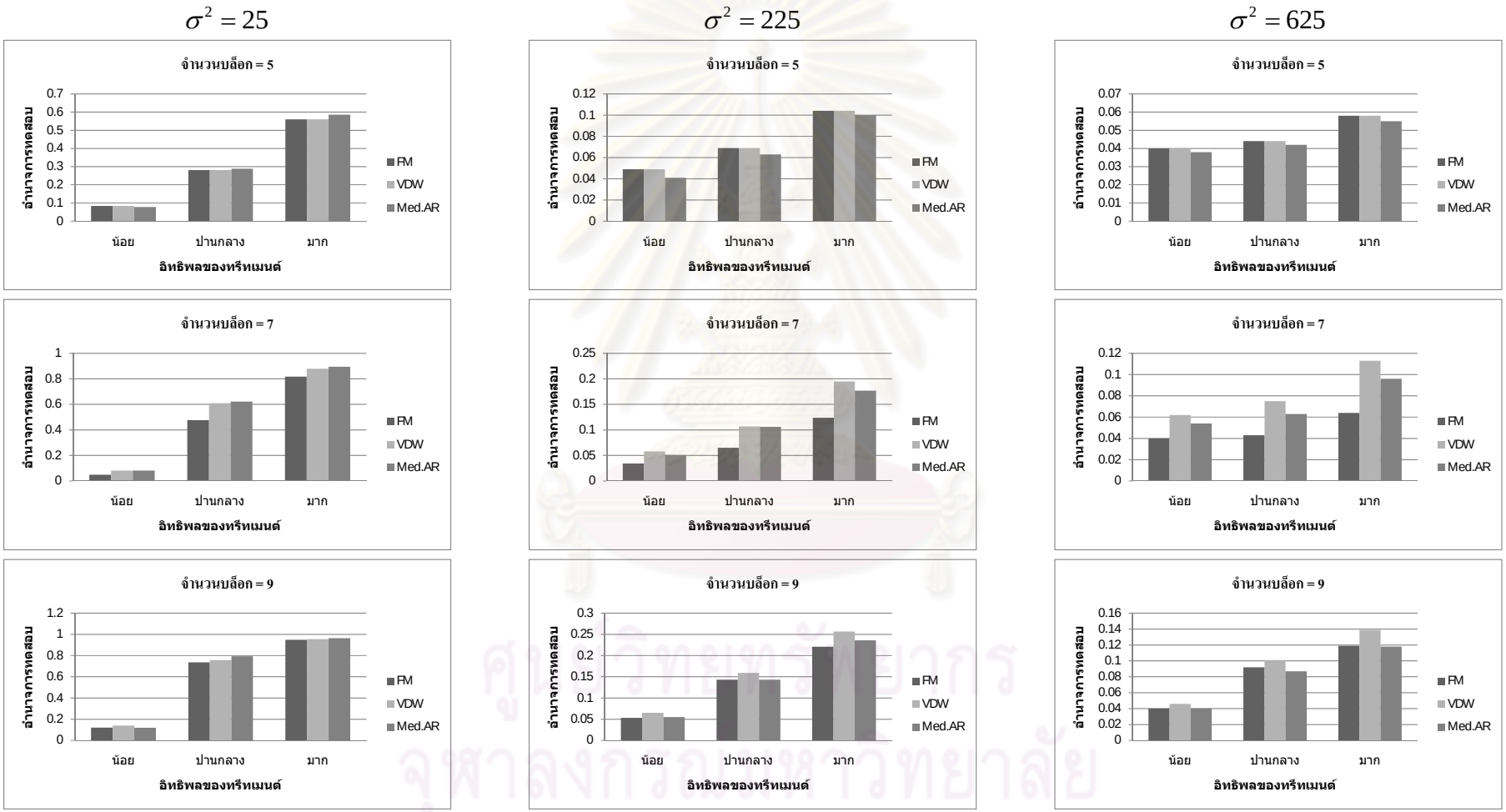
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
3.2	น้อย	FM	.094	.029	.035	.165	.036	.043	.249	.072	.049
		VDW	.096	.032	.038	.179	.038	.046	.246	.072	.049
		Med.AR	.103	.034	.032	.180	.038	.046	.266	.061	.045
	ปานกลาง	FM	.472	.075	.045	.709	.094	.063	.825	.113	.072
		VDW	.476	.076	.048	.718	.097	.067	.824	.113	.069
		Med.AR	.516	.071	.042	.782	.088	.059	.868	.116	.074
	มาก	FM	.828	.108	.059	.956	.185	.114	.997	.336	.129
		VDW	.831	.107	.059	.959	.190	.119	.997	.333	.126
		Med.AR	.873	.116	.056	.980	.201	.119	.998	.343	.132
5.2	น้อย	FM	.044	.048	.040	.181	.058	.041	.202	.043	.058
		VDW	.049	.052	.041	.182	.061	.040	.199	.039	.054
		Med.AR	.052	.051	.037	.198	.061	.042	.196	.041	.051
	ปานกลาง	FM	.557	.073	.033	.684	.119	.050	.789	.133	.076
		VDW	.559	.075	.035	.691	.123	.053	.788	.132	.075
		Med.AR	.587	.078	.042	.739	.129	.063	.822	.139	.070
	มาก	FM	.854	.137	.077	.962	.214	.119	.999	.351	.155
		VDW	.860	.138	.080	.964	.219	.124	.999	.346	.151
		Med.AR	.884	.135	.071	.985	.234	.120	1.000	.364	.154
7.2	น้อย	FM	.087	.031	.046	.122	.042	.035	.294	.078	.048
		VDW	-	.031	.044	.127	.047	.041	.282	.076	.045
		Med.AR	-	.031	.038	.132	.049	.046	.305	.071	.041
	ปานกลาง	FM	.605	.082	.044	.702	.133	.058	.916	.204	.084
		VDW	-	.082	.043	.703	.133	.061	.908	.197	.080
		Med.AR	-	.086	.041	.725	.146	.057	.927	.196	.086
	มาก	FM	.832	.165	.057	.978	.211	.107	1.000	.354	.140
		VDW	-	.165	.057	.979	.220	.107	.999	.342	.137
		Med.AR	-	.167	.051	.988	.241	.111	1.000	.367	.143

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.11 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

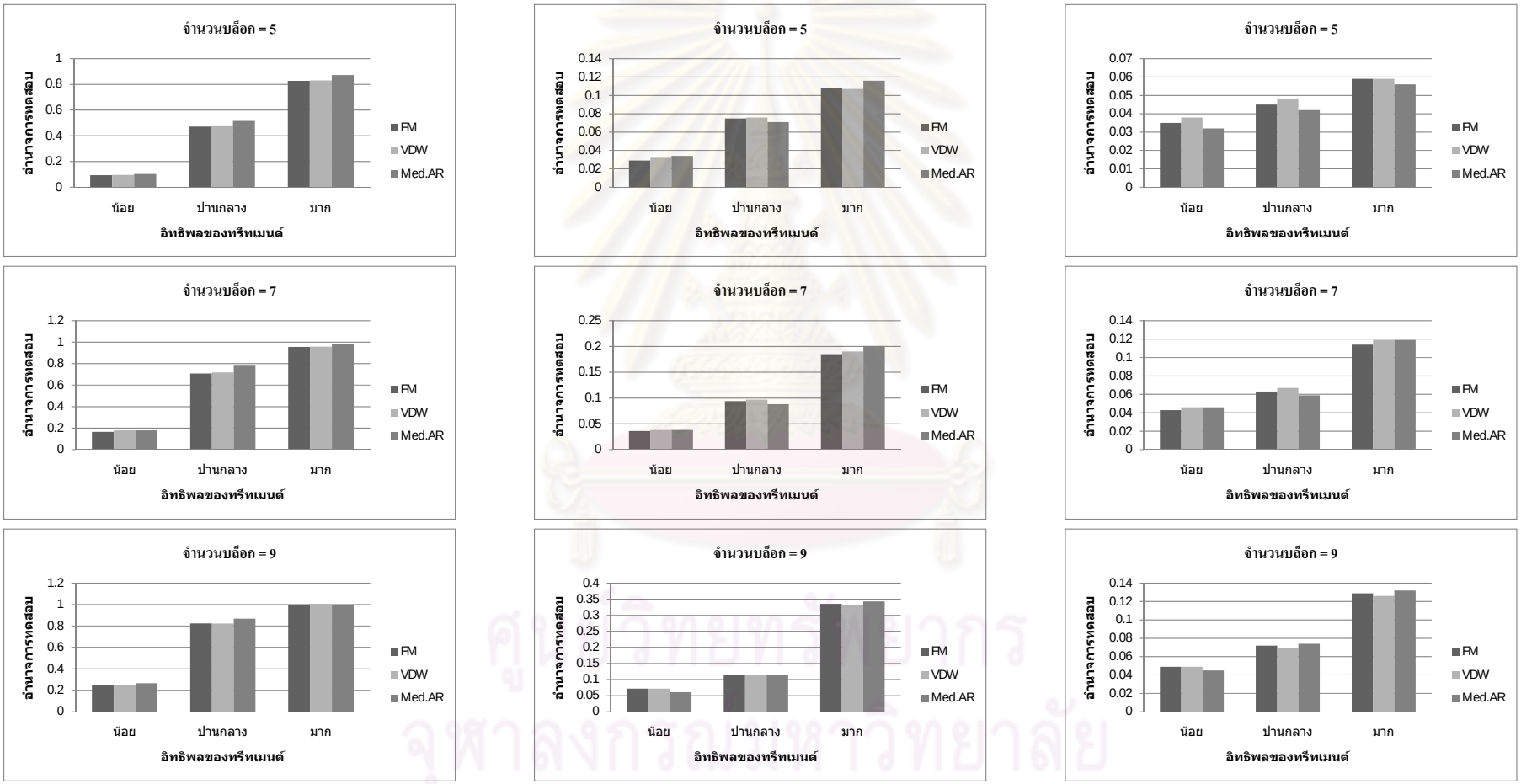
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

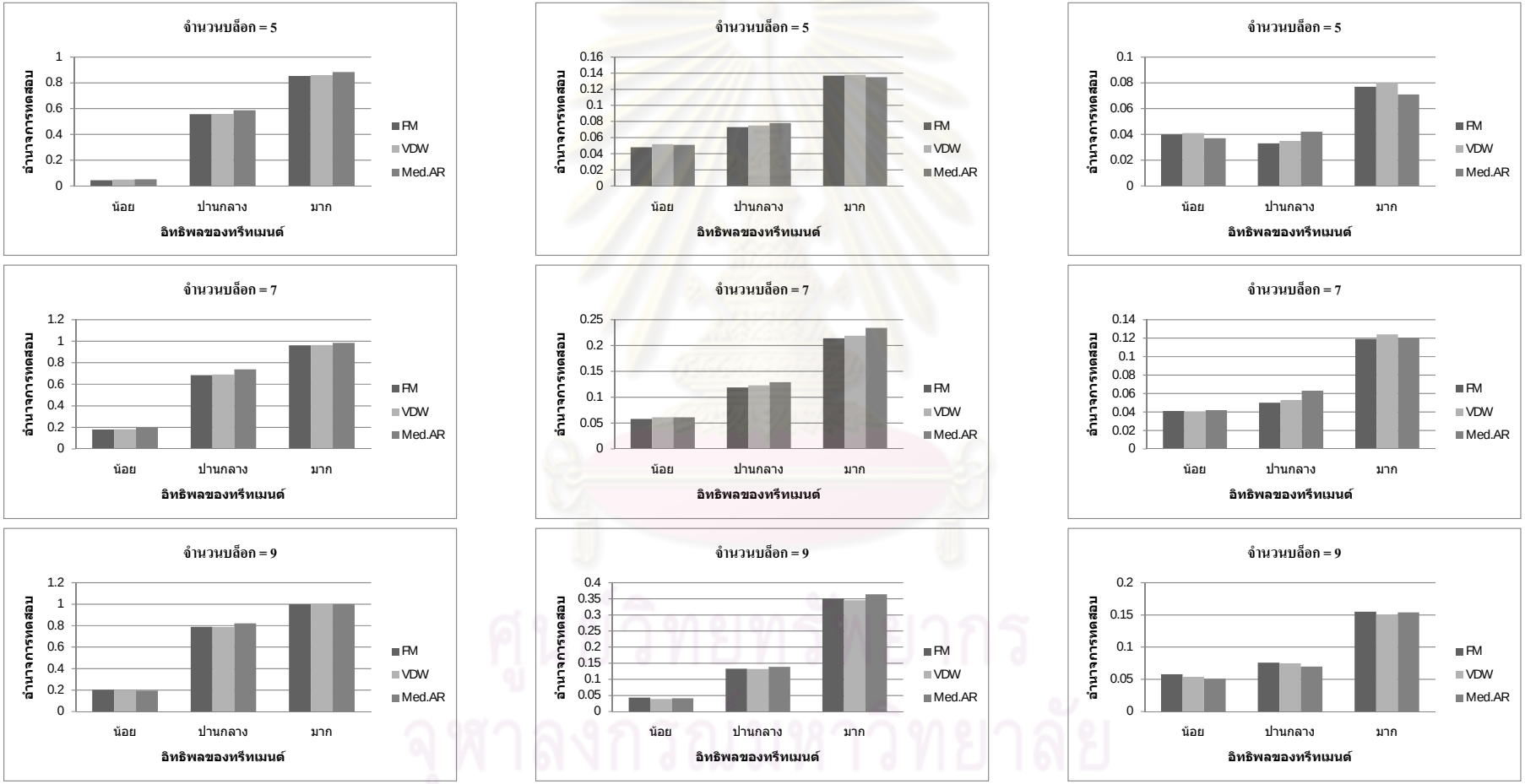
$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

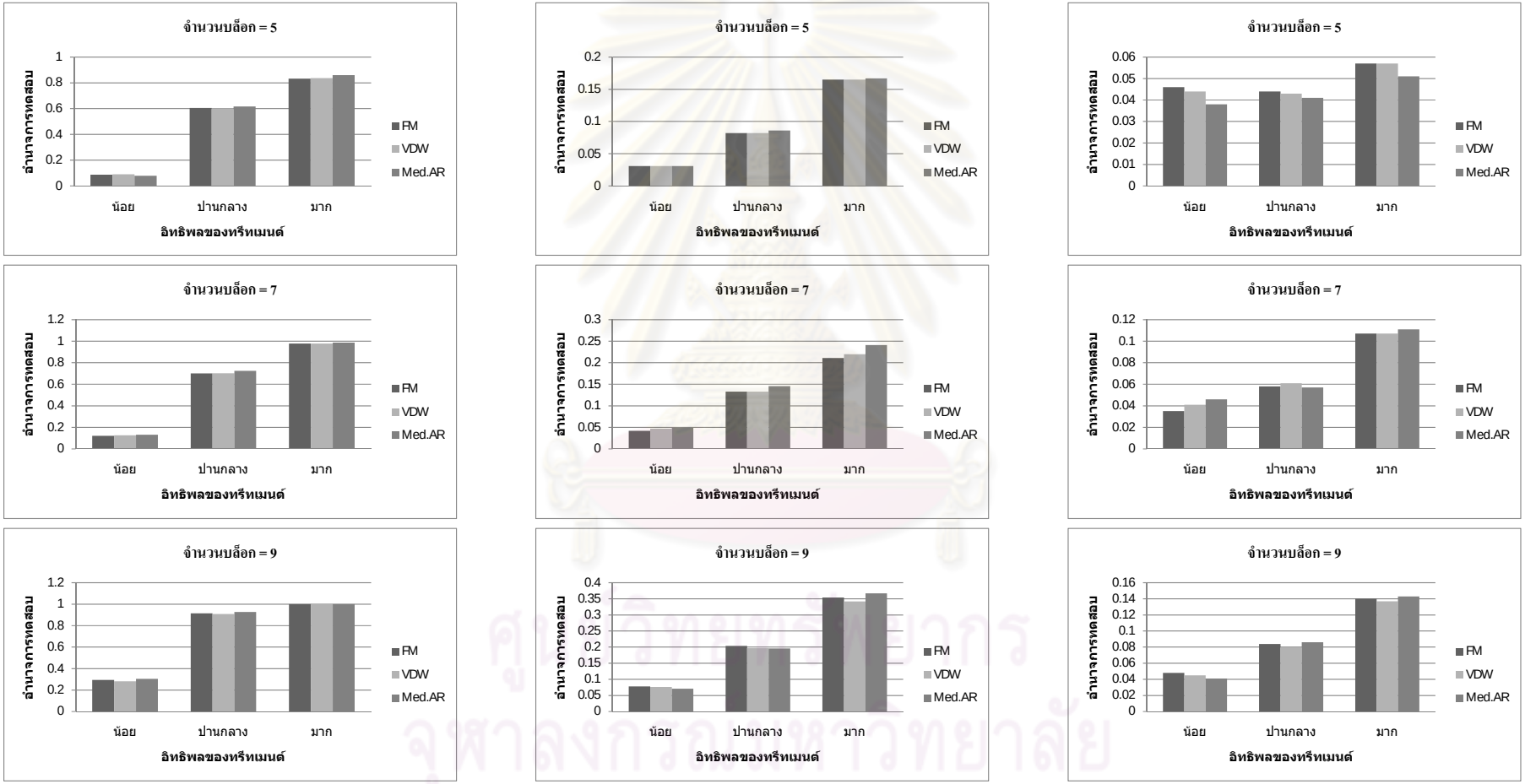
$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ตารางที่ 4.12 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
3.2	น้อย	FM	.146	.048	.032	.202	.048	.068	.240	.068	.047
		VDW	.148	.047	.028	.207	.044	.067	.243	.067	.048
		Med.AR	.139	.046	.029	.214	.042	.056	.260	.065	.047
	ปานกลาง	FM	.649	.083	.041	.893	.116	.074	.960	.160	.068
		VDW	.647	.077	.041	.896	.114	.073	.965	.158	.068
		Med.AR	.685	.079	.044	.910	.125	.068	.975	.165	.074
	มาก	FM	.957	.188	.075	.998	.278	.096	1.000	.364	.112
		VDW	.958	.193	.072	.999	.280	.095	1.000	.360	.113
		Med.AR	.967	.179	.080	.999	.285	.100	1.000	.393	.123
5.2	น้อย	FM	.144	.037	.046	.325	.038	.046	.284	.073	.049
		VDW	.138	.043	.041	.315	.043	.047	.284	.068	.047
		Med.AR	.135	.038	.042	.335	.037	.051	.319	.076	.041
	ปานกลาง	FM	.499	.084	.063	.829	.153	.062	.980	.132	.082
		VDW	.496	.085	.064	.819	.153	.061	.979	.128	.088
		Med.AR	.526	.078	.055	.851	.149	.061	.986	.138	.090
	มาก	FM	.967	.160	.065	.998	.329	.093	.999	.469	.145
		VDW	.963	.152	.067	.996	.322	.093	.999	.469	.147
		Med.AR	.981	.153	.078	1.000	.329	.093	.999	.487	.140
7.2	น้อย	FM	.194	.043	.027	.200	.036	.049	-	.065	.048
		VDW	.189	.036	.028	.199	.037	.047	-	.067	.047
		Med.AR	.204	.042	.031	.203	.032	.040	.503	.058	.048
	ปานกลาง	FM	.552	.110	.062	.775	.144	.065	-	.216	.074
		VDW	.556	.111	.061	.765	.139	.060	-	.219	.076
		Med.AR	.591	.103	.062	.812	.135	.068	.986	.220	.068
	มาก	FM	.932	.206	.076	.990	.299	.123	-	.508	.150
		VDW	.929	.202	.073	.990	.291	.120	-	.506	.143
		Med.AR	.939	.205	.071	.996	.335	.125	1.000	.537	.139

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.12 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2, 5.2 และ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

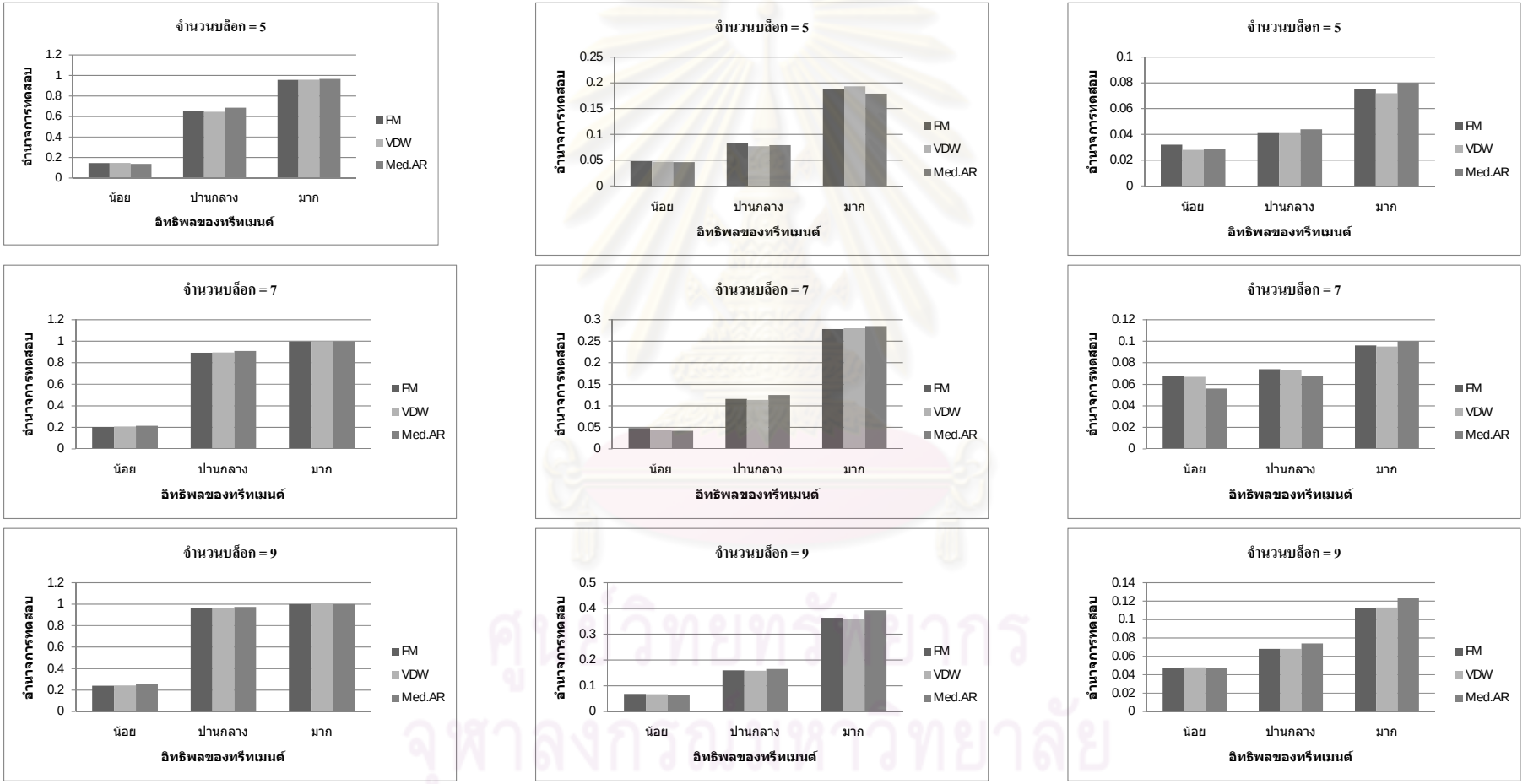
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

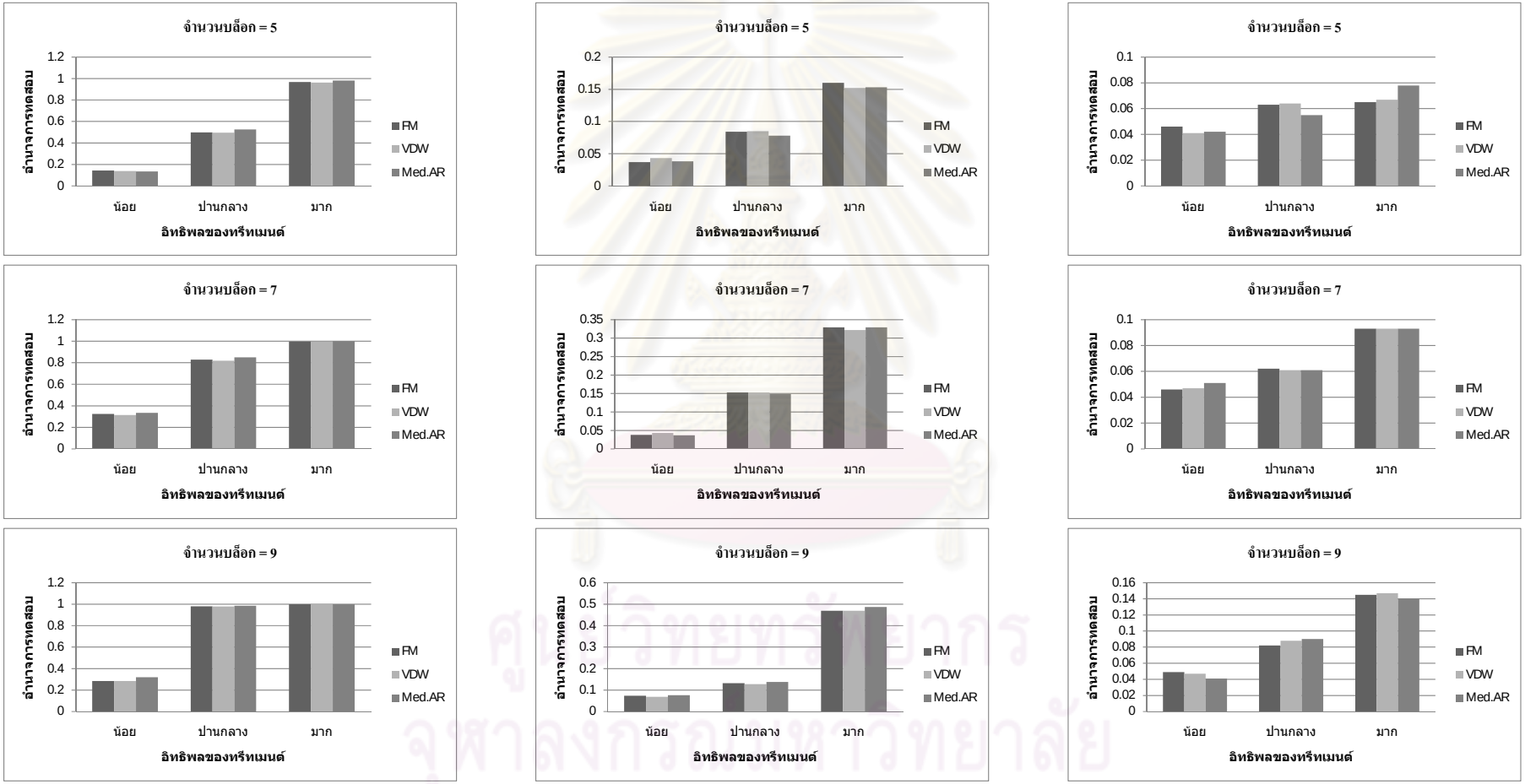
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความแบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



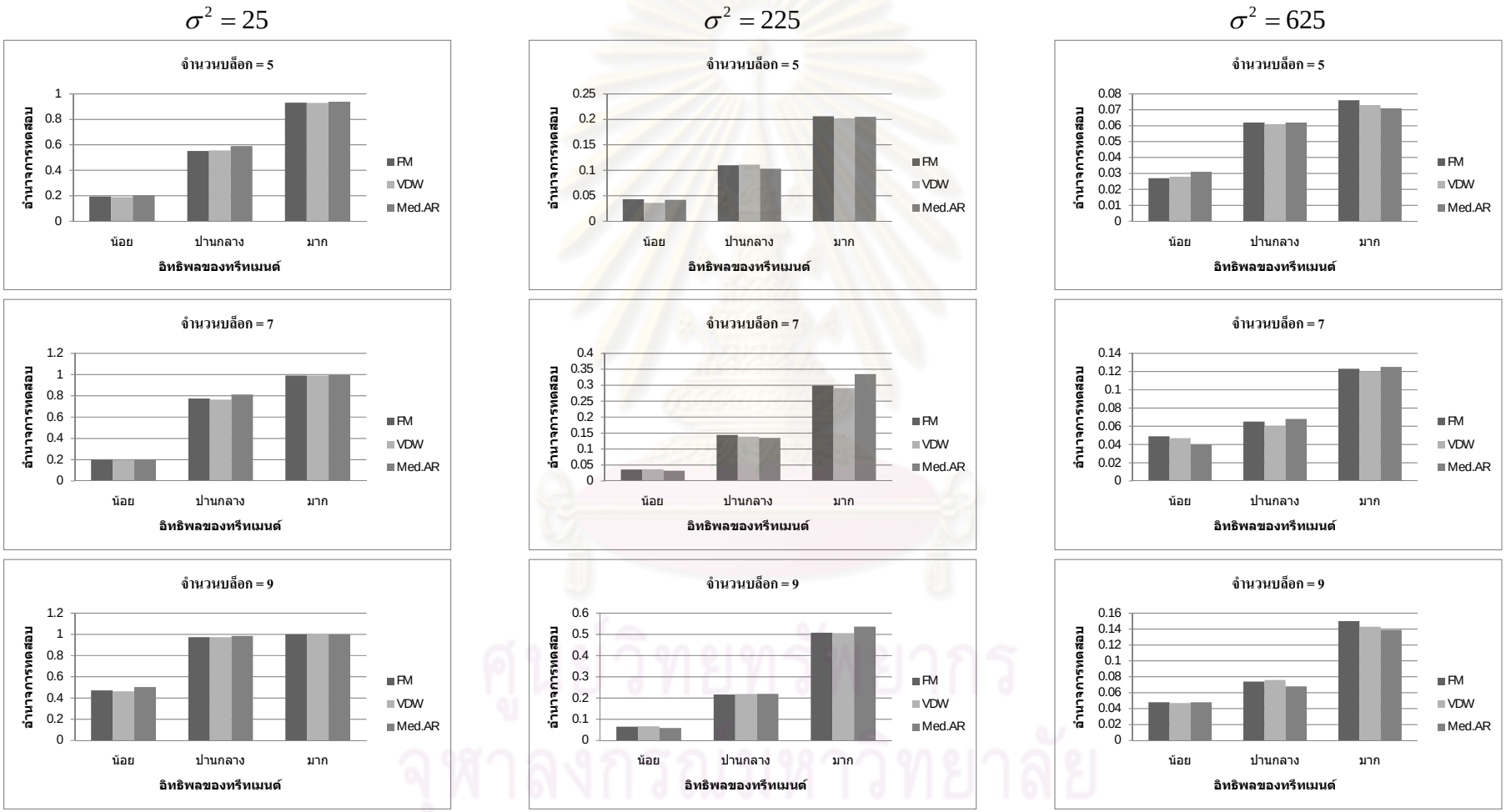
รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.2 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
3.6	น้อย	FM	.113	.045	.046	-	.033	-	.141	.044	.053
		VDW	.113	.045	.046	.116	.068	.068	.160	.054	.060
		Med.AR	.112	.040	.040	.104	.054	.055	.144	.049	.046
	ปานกลาง	FM	.347	.055	.055	-	.041	-	.713	.099	.078
		VDW	.347	.055	.055	.558	.083	.079	.739	.121	.086
		Med.AR	.362	.051	.049	.570	.082	.072	.790	.105	.082
	มาก	FM	.694	.113	.067	-	.122	-	.932	.192	.108
		VDW	.694	.113	.067	.841	.178	.103	.940	.219	.119
		Med.AR	.720	.111	.060	.877	.180	.092	.963	.205	.103
5.6	น้อย	FM	.131	.042	.043	-	.034	.022	.148	.057	.055
		VDW	.131	.042	.043	.151	.058	.046	.168	.070	.066
		Med.AR	.129	.039	.040	.154	.058	.042	.153	.053	.049
	ปานกลาง	FM	.443	.066	.041	-	.056	.042	.743	.124	.078
		VDW	.443	.066	.041	.590	.093	.070	.760	.149	.092
		Med.AR	.442	.060	.036	.611	.089	.064	.784	.145	.071
	มาก	FM	.667	.099	.078	-	.128	.049	.932	.269	.099
		VDW	.667	.099	.078	.823	.201	.084	.936	.293	.112
		Med.AR	.678	.093	.080	.849	.197	.073	.952	.280	.100
7.6	น้อย	FM	.078	.041	.032	.115	-	.027	.298	.048	.040
		VDW	.078	.041	.032	.187	.069	.042	.336	.058	.057
		Med.AR	.086	.040	.033	.169	.052	.041	.321	.040	.048
	ปานกลาง	FM	.354	.058	.054	.370	-	.032	.680	.112	.076
		VDW	.354	.058	.054	.485	.095	.063	.711	.129	.096
		Med.AR	.370	.058	.046	.483	.076	.050	.698	.105	.077
	มาก	FM	.563	.110	.071	.784	-	.073	.914	.229	.120
		VDW	.563	.110	.071	.860	.199	.117	.923	.247	.133
		Med.AR	.578	.105	.067	.865	.192	.105	.939	.244	.116

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.13 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

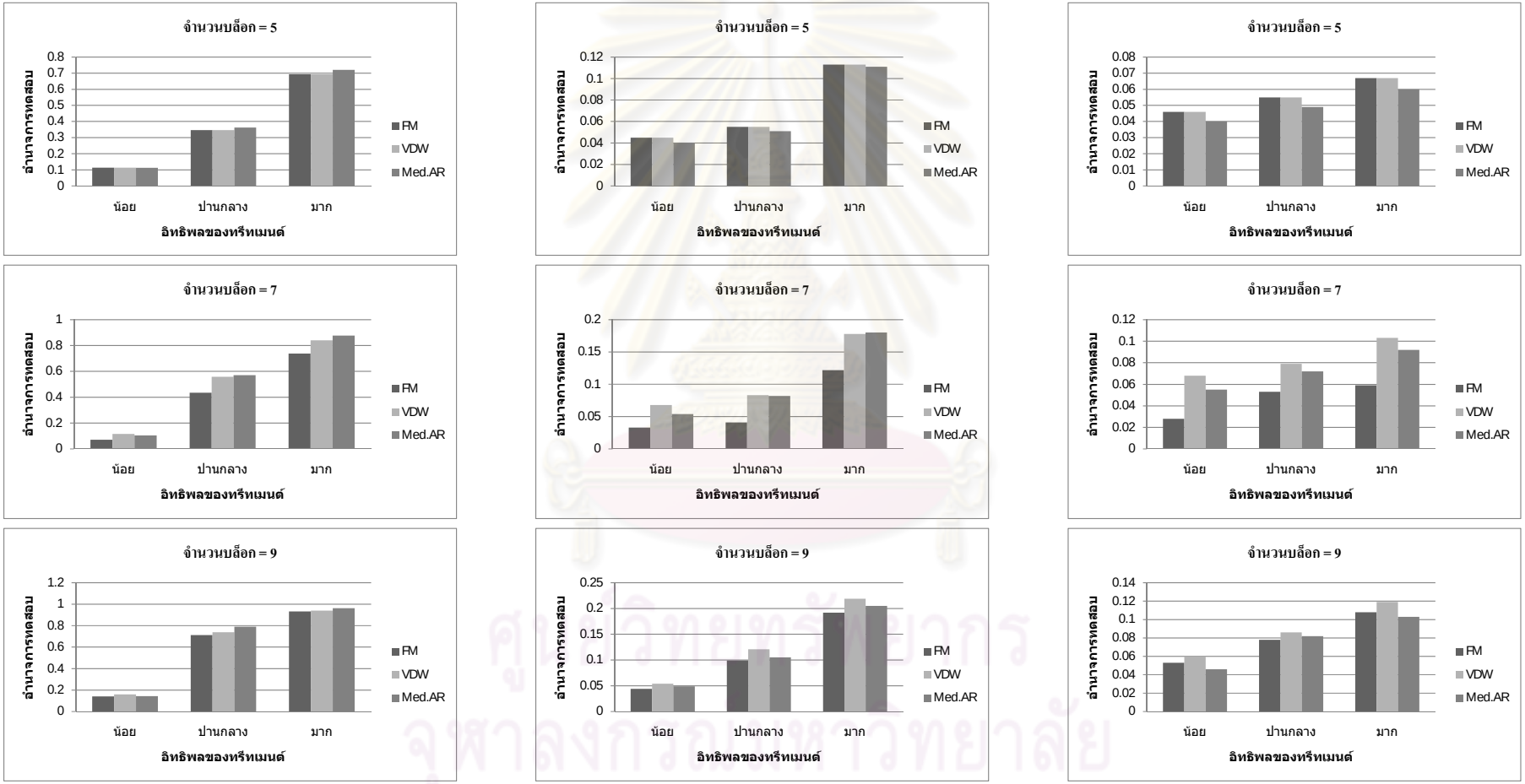
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

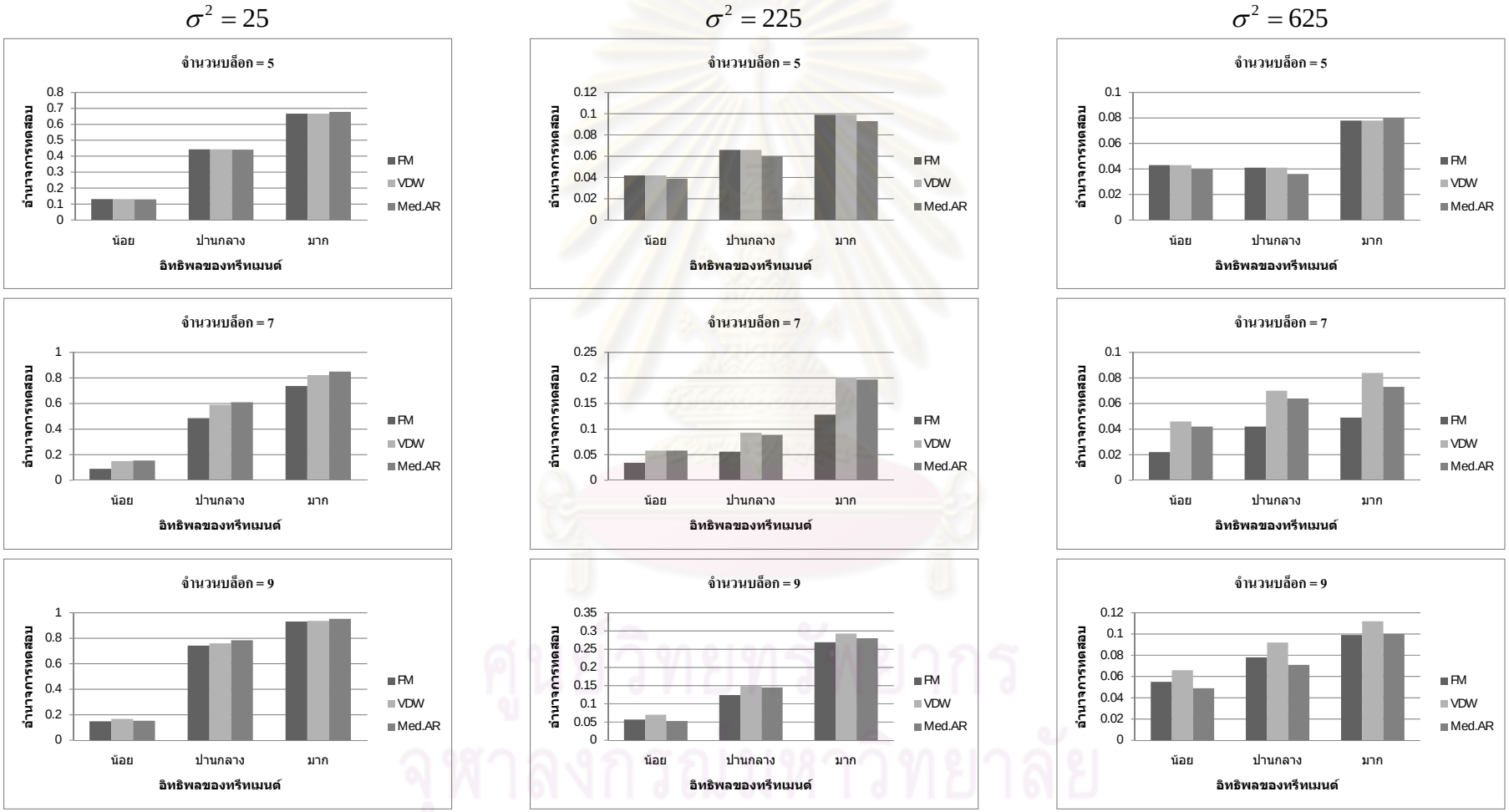
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

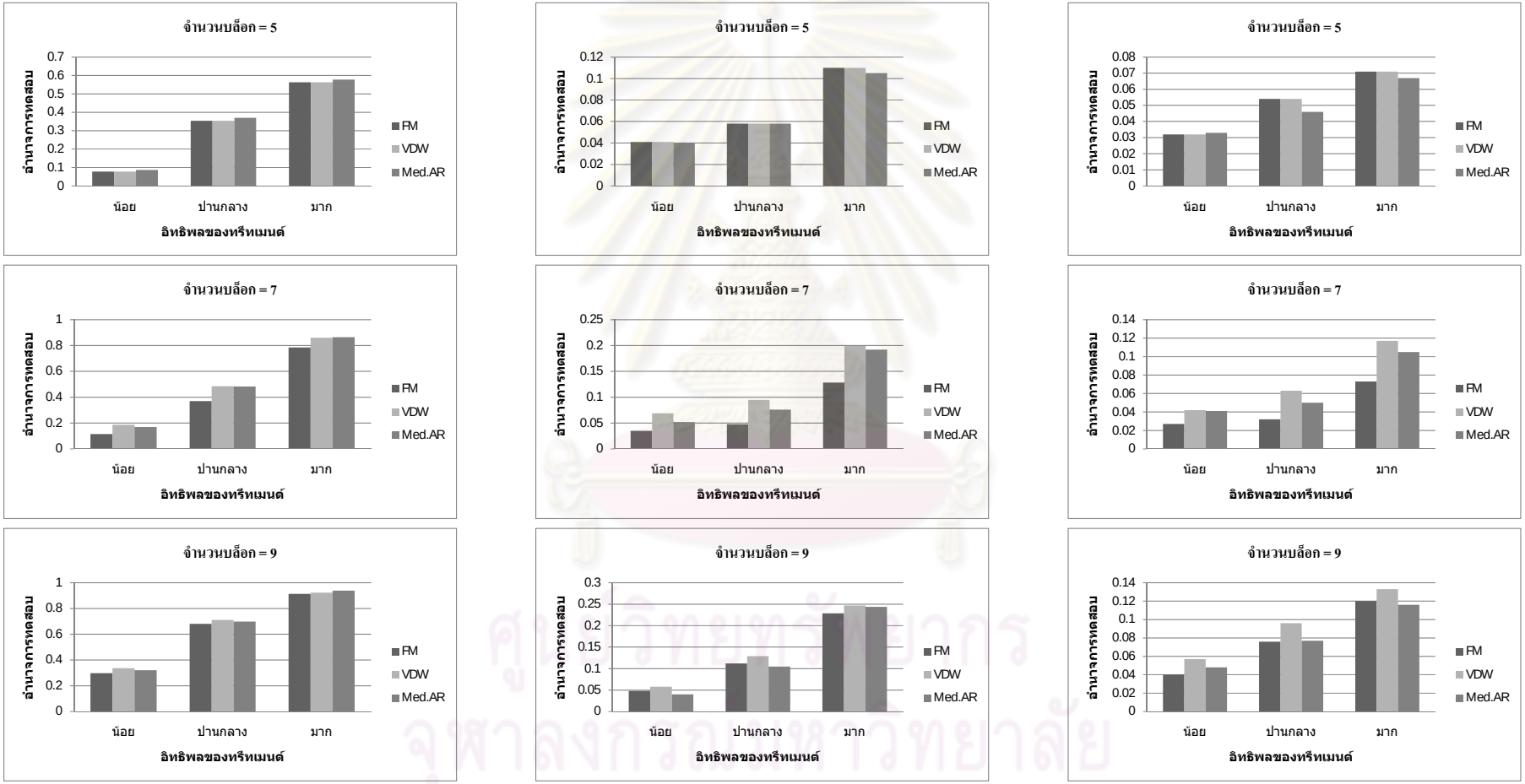
รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ตารางที่ 4.14 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
3.6	น้อย	FM	.103	.040	.036	.159	.067	.042	.180	.044	.059
		VDW	.105	.041	.034	.165	.066	.044	.180	.044	.057
		Med.AR	.109	.030	.032	.184	.071	.040	.186	.052	.056
	ปานกลาง	FM	.376	.052	.045	.690	.080	.048	.729	.134	.064
		VDW	.382	.057	.047	.699	.088	.049	.723	.132	.062
		Med.AR	.421	.061	.038	.747	.092	.056	.779	.137	.063
	มาก	FM	.822	.129	.056	.983	.165	.080	.997	.330	.102
		VDW	.827	.130	.061	.986	.178	.083	.997	.328	.097
		Med.AR	.858	.139	.067	.997	.194	.074	.999	.373	.109
5.6	น้อย	FM	.083	.033	.033	.134	.046	.052	.175	.059	.046
		VDW	.085	.030	.037	.141	.047	.053	.169	.058	.045
		Med.AR	.092	.036	.034	.140	.048	.050	.177	.064	.047
	ปานกลาง	FM	.401	.069	.048	.646	.089	.065	.930	.137	.075
		VDW	.405	.074	.047	.649	.091	.074	.929	.133	.078
		Med.AR	.412	.074	.051	.694	.092	.066	.961	.139	.068
	มาก	FM	.831	.120	.057	.985	.267	.100	.998	.339	.128
		VDW	.832	.123	.059	.986	.273	.108	.997	.329	.125
		Med.AR	.876	.132	.066	.992	.304	.105	.999	.375	.117
7.6	น้อย	FM	.145	-	.034	.102	.042	.061	.308	.058	.049
		VDW	.144	.039	.033	.109	.042	.064	.301	.056	.047
		Med.AR	.145	.042	.030	.102	.043	.056	.311	.066	.045
	ปานกลาง	FM	.542	-	.041	.697	.133	.071	.931	.137	.063
		VDW	.543	.098	.042	.708	.139	.073	.930	.131	.061
		Med.AR	.568	.096	.036	.746	.128	.075	.947	.133	.076
	มาก	FM	.849	-	.070	.983	.222	.116	.999	.375	.135
		VDW	.852	.120	.071	.986	.231	.128	.999	.367	.129
		Med.AR	.883	.125	.065	.991	.231	.131	.999	.389	.140

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.14 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

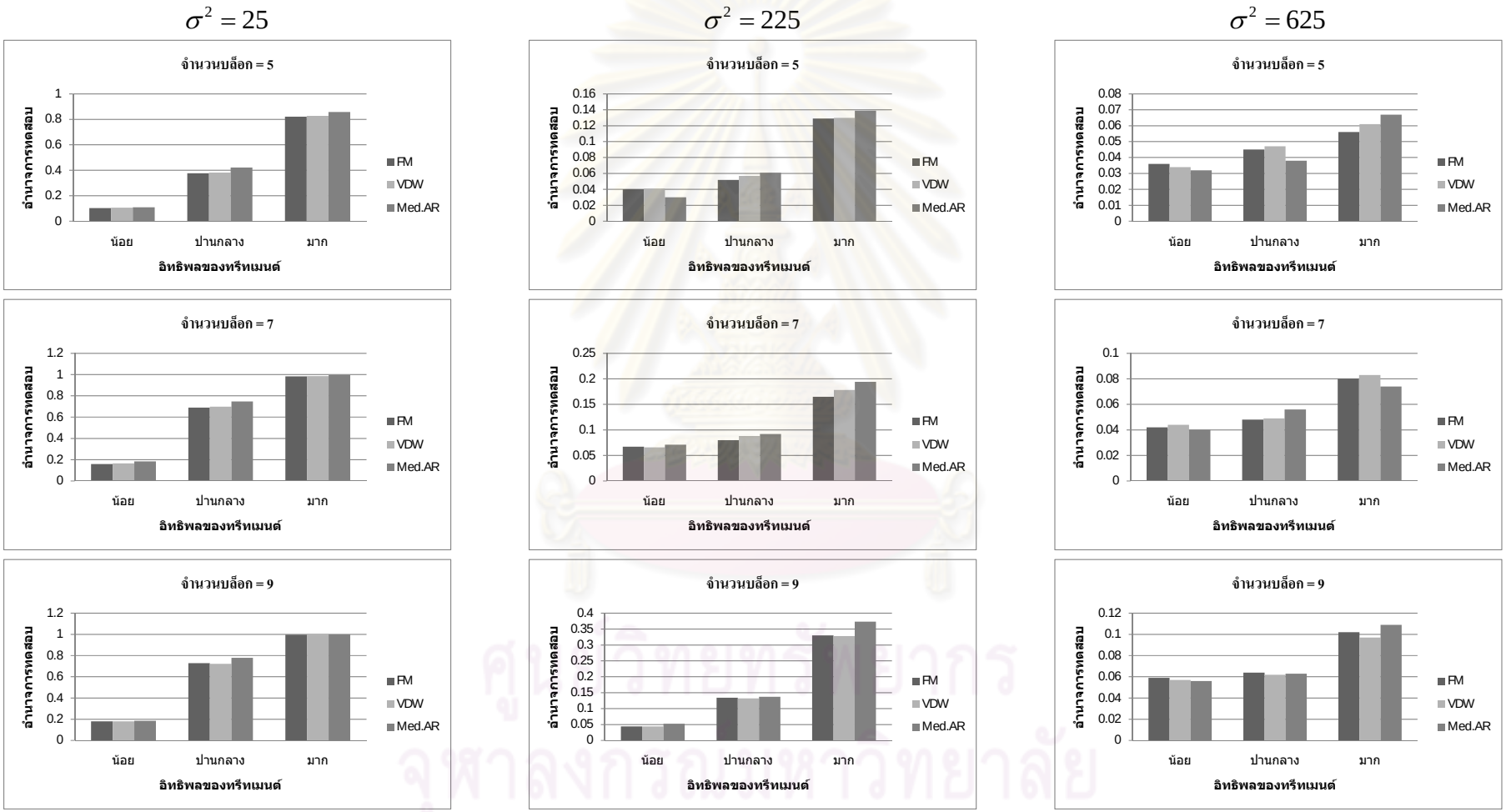
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

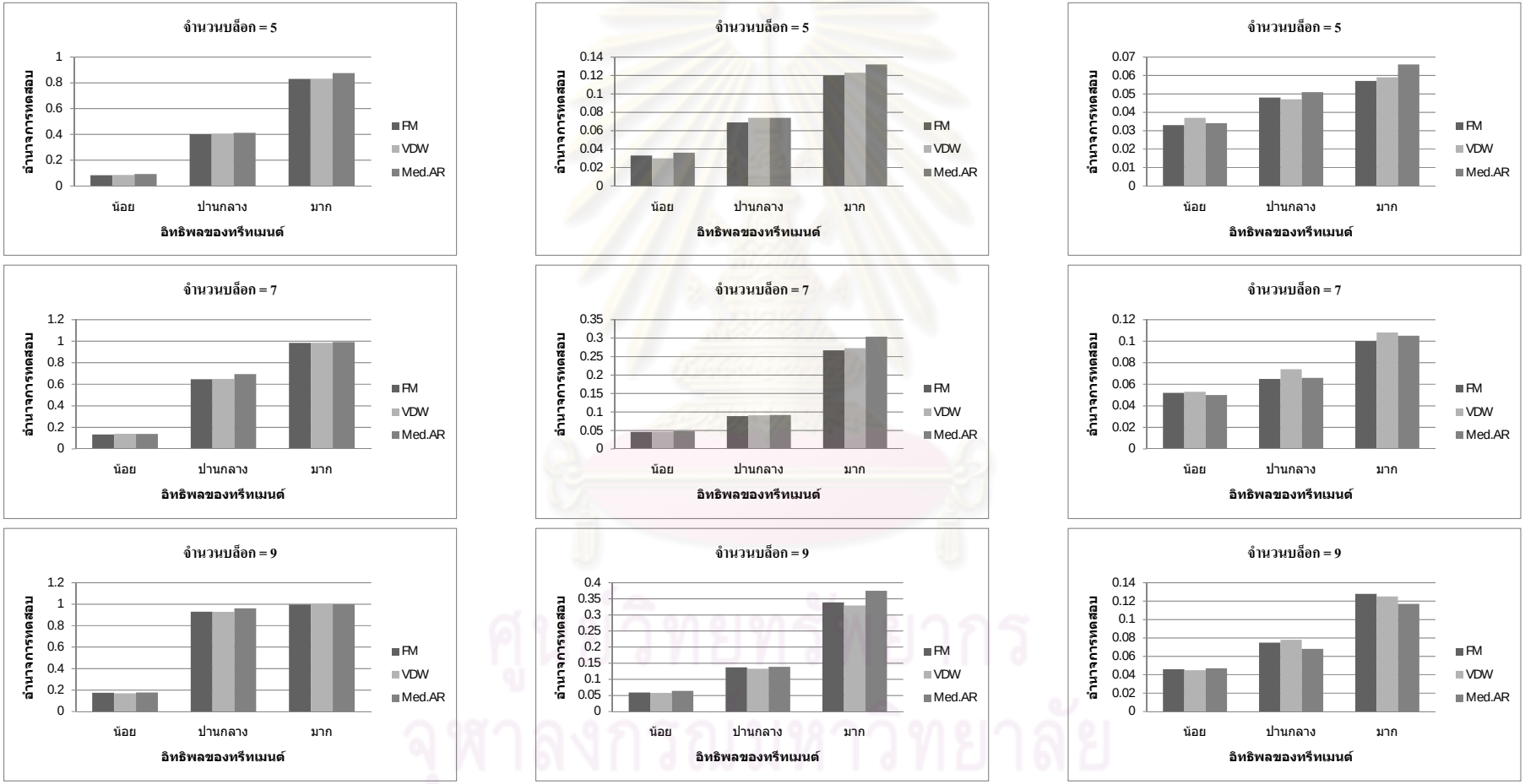
รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5



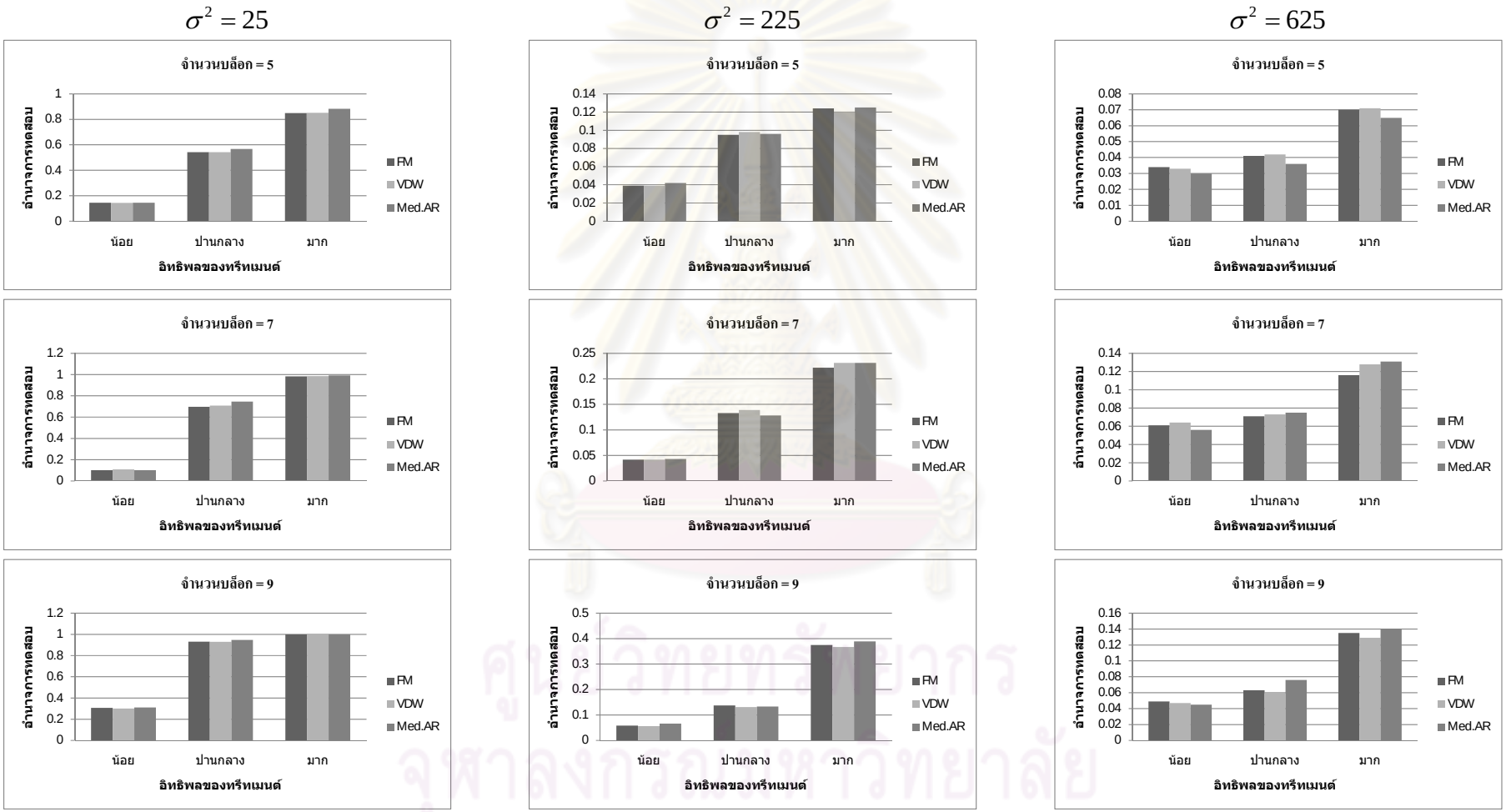
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
3.6	น้อย	FM	.069	-	.056	.162	.059	.049	.383	.054	.039
		VDW	.069	.044	.058	.154	.057	.051	.383	.058	.042
		Med.AR	.066	-	.051	.164	.063	.052	.408	.057	.040
	ปานกลาง	FM	.635	-	.051	.676	.124	.067	.844	.131	.087
		VDW	.619	.058	.048	.681	.119	.069	.849	.132	.079
		Med.AR	.650	-	.051	.711	.123	.065	.886	.137	.076
	มาก	FM	.903	-	.081	.989	.285	.089	1.000	.427	.178
		VDW	.896	.144	.078	.989	.280	.092	1.000	.430	.177
		Med.AR	.933	-	.081	.994	.285	.083	1.000	.449	.164
5.6	น้อย	FM	.089	.046	.030	.140	.054	.037	.267	.062	.050
		VDW	.083	.046	.030	.142	.050	.032	.271	.063	.045
		Med.AR	.084	.044	.027	.148	.047	.036	.292	.060	.050
	ปานกลาง	FM	.678	.083	.056	.878	.113	.054	.921	.173	.072
		VDW	.662	.078	.054	.877	.108	.054	.924	.171	.069
		Med.AR	.718	.090	.050	.907	.112	.057	.943	.179	.072
	มาก	FM	.975	.175	.073	.995	.275	.120	1.000	.453	.150
		VDW	.973	.168	.077	.994	.267	.124	1.000	.447	.155
		Med.AR	.980	.176	.072	.997	.298	.122	1.000	.473	.163
7.6	น้อย	FM	.170	.047	.030	.148	.053	.042	.441	.073	.059
		VDW	.173	.045	.032	.139	.058	.045	.427	.068	.058
		Med.AR	.166	.038	.029	.149	.050	.043	.479	.074	.057
	ปานกลาง	FM	.703	.081	.058	.895	.114	.077	.906	.228	.089
		VDW	.696	.079	.056	.891	.113	.078	.898	.220	.091
		Med.AR	.724	.080	.062	.915	.117	.079	.923	.242	.088
	มาก	FM	.955	.199	.072	.992	.297	.118	1.000	.394	.185
		VDW	.950	.202	.069	.990	.289	.111	1.000	.394	.176
		Med.AR	.965	.194	.074	.998	.325	.110	1.000	.410	.197

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.15 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6, 5.6 และ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

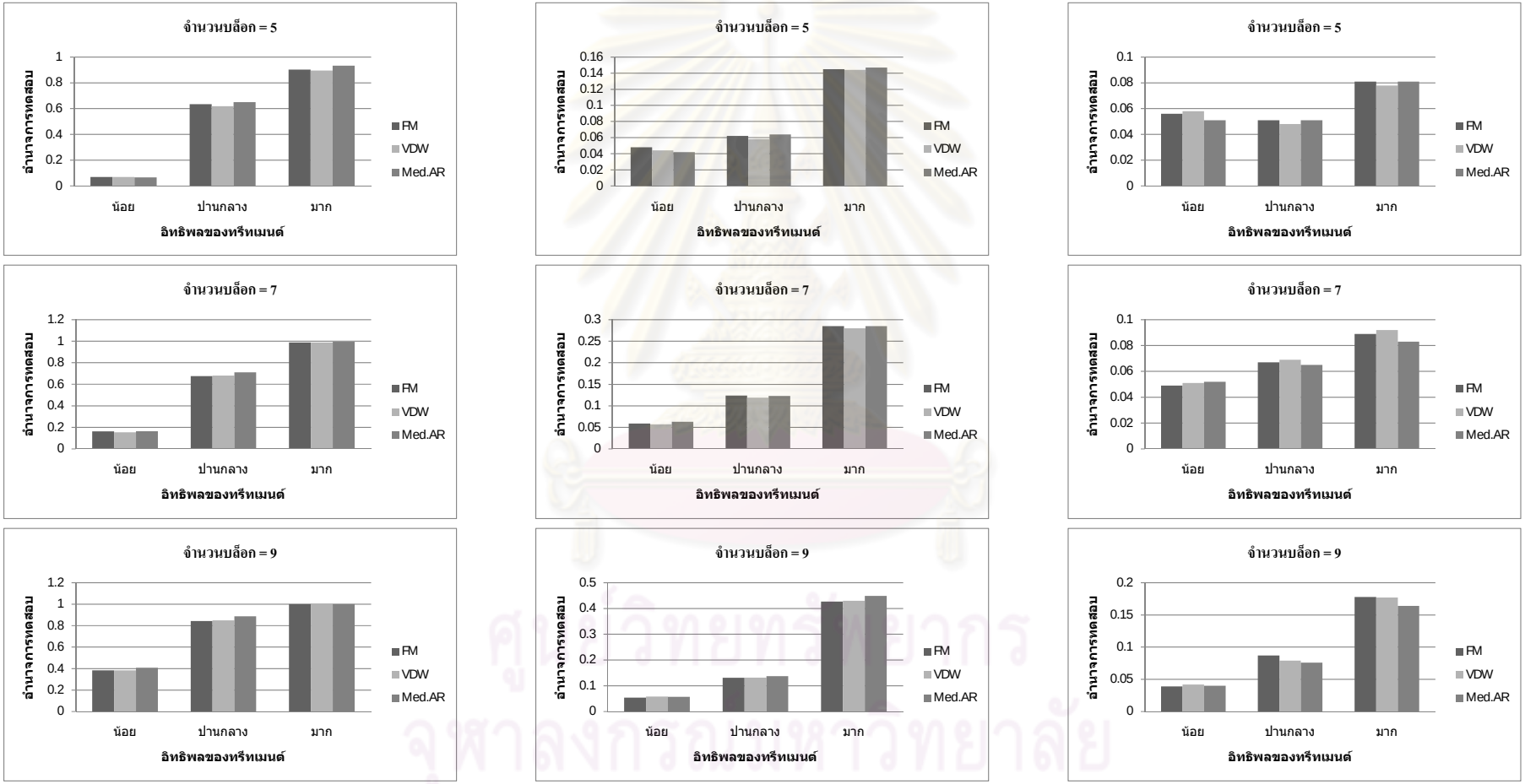
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

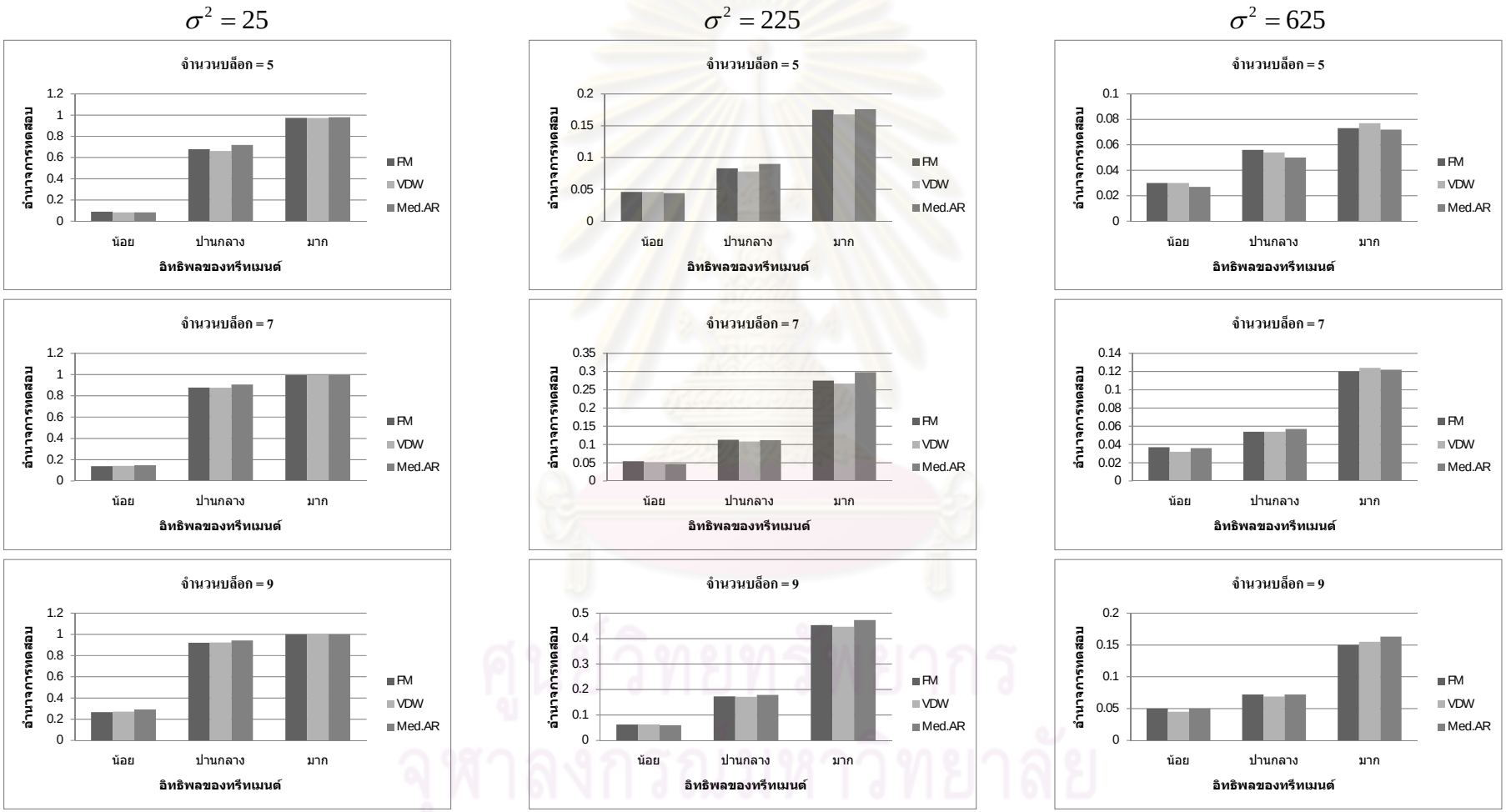
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



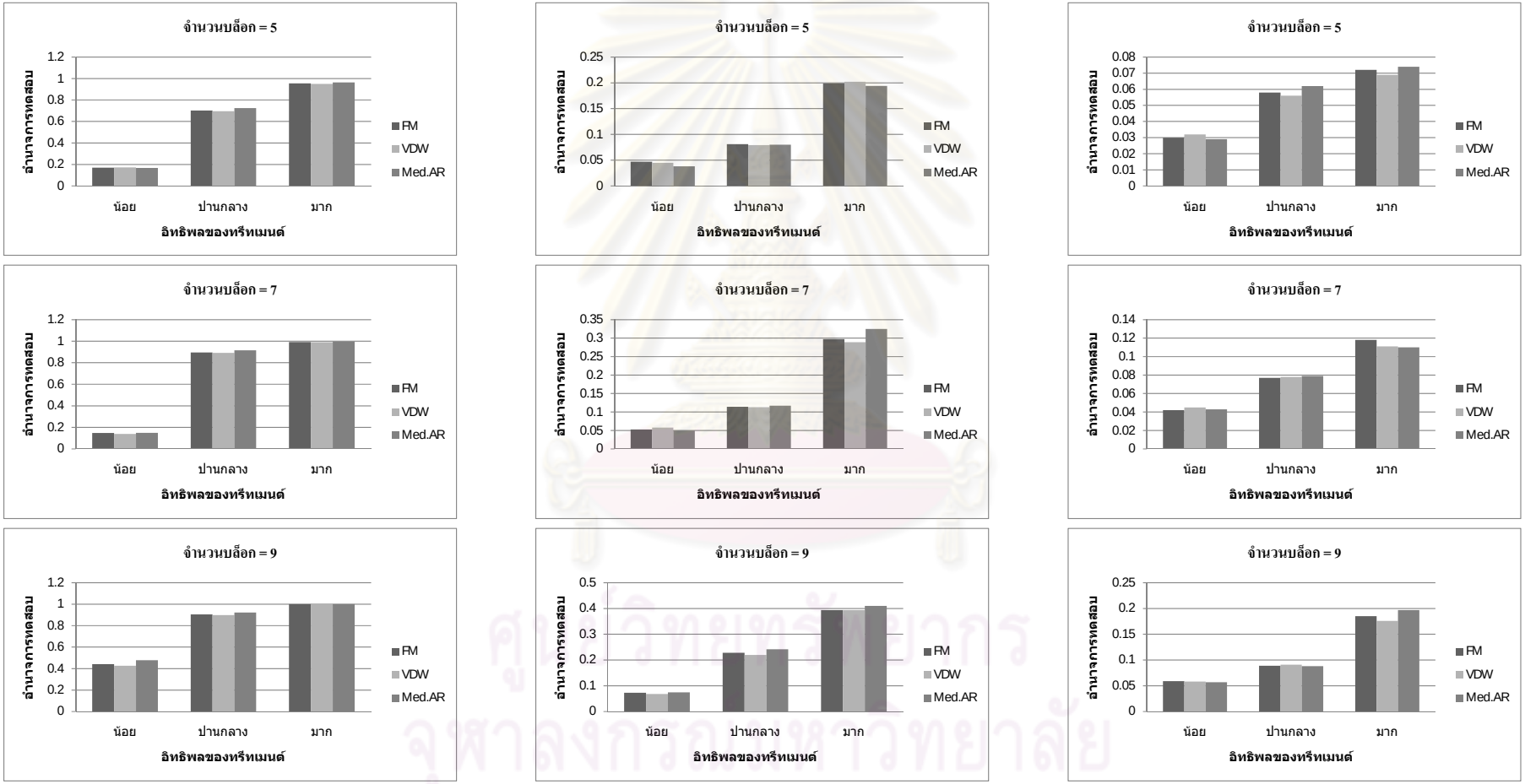
รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 5.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 7.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
4.6	น้อย	FM	.104	.035	.045	.119	-	-	.191	.071	.060
		VDW	.104	.035	.045	.166	.070	.070	.220	.087	.073
		Med.AR	.104	.034	.040	.171	.058	.063	.220	.069	.060
	ปานกลาง	FM	.310	.070	.050	.338	-	-	.589	.100	.080
		VDW	.310	.070	.050	.453	.097	.066	.619	.118	.093
		Med.AR	.323	.068	.044	.453	.080	.053	.637	.100	.077
	มาก	FM	.671	.118	.066	.800	-	-	.971	.248	.099
		VDW	.671	.118	.066	.886	.188	.098	.974	.281	.114
		Med.AR	.690	.112	.063	.914	.189	.094	.986	.277	.095
6.6	น้อย	FM	.062	.046	.046	.126	.051	-	.126	.062	.043
		VDW	.062	.046	.046	.193	.075	.051	.150	.075	.058
		Med.AR	.057	.043	.044	.182	.068	.048	.130	.059	.043
	ปานกลาง	FM	.272	.086	.057	.329	.050	-	.678	.116	.062
		VDW	.272	.086	.057	.418	.099	.085	.709	.135	.077
		Med.AR	.284	.074	.052	.418	.090	.068	.710	.119	.059
	มาก	FM	.612	.106	.063	.850	.144	-	.943	.236	.110
		VDW	.612	.106	.063	.913	.215	.096	.949	.265	.123
		Med.AR	.625	.104	.063	.921	.213	.094	.958	.251	.113
8.6	น้อย	FM	.071	.056	.044	.056	.022	-	.245	.048	.047
		VDW	.071	.056	.044	.095	.048	.049	.272	.057	.061
		Med.AR	.070	.053	.040	.083	.035	.042	.255	.047	.055
	ปานกลาง	FM	.303	.060	.054	.325	.061	-	.744	.144	.064
		VDW	.303	.060	.054	.428	.098	.062	.768	.163	.074
		Med.AR	.321	.061	.049	.437	.092	.046	.771	.162	.071
	มาก	FM	.531	.126	.061	.764	.107	-	.930	.243	.135
		VDW	.531	.126	.061	.860	.179	.088	.942	.272	.151
		Med.AR	.552	.112	.053	.848	.157	.086	.945	.253	.130

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.16 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

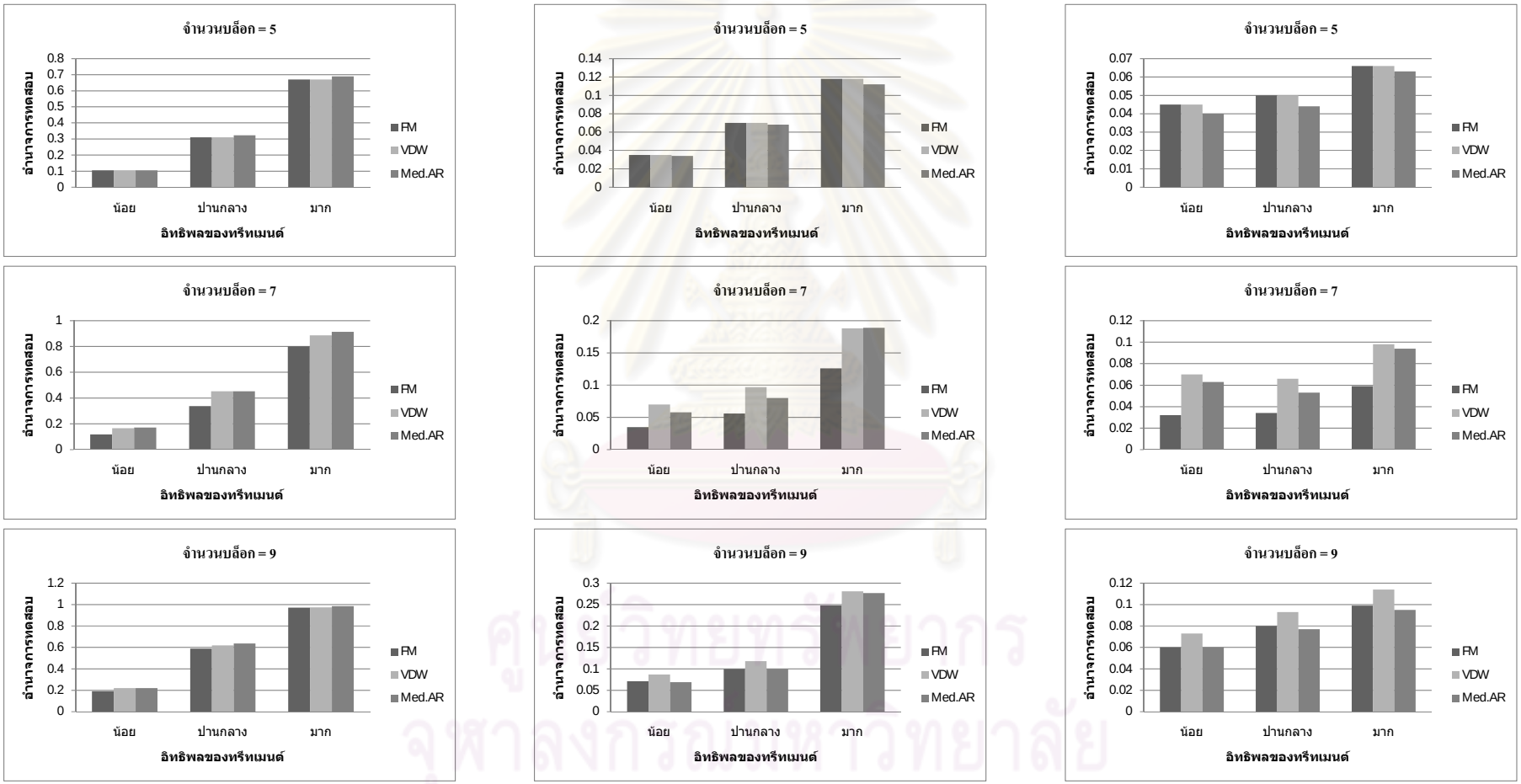
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.28 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

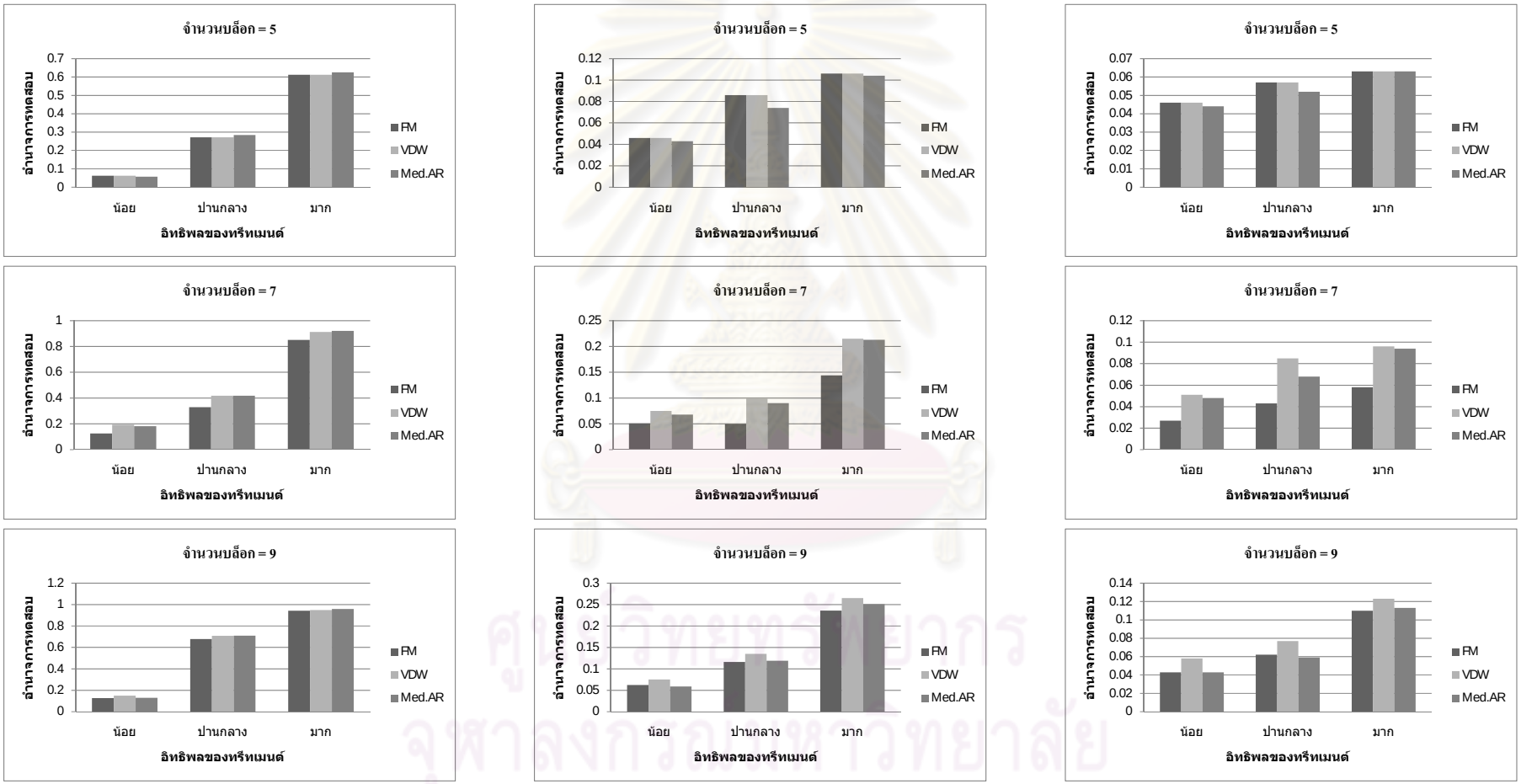
$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

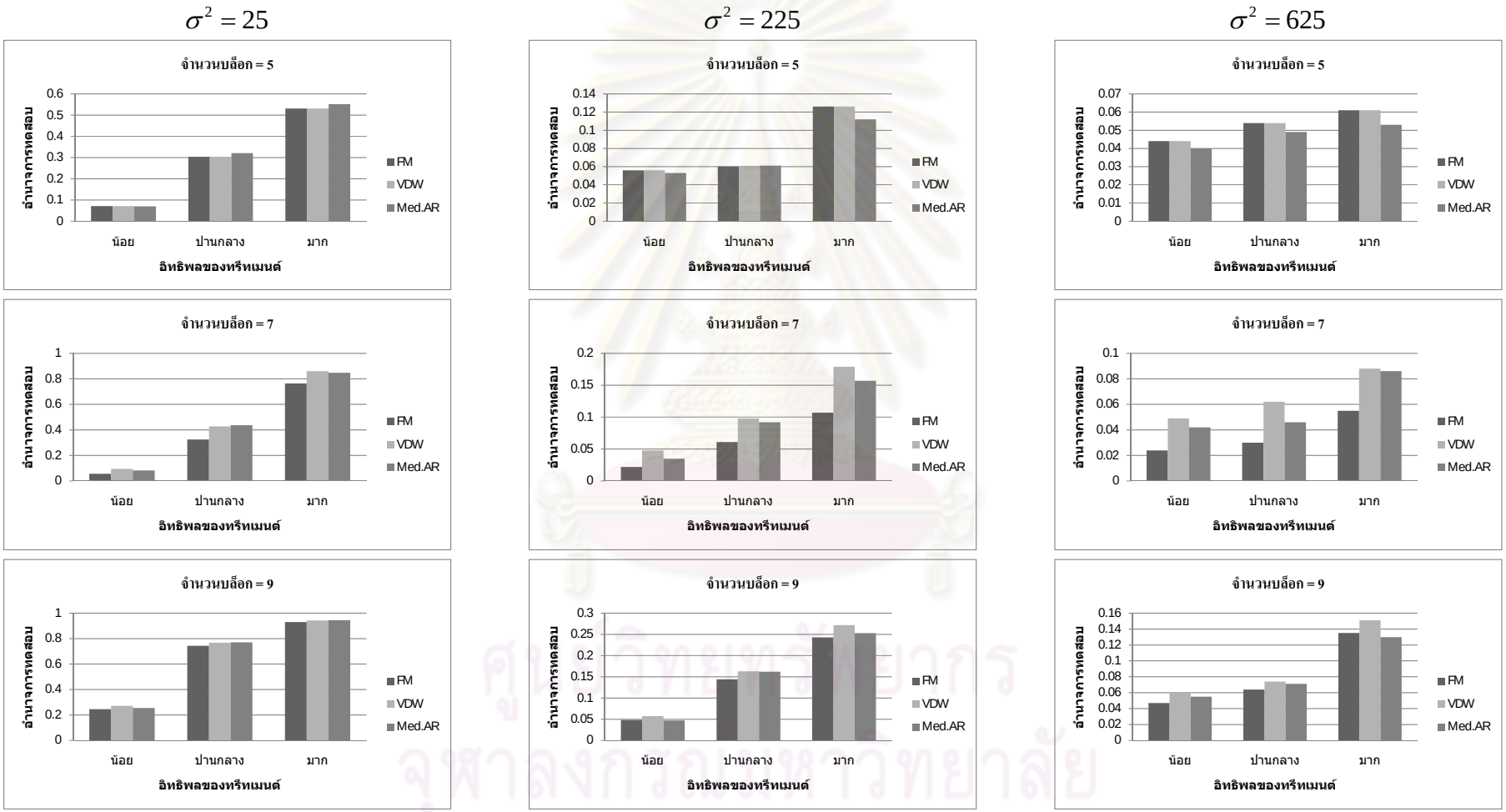
รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
4.6	น้อย	FM	.061	.047	.034	.178	.036	.039	.336	.068	.057
		VDW	.064	.050	.036	.180	.038	.041	.331	.067	.055
		Med.AR	.060	.051	.023	.191	.038	.038	.363	.062	.056
	ปานกลาง	FM	.398	.060	.047	.723	.108	.057	.933	.182	.084
		VDW	.401	.061	.051	.729	.116	.064	.933	.180	.084
		Med.AR	.419	.063	.049	.767	.127	.067	.955	.196	.083
	มาก	FM	.902	.163	.064	.977	.248	.103	1.000	.383	.170
		VDW	.906	.169	.063	.978	.257	.105	.999	.382	.165
		Med.AR	.928	.174	.074	.992	.300	.122	1.000	.406	.179
6.6	น้อย	FM	.134	.052	.045	.165	.040	.035	.162	.073	.067
		VDW	.136	.050	.047	.161	.044	.038	.160	.067	.067
		Med.AR	-	.046	.039	.191	.043	.034	.162	.061	.055
	ปานกลาง	FM	.568	.082	.056	.717	.126	.066	.792	.115	.084
		VDW	.572	.083	.057	.720	.127	.068	.783	.112	.083
		Med.AR	-	.083	.048	.760	.145	.069	.834	.113	.074
	มาก	FM	.825	.139	.061	.961	.209	.092	.998	.306	.131
		VDW	.829	.141	.063	.967	.210	.095	.998	.300	.129
		Med.AR	-	.145	.064	.979	.219	.098	1.000	.340	.125
8.6	น้อย	FM	.123	.038	.040	.216	.054	.035	.127	.061	.040
		VDW	.123	.040	.040	.222	.056	.040	.124	.055	.044
		Med.AR	.119	.039	.048	.237	.047	.035	.126	.054	.040
	ปานกลาง	FM	.445	.081	.035	.655	.107	.054	.834	.189	.089
		VDW	.448	.081	.034	.657	.111	.053	.830	.180	.087
		Med.AR	.457	.083	.044	.706	.115	.061	.865	.186	.095
	มาก	FM	.851	.154	.078	.978	.256	.112	.994	.405	.126
		VDW	.851	.154	.082	.980	.266	.114	.993	.402	.122
		Med.AR	.884	.145	.073	.985	.273	.104	.997	.412	.121

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.17 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

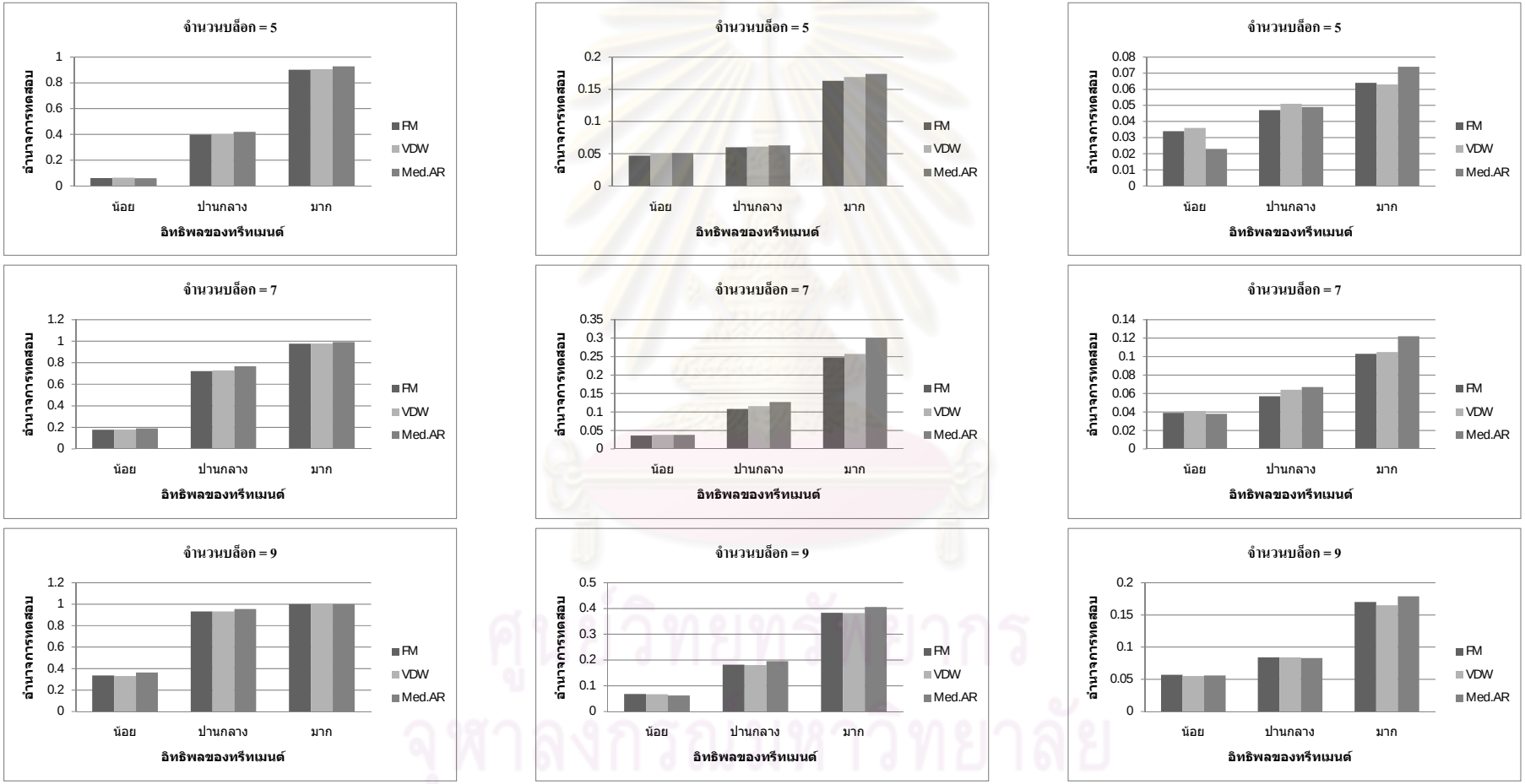
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

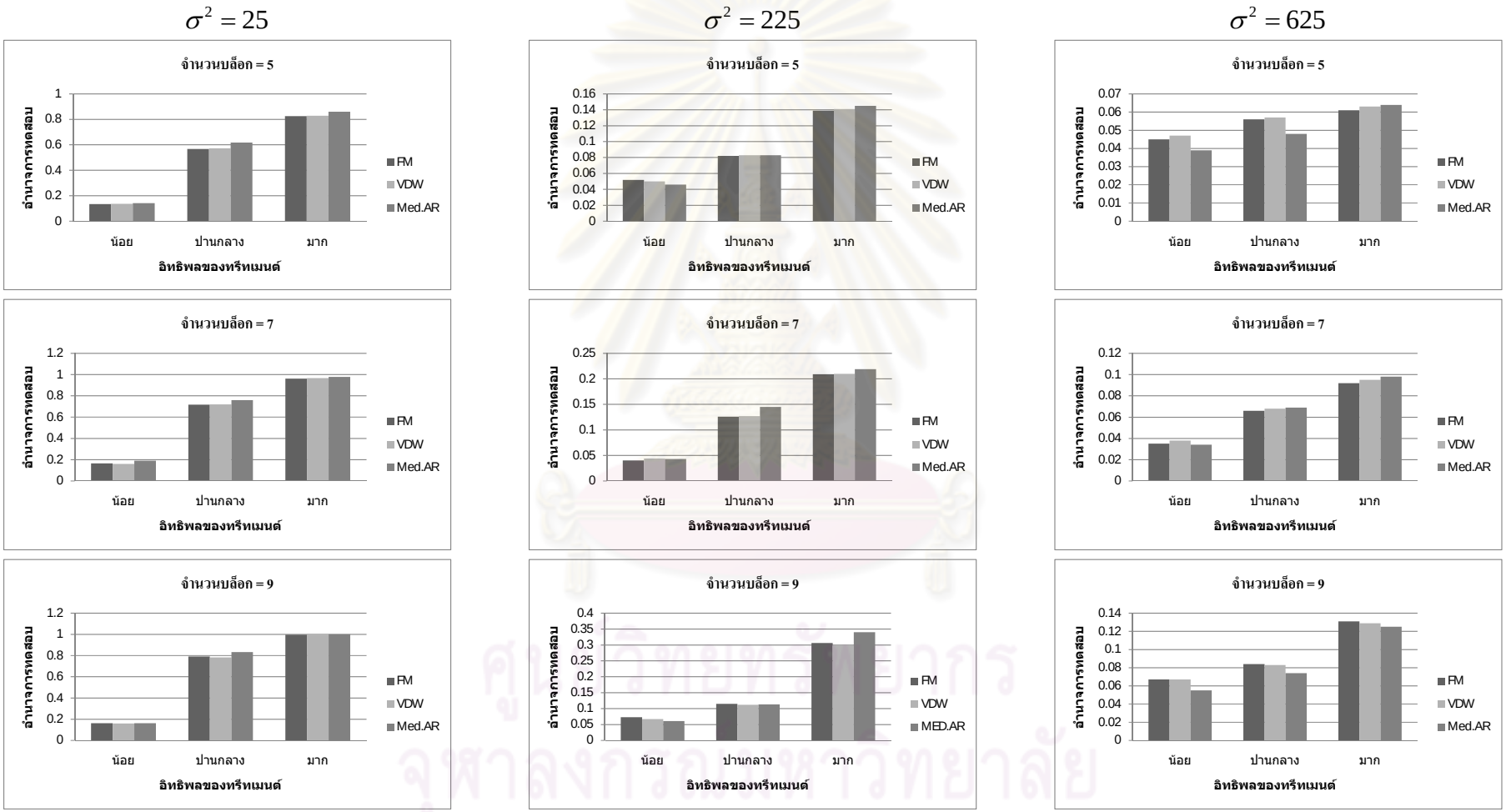
รูปที่ 4.31 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



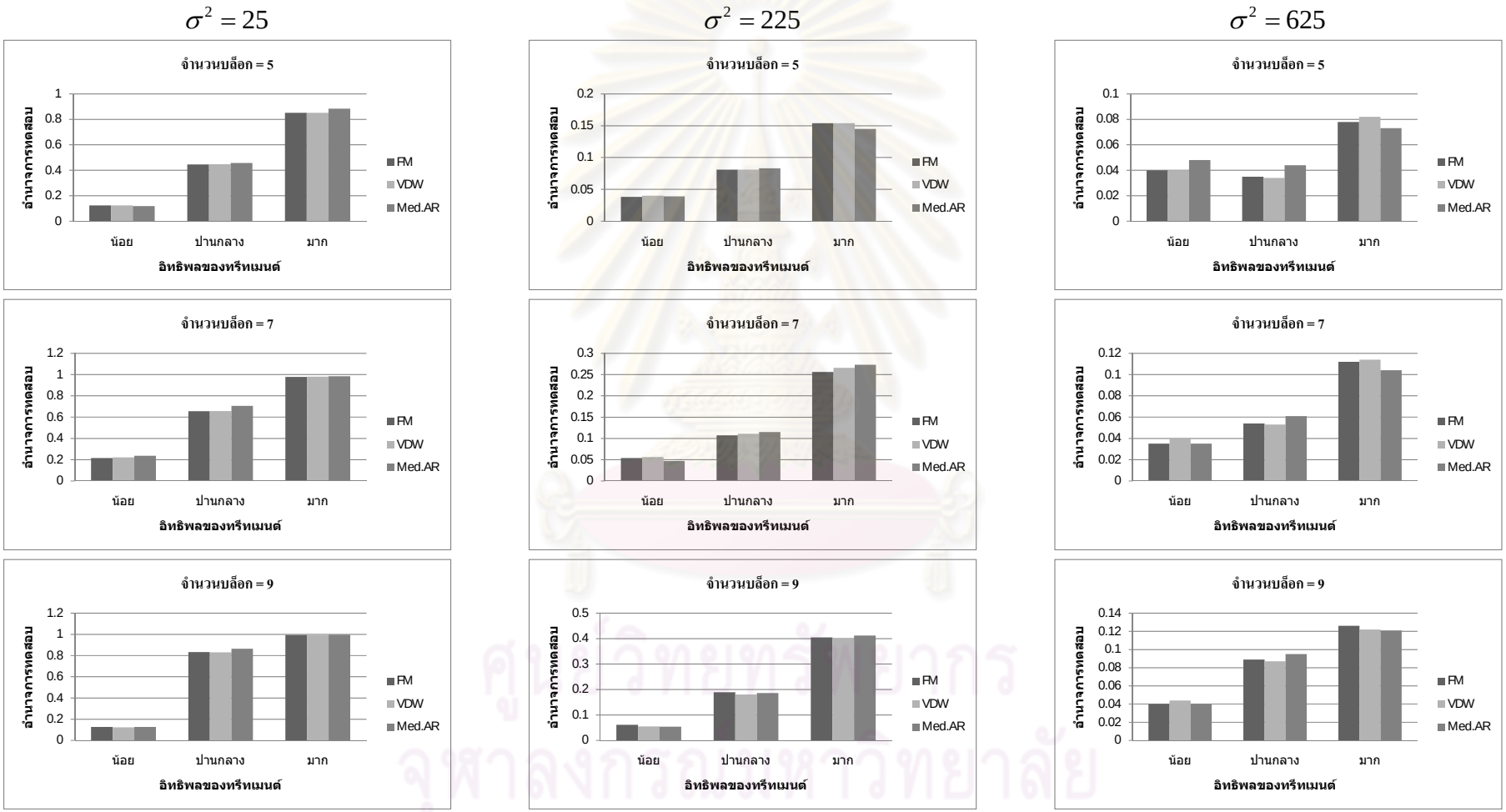
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.32 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.33 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
4.6	น้อย	FM	.187	.036	.039	.273	.048	.037	.439	.066	.051
		VDW	.189	.038	.038	.271	.052	.036	.444	.066	.053
		Med.AR	.188	.032	.033	.295	.047	.033	.463	.066	.050
	ปานกลาง	FM	.594	.067	.042	.830	.140	.084	.892	.200	.069
		VDW	.583	.064	.041	.833	.142	.085	.888	.202	.071
		Med.AR	.621	.057	.037	.847	.140	.087	.915	.217	.081
	มาก	FM	.951	.166	.065	.999	.277	.127	1.000	.435	.137
		VDW	.942	.168	.059	.999	.276	.128	1.000	.430	.144
		Med.AR	.967	.170	.066	1.000	.296	.128	1.000	.459	.140
6.6	น้อย	FM	.158	.032	.032	.231	.045	.040	.439	.067	.058
		VDW	.157	.029	.032	.231	.047	.046	.442	.065	.061
		Med.AR	.146	.027	.028	.239	.043	.039	.471	.067	.056
	ปานกลาง	FM	.713	.095	.047	.780	.119	.061	.926	.195	.089
		VDW	.704	.096	.053	.777	.117	.059	.931	.197	.091
		Med.AR	.744	.099	.047	.823	.110	.070	.957	.195	.098
	มาก	FM	.935	.192	.071	.999	.281	.099	.999	.383	.150
		VDW	.940	.191	.072	.999	.276	.102	.999	.380	.148
		Med.AR	.961	.199	.067	.999	.292	.102	1.000	.401	.161
8.6	น้อย	FM	.092	.043	.036	.386	.056	.058	.305	.081	.045
		VDW	.091	.039	.034	.382	.058	.058	.300	.078	.044
		Med.AR	.091	.043	.034	.399	.052	.051	.341	.086	.039
	ปานกลาง	FM	.590	.098	.065	.888	.123	.070	.941	.177	.103
		VDW	.565	.094	.061	.872	.118	.070	.942	.165	.100
		Med.AR	.586	.094	.058	.905	.127	.076	.957	.181	.105
	มาก	FM	.956	.253	.084	1.000	.384	.147	1.000	.467	.180
		VDW	.953	.242	.083	1.000	.379	.139	1.000	.464	.180
		Med.AR	.966	.255	.096	1.000	.394	.151	1.000	.482	.188

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.18 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6, 6.6 และ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

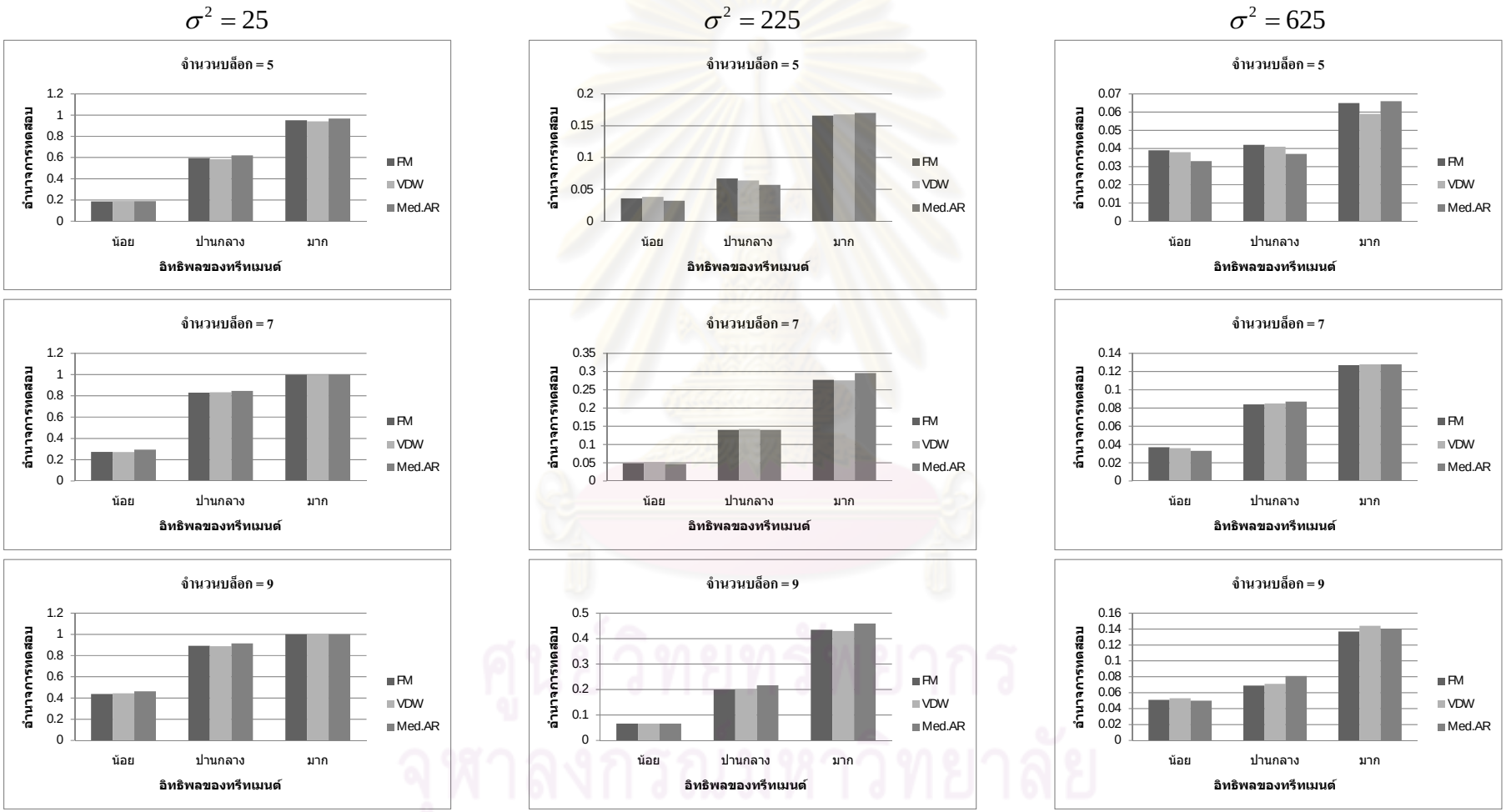
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

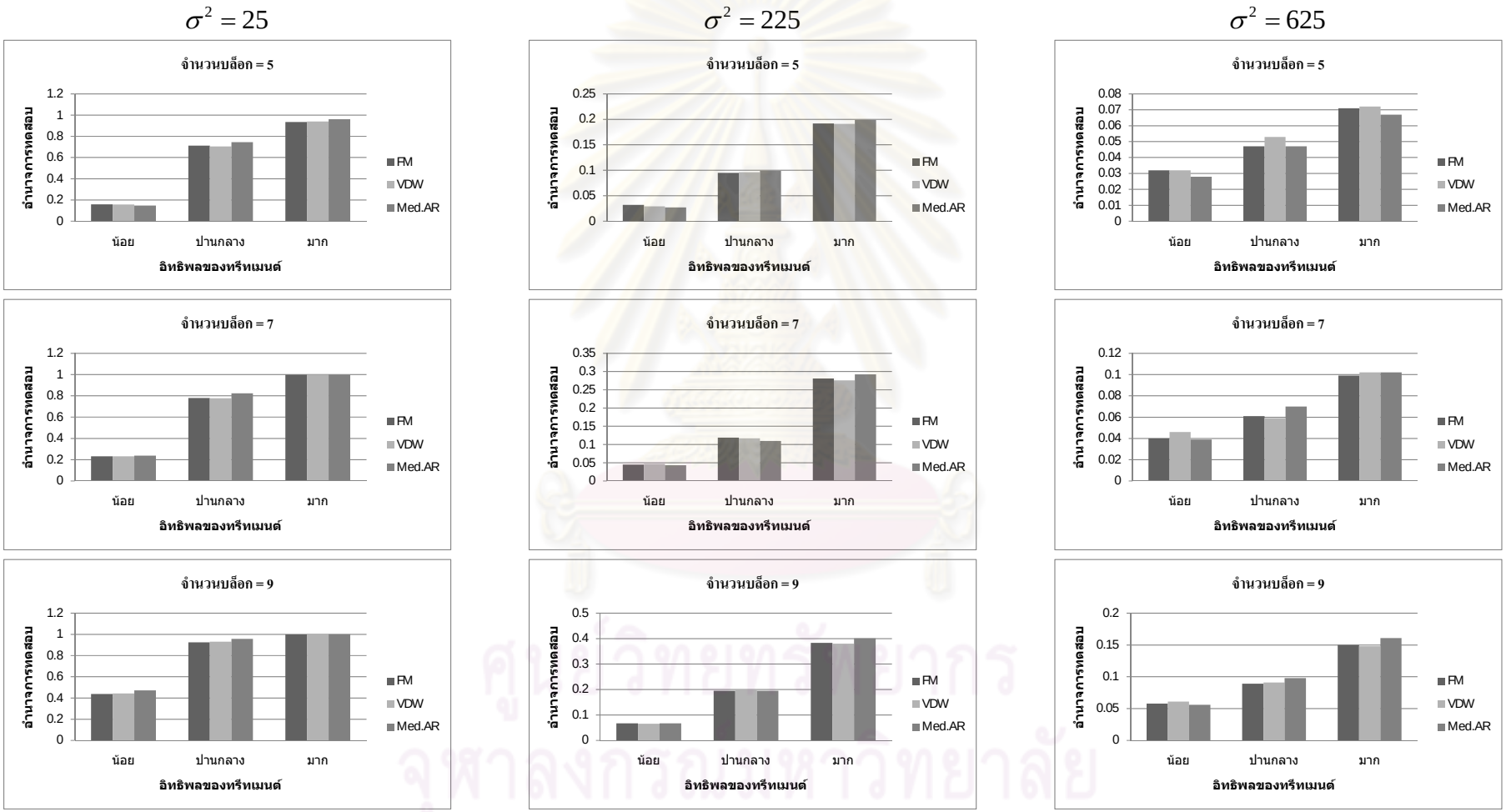
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.34 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 4.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7



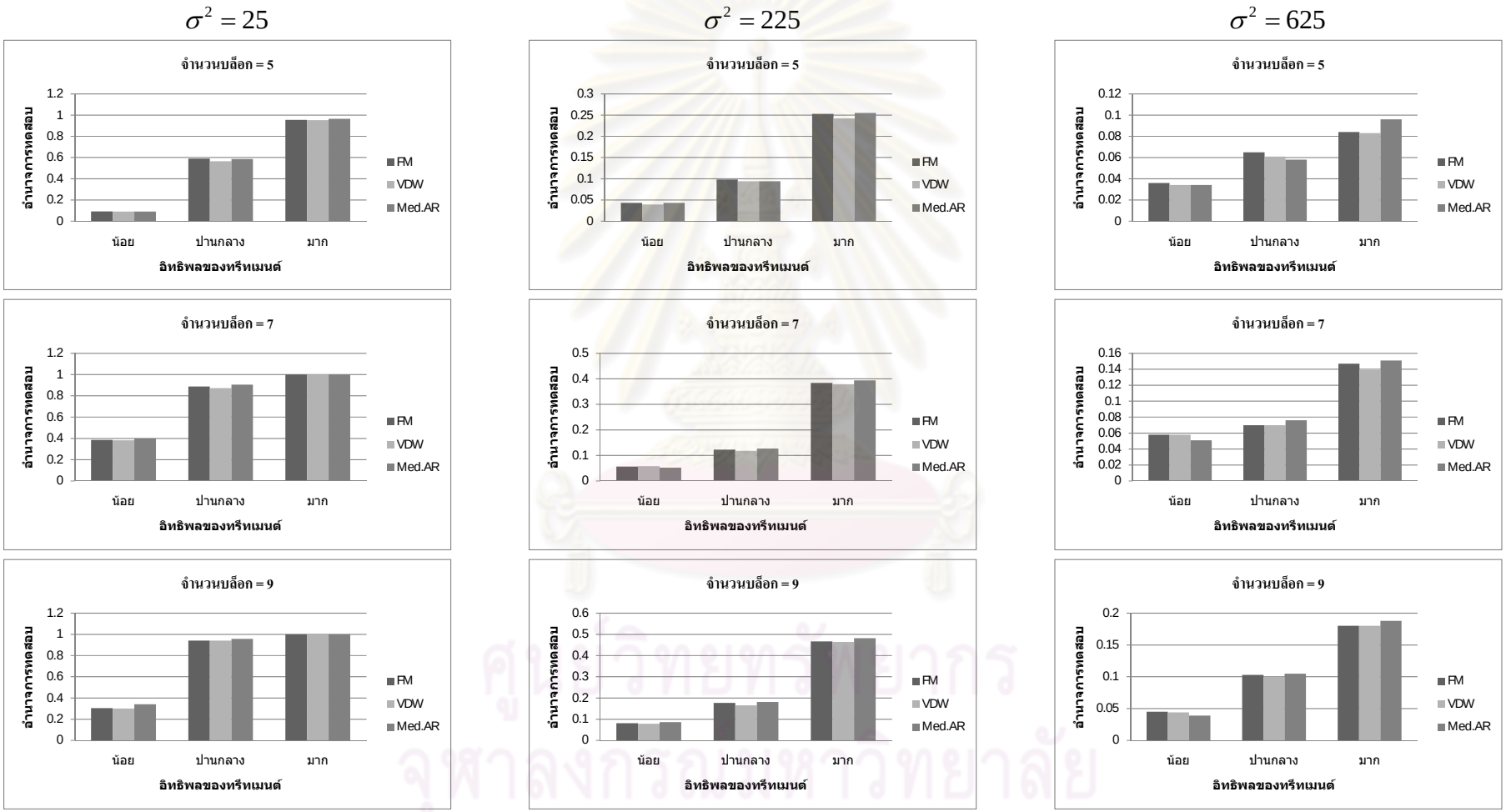
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.35 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.36 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8.6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
6	น้อย	FM	.105	.053	.056	-	.045	.028	.244	.059	.050
		VDW	.105	.053	.056	.116	.083	.062	.272	.069	.055
		Med.AR	.115	.050	.047	.095	.069	.047	.243	.054	.046
	ปานกลาง	FM	.290	.067	.050	-	.051	.054	.720	.145	.087
		VDW	.290	.067	.050	.573	.084	.080	.743	.167	.102
		Med.AR	.289	.066	.042	.581	.082	.065	.764	.155	.084
	มาก	FM	.628	.136	.061	-	.138	.063	.969	.263	.156
		VDW	.628	.136	.061	.889	.207	.102	.973	.296	.178
		Med.AR	.645	.129	.057	.904	.199	.093	.982	.274	.155
8	น้อย	FM	.075	.042	.044	.084	.028	.028	.141	.054	.050
		VDW	.075	.042	.044	.147	.050	.057	.159	.063	.060
		Med.AR	.075	.040	.037	.127	.048	.041	.142	.048	.046
	ปานกลาง	FM	.327	.080	.050	.528	.059	.043	.552	.118	.062
		VDW	.327	.080	.050	.656	.102	.079	.586	.136	.069
		Med.AR	.332	.078	.045	.664	.094	.066	.594	.126	.062
	มาก	FM	.714	.143	.069	.773	.129	.063	.950	.247	.128
		VDW	.714	.143	.069	.863	.208	.093	.958	.276	.147
		Med.AR	.735	.143	.060	.858	.187	.085	.966	.237	.124
10	น้อย	FM	.114	.049	.050	.116	.041	.027	.133	.080	.053
		VDW	.114	.049	.050	.169	.061	.057	.145	.088	.058
		Med.AR	.104	.050	.043	.166	.056	.043	.136	.071	.050
	ปานกลาง	FM	.413	.066	.055	.382	.068	.047	.652	.147	.079
		VDW	.413	.066	.055	.509	.110	.084	.678	.172	.096
		Med.AR	.419	.067	.049	.509	.102	.068	.698	.142	.090
	มาก	FM	.670	.129	.071	.755	.137	.064	.951	.266	.135
		VDW	.670	.129	.071	.839	.215	.109	.955	.298	.148
		Med.AR	.691	.128	.071	.836	.201	.093	.962	.274	.125

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.19 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

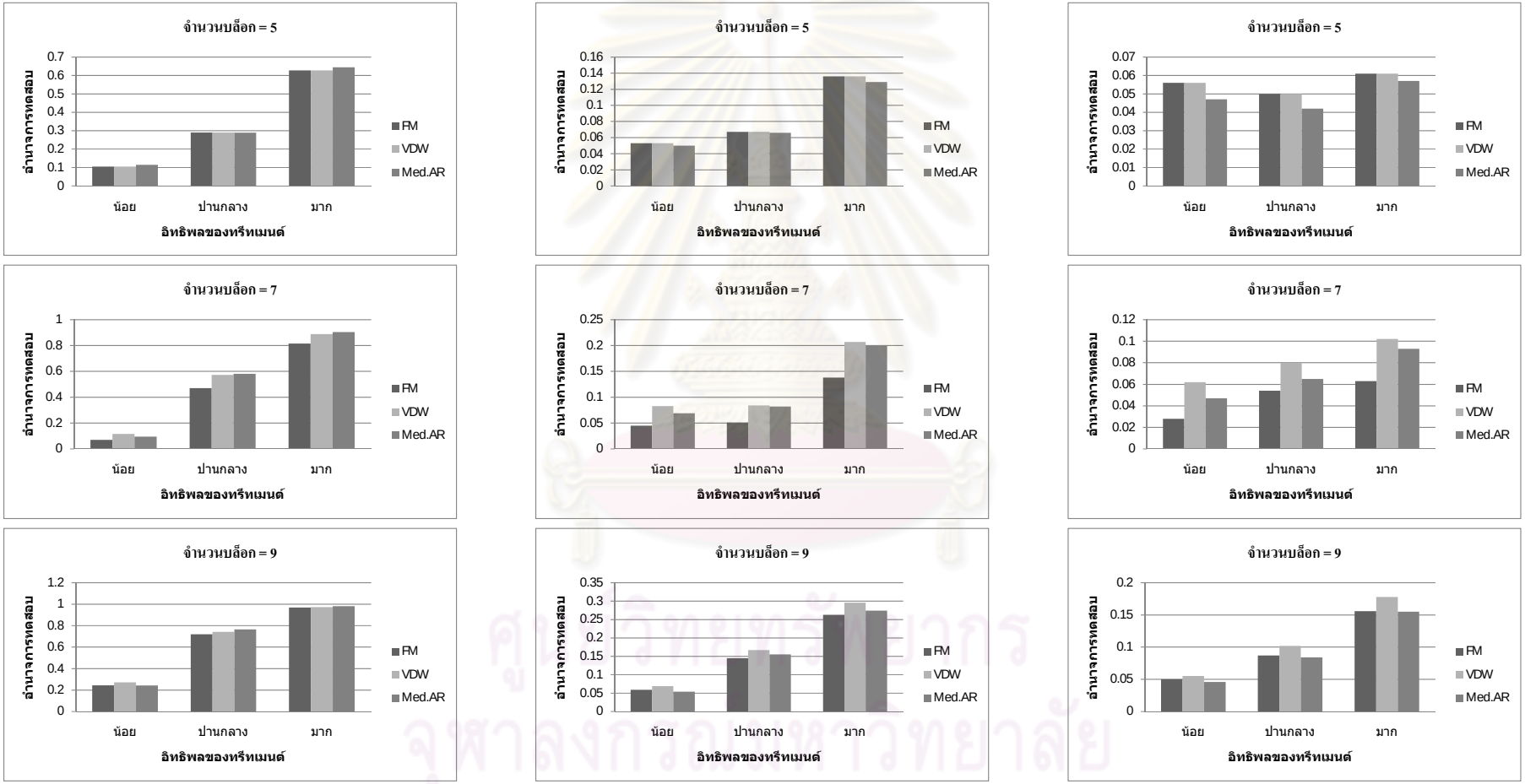
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.37 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

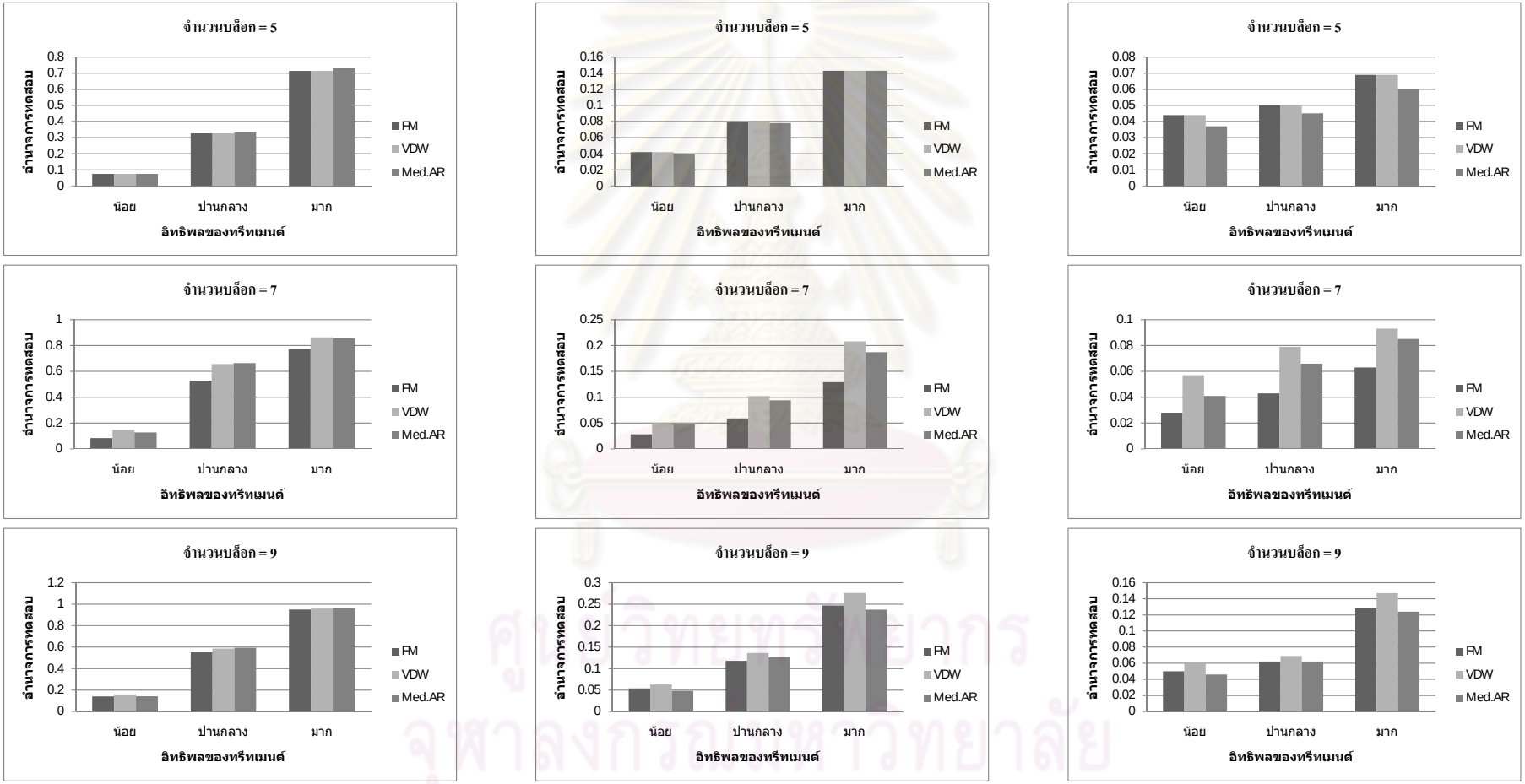
$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.38 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

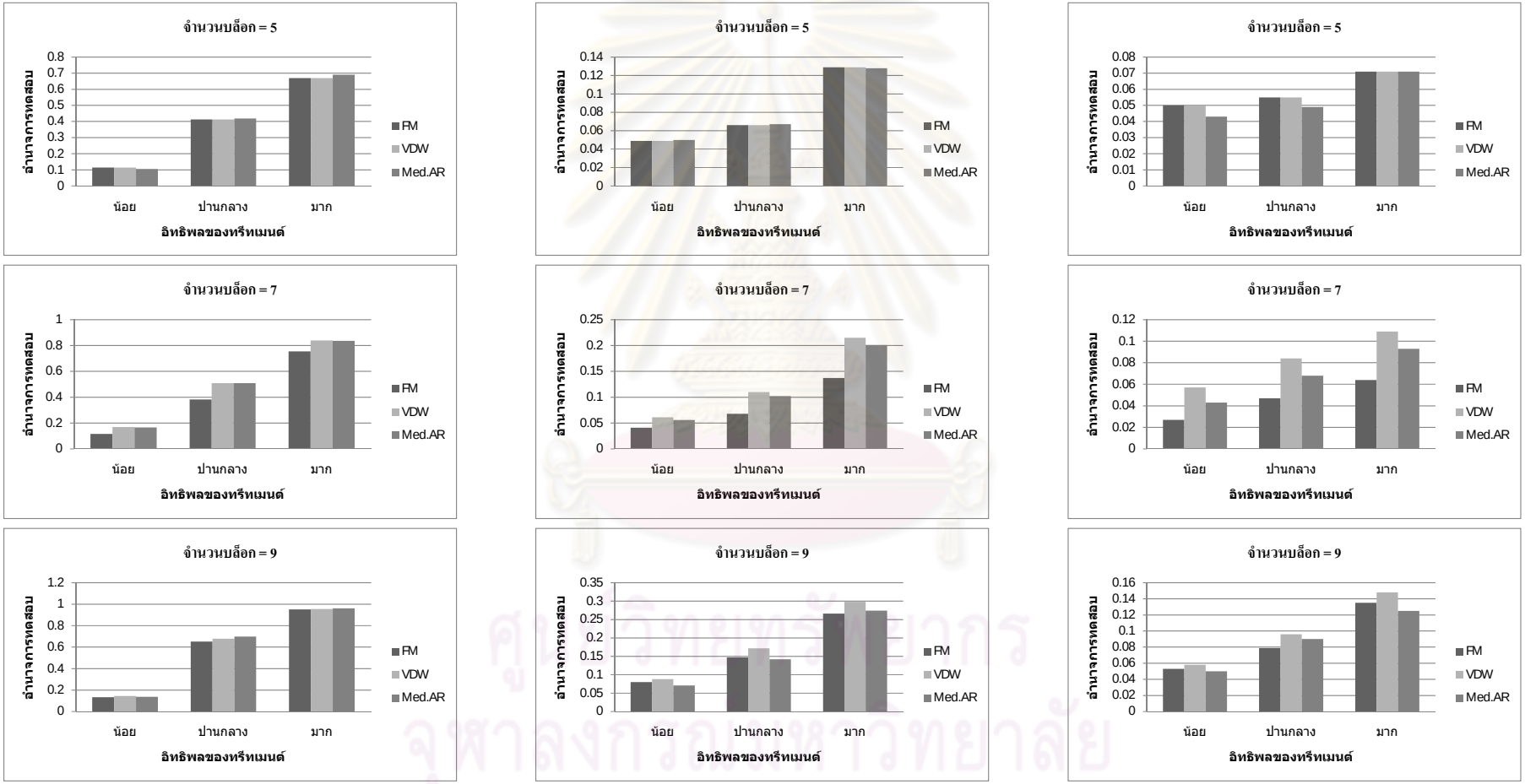
$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.39 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
6	น้อย	FM	.142	.036	.037	.132	.068	.042	.257	.071	.050
		VDW	.144	.036	.041	.142	.074	.046	.254	.068	.048
		Med.AR	.150	.039	.041	.153	.070	.040	.274	.077	.049
	ปานกลาง	FM	.566	.091	.042	.651	.100	.058	.822	.149	.075
		VDW	.567	.094	.042	.655	.105	.063	.823	.147	.074
		Med.AR	.614	.112	.053	.702	.107	.065	.869	.155	.082
	มาก	FM	.893	.131	.065	.989	.230	.112	.999	.309	.142
		VDW	.892	.134	.067	.991	.238	.118	.999	.302	.137
		Med.AR	.923	.138	.069	.999	.248	.114	1.000	.338	.145
8	น้อย	FM	.183	.052	.034	.168	.046	.052	.137	.052	.054
		VDW	.184	.053	.035	.172	.045	.055	.140	.051	.048
		Med.AR	.192	.058	.034	.183	.041	.061	.149	.051	.053
	ปานกลาง	FM	.609	.069	.051	.799	.123	.074	.899	.172	.090
		VDW	.610	.069	.055	.799	.123	.079	.899	.169	.086
		Med.AR	.647	.074	.054	.838	.134	.080	.931	.164	.084
	มาก	FM	.889	.168	.095	.989	.256	.114	.999	.391	.133
		VDW	.890	.169	.096	.989	.267	.120	.998	.383	.130
		Med.AR	.906	.178	.093	.992	.288	.122	.999	.405	.132
10	น้อย	FM	.079	.036	.039	-	.038	.043	.420	.044	.034
		VDW	.081	.035	.041	.163	.042	.041	.412	.045	.035
		Med.AR	.080	.031	.041	.166	.043	.048	.455	.053	.040
	ปานกลาง	FM	.565	.072	.043	-	.098	.073	.946	.138	.092
		VDW	.567	.073	.047	.795	.104	.076	.946	.134	.090
		Med.AR	.619	.074	.048	.835	.104	.082	.960	.146	.086
	มาก	FM	.830	.175	.084	-	.198	.105	.998	.341	.160
		VDW	.835	.176	.087	.990	.199	.108	.998	.337	.158
		Med.AR	.858	.167	.093	.994	.213	.109	.998	.350	.174

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.20 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

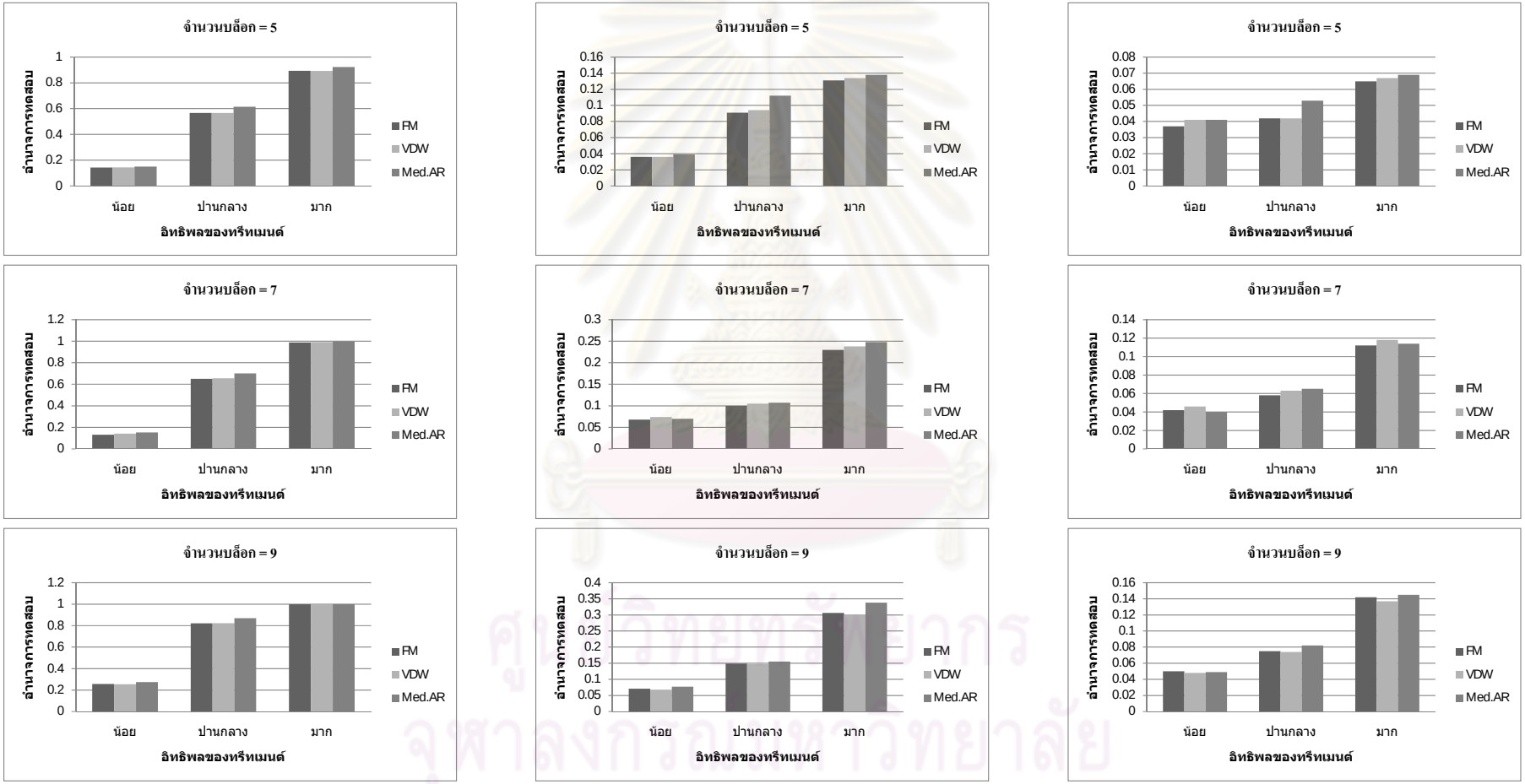
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

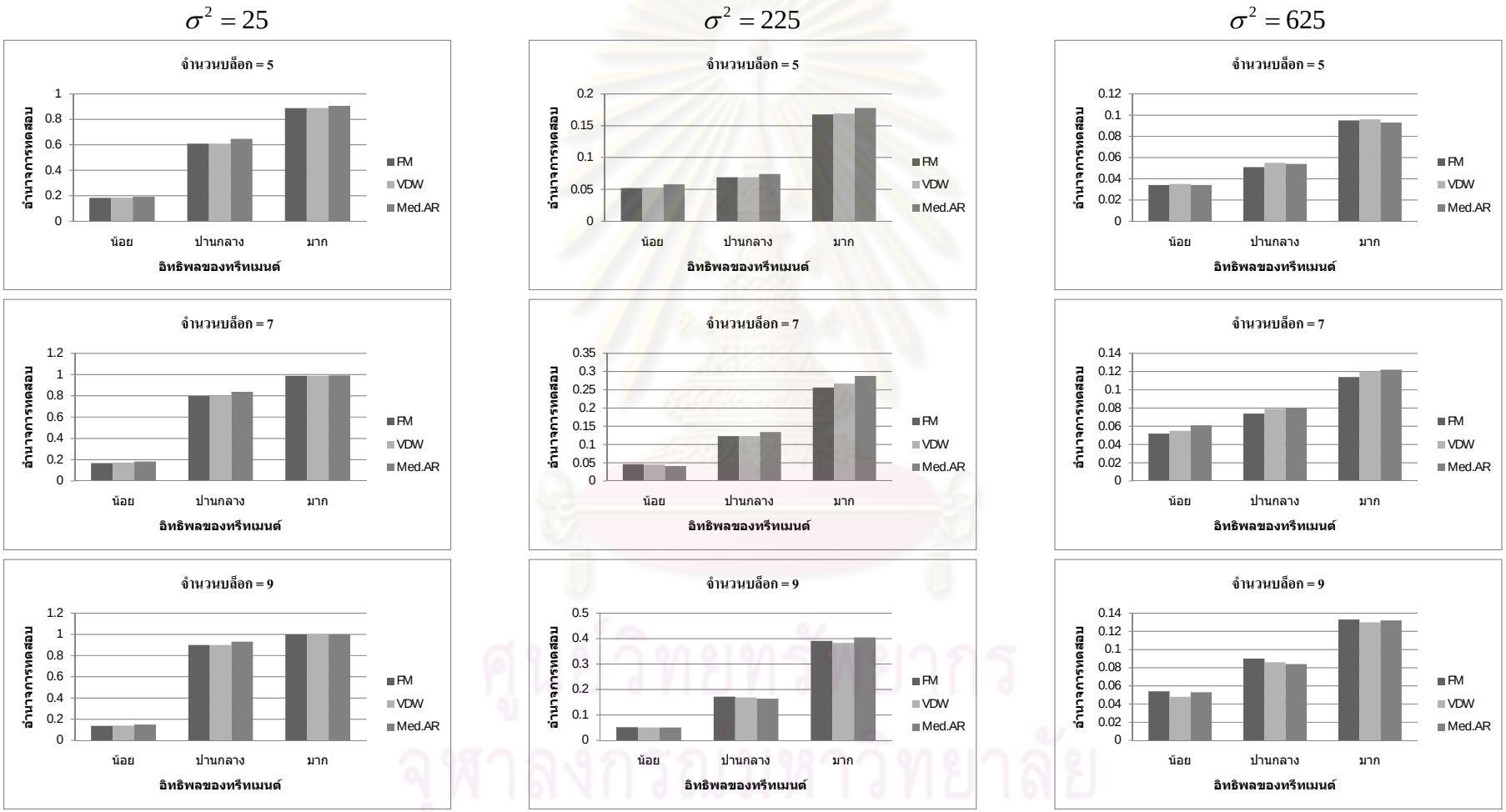
รูปที่ 4.40 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

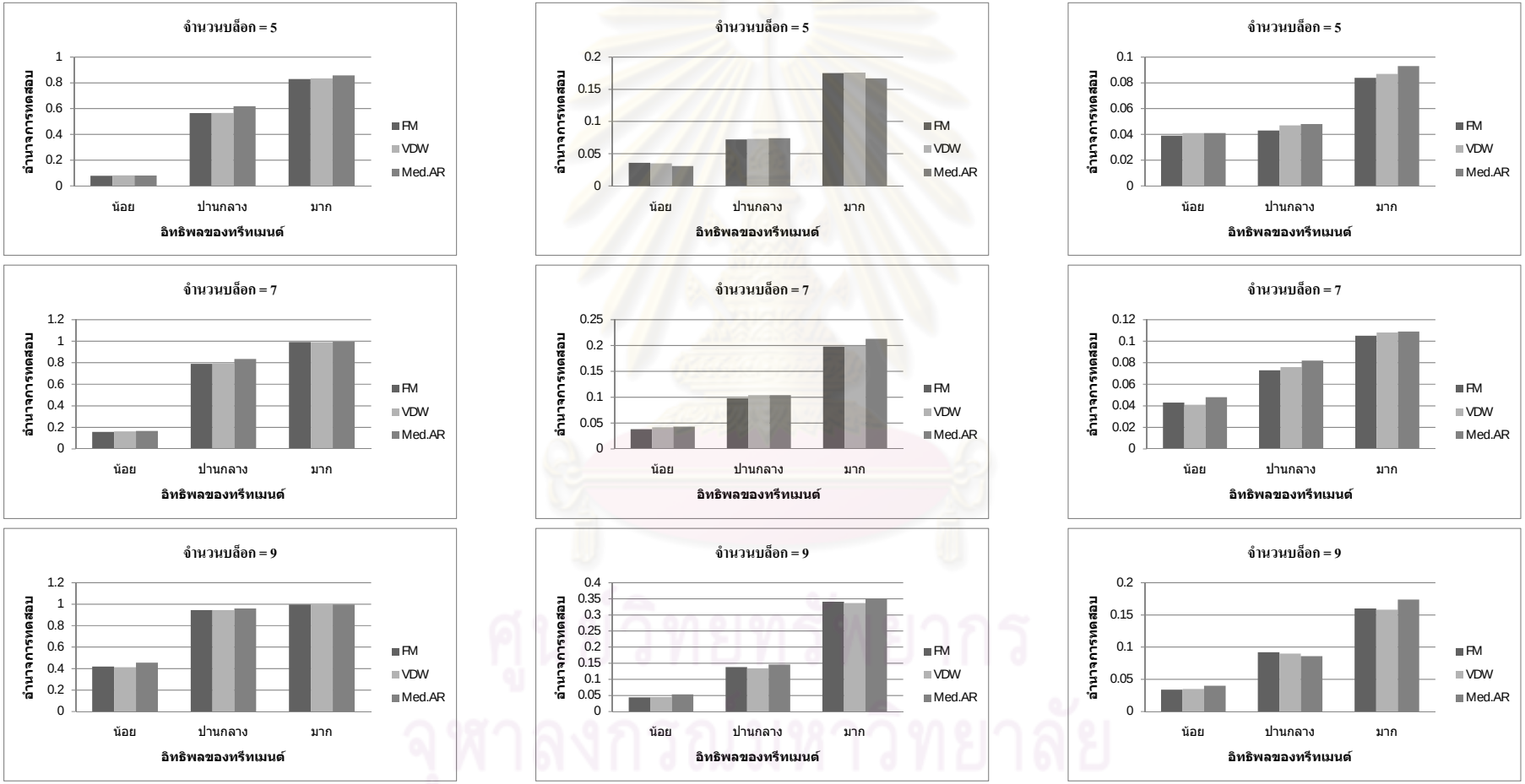
รูปที่ 4.41 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.42 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
6	น้อย	FM	.076	.033	.030	.148	.064	.042	.184	.087	.052
		VDW	.079	.037	.030	.152	.071	.041	.186	.085	.050
		Med.AR	-	.033	.036	.137	.062	.043	.192	.083	.045
	ปานกลาง	FM	.598	.103	.052	.861	.129	.065	.965	.193	.099
		VDW	.596	.097	.055	.857	.128	.063	.963	.195	.104
		Med.AR	-	.090	.046	.880	.118	.065	.972	.189	.079
	มาก	FM	.939	.250	.065	.996	.315	.130	1.000	.378	.208
		VDW	.933	.254	.069	.997	.320	.129	1.000	.383	.214
		Med.AR	-	.235	.066	.998	.312	.123	1.000	.389	.207
8	น้อย	FM	.220	.049	.029	.268	.050	.051	.192	.070	.047
		VDW	.216	.050	.031	.260	.051	.051	.196	.071	.049
		Med.AR	.227	.047	.031	.272	.042	.045	.192	.073	.049
	ปานกลาง	FM	.609	.080	.047	.929	.165	.060	.946	.226	.091
		VDW	.598	.079	.050	.930	.166	.058	.944	.224	.092
		Med.AR	.637	.085	.051	.940	.174	.055	.958	.239	.087
	มาก	FM	.965	.179	.089	.995	.347	.137	1.000	.413	.161
		VDW	.961	.174	.084	.993	.342	.141	1.000	.410	.164
		Med.AR	.969	.189	.088	.998	.354	.137	1.000	.432	.172
10	น้อย	FM	.160	.040	.040	.108	.052	.044	.166	.089	.047
		VDW	.157	.041	.038	.108	.050	.044	.170	.085	.046
		Med.AR	.158	.041	.034	.114	.056	.037	.180	.089	.046
	ปานกลาง	FM	.548	.077	.063	.948	.107	.067	.955	.168	.083
		VDW	.540	.071	.060	.943	.103	.066	.950	.173	.080
		Med.AR	.569	.066	.058	.962	.115	.066	.972	.183	.087
	มาก	FM	.930	.204	.081	1.000	.362	.121	1.000	.439	.191
		VDW	.920	.198	.083	1.000	.360	.117	1.000	.432	.199
		Med.AR	.940	.208	.087	1.000	.380	.125	1.000	.460	.190

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.21 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6, 8 และ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

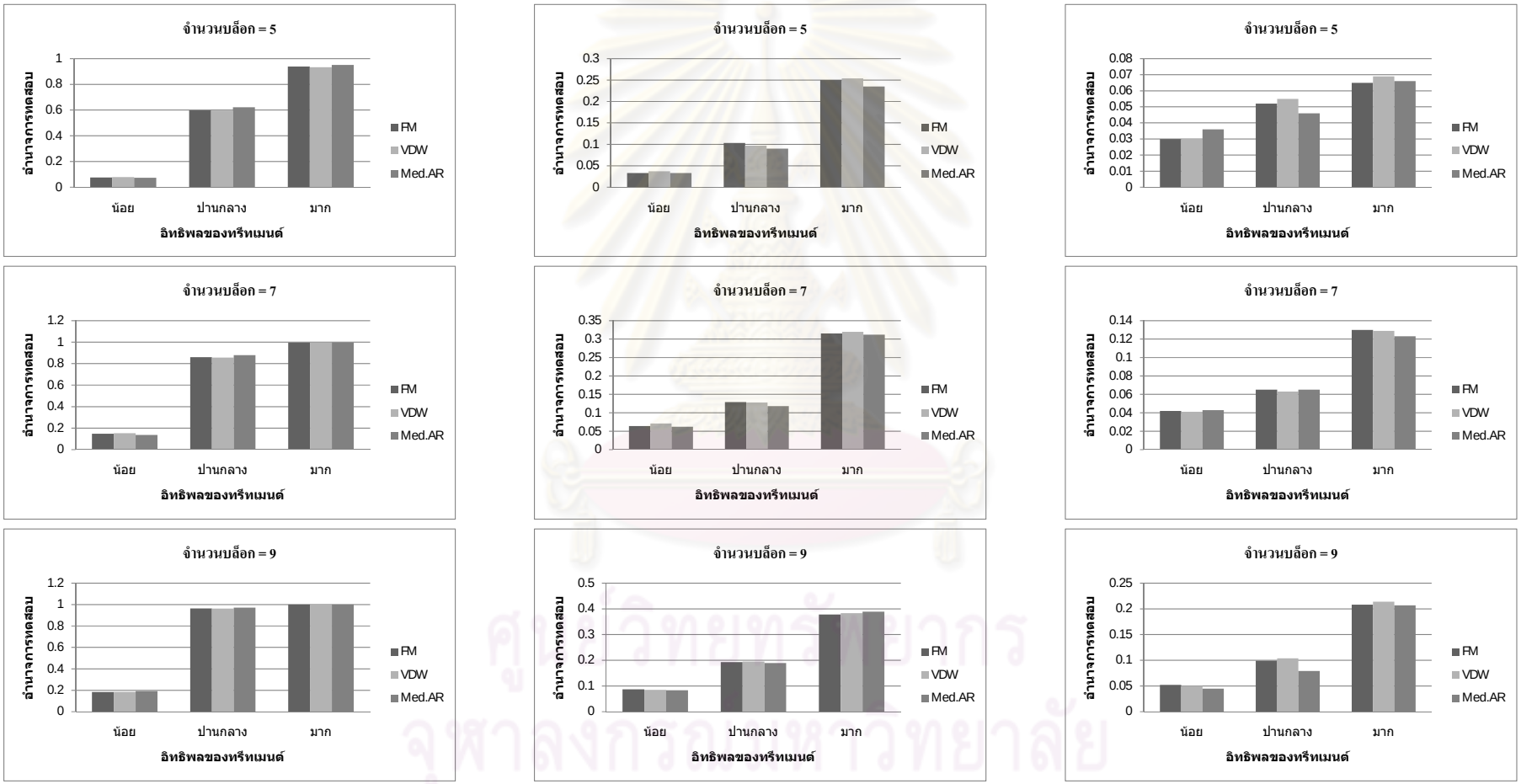
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.43 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 6 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

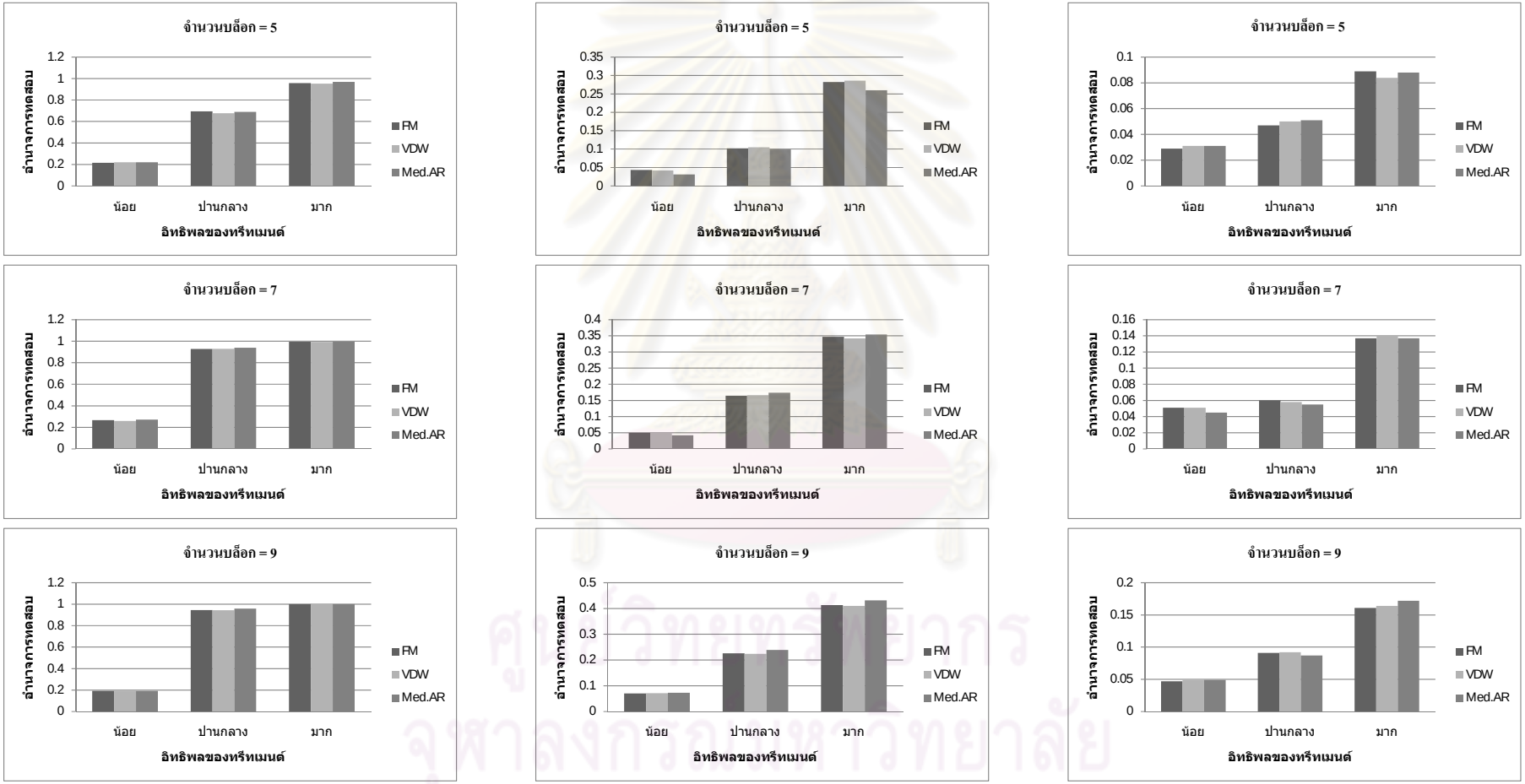
$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.44 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

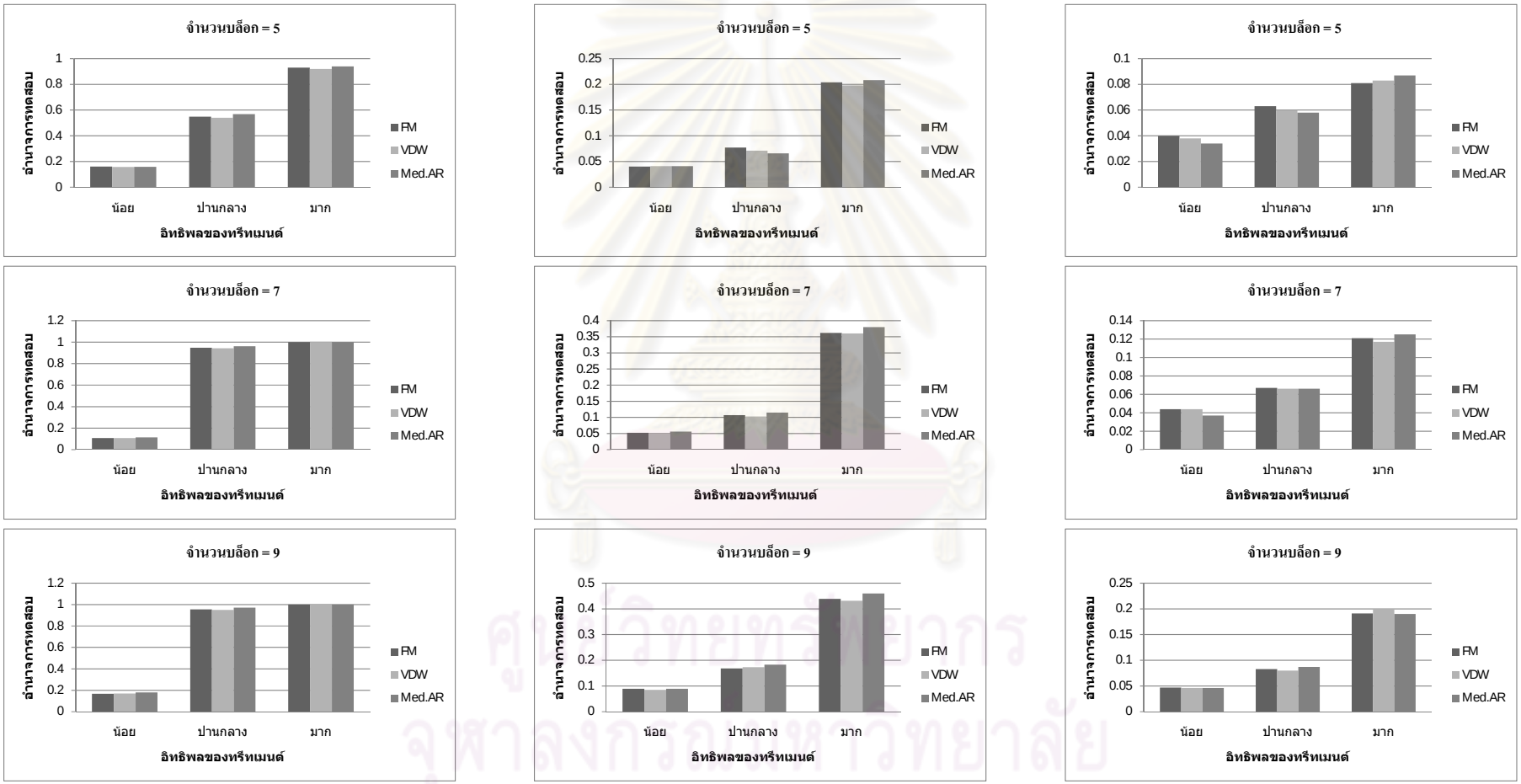
$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.45 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
8	น้อย	FM	.105	.049	.043	-	-	.026	.179	.057	.055
		VDW	.105	.049	.043	.231	.081	.049	.200	.066	.067
		Med.AR	.100	.040	.041	.225	.065	.043	.186	.054	.047
	ปานกลาง	FM	.325	.086	.049	-	-	.057	.728	.117	.097
		VDW	.352	.086	.049	.585	.160	.093	.751	.140	.113
		Med.AR	.319	.081	.043	.566	.144	.081	.748	.123	.102
	มาก	FM	.749	.136	.078	-	-	.086	.941	.336	.160
		VDW	.749	.136	.078	.944	.233	.143	.951	.368	.183
		Med.AR	.764	.138	.080	.937	.215	.116	.962	.343	.166
10	น้อย	FM	.139	.042	.043	-	.024	.036	.151	.081	.054
		VDW	.139	.042	.043	.249	.062	.064	.174	.091	.061
		Med.AR	.142	.040	.038	.237	.048	.051	.165	.078	.047
	ปานกลาง	FM	.481	.085	.046	-	.076	.048	.779	.153	.069
		VDW	.481	.085	.046	.487	.120	.085	.800	.179	.085
		Med.AR	.496	.076	.051	.477	.107	.074	.807	.158	.078
	มาก	FM	.724	.103	.063	-	.126	.063	.956	.250	.114
		VDW	.724	.103	.063	.855	.194	.098	.961	.273	.134
		Med.AR	.737	.107	.064	.853	.197	.095	.968	.257	.123
12	น้อย	FM	.083	.047	.042	.129	-	.032	.139	.054	.058
		VDW	.083	.047	.042	.202	.053	.061	.161	.067	.065
		Med.AR	.073	.037	.038	.188	.052	.053	.144	.054	.047
	ปานกลาง	FM	.328	.088	.031	.543	-	.052	.604	.116	.074
		VDW	.328	.088	.031	.668	.123	.091	.624	.135	.092
		Med.AR	.330	.080	.030	.662	.112	.079	.626	.118	.086
	มาก	FM	.675	.124	.064	.780	-	.058	.957	.276	.119
		VDW	.675	.124	.064	.868	.229	.097	.961	.302	.140
		Med.AR	.691	.125	.064	.846	.233	.091	.967	.301	.123

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.22 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

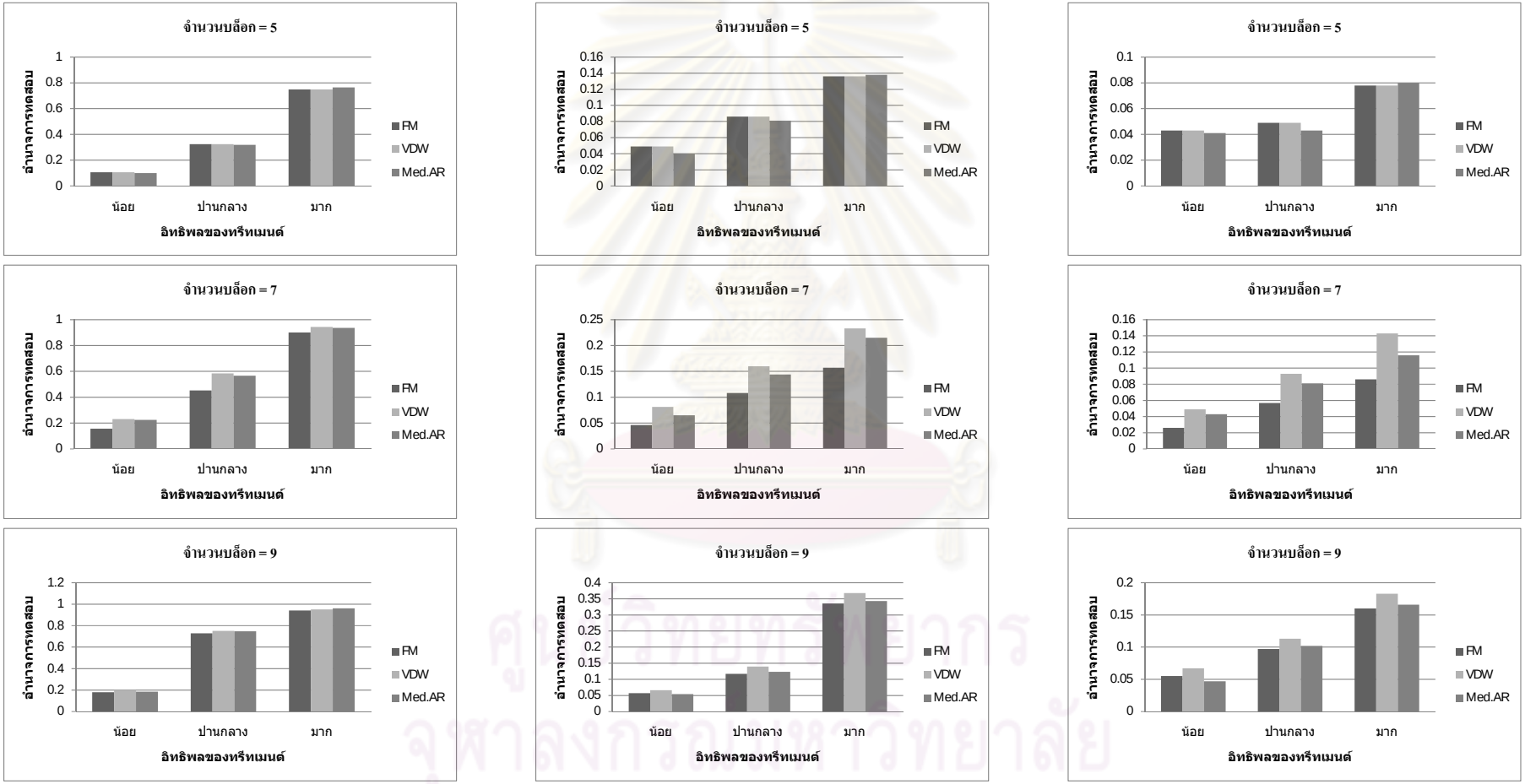
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.46 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

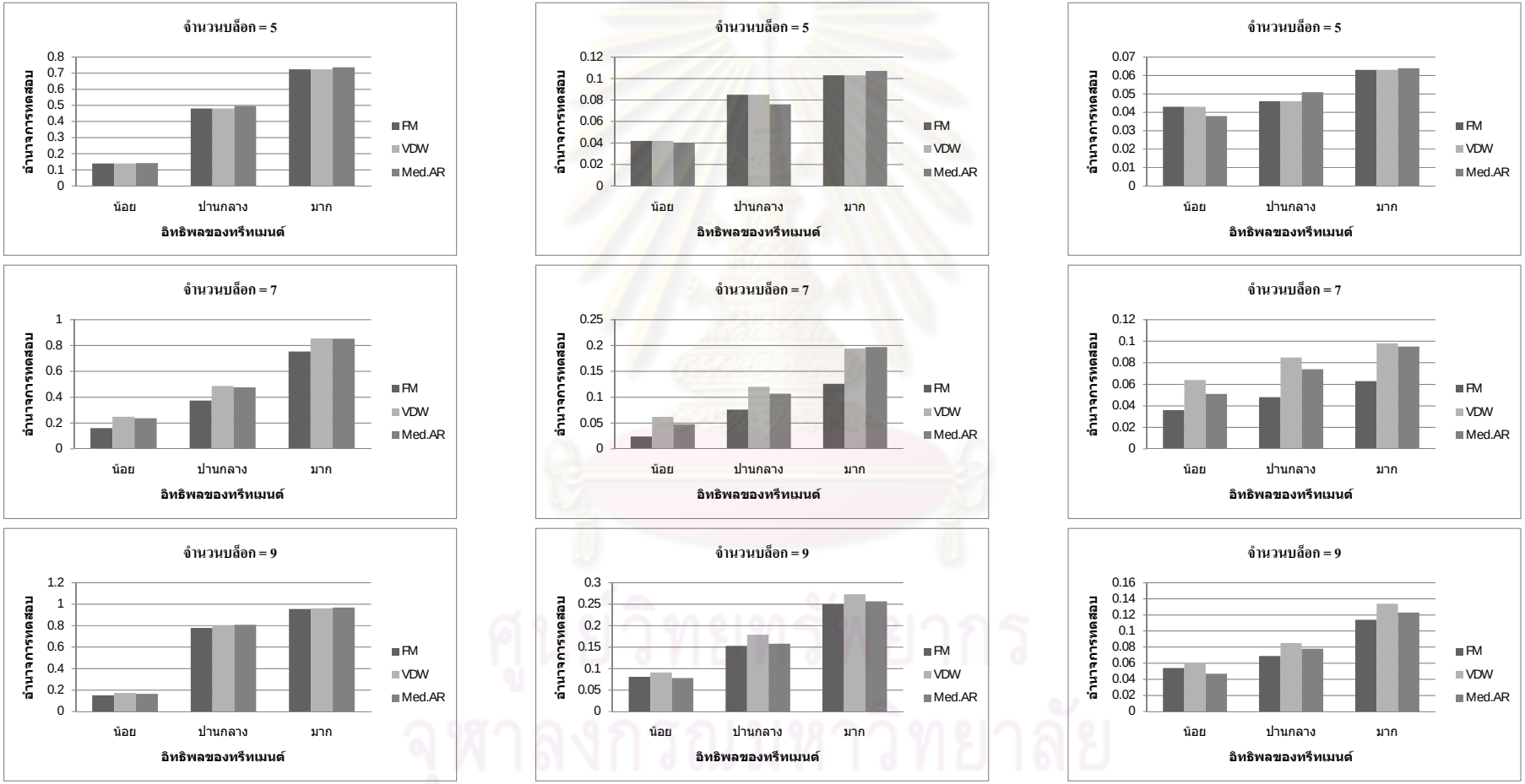
$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.47 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

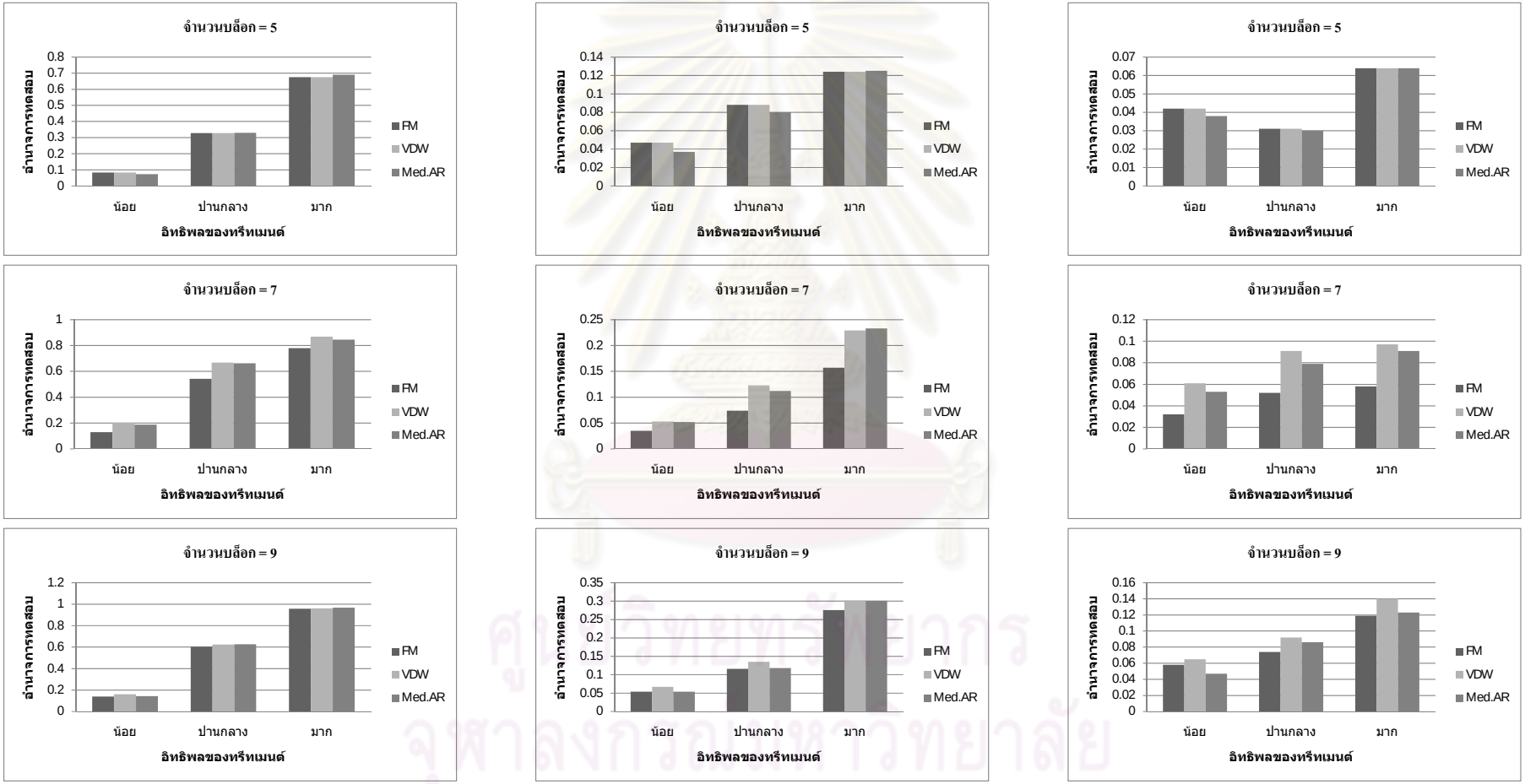
$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.48 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
8	น้อย	FM	.219	.066	.053	.190	.049	.057	.342	.067	.053
		VDW	.217	.070	.055	.198	.054	.057	.338	.062	.050
		Med.AR	.247	.060	.056	.212	.055	.051	.358	.060	.052
	ปานกลาง	FM	.673	.074	.044	.685	.134	.079	.893	.223	.116
		VDW	.670	.072	.045	.690	.138	.087	.884	.221	.115
		Med.AR	.712	.078	.048	.740	.147	.085	.915	.252	.127
	มาก	FM	.895	.180	.094	.979	.348	.136	1.000	.498	.201
		VDW	.891	.184	.098	.978	.359	.142	.999	.499	.197
		Med.AR	.927	.197	.091	.989	.391	.146	1.000	.524	.209
10	น้อย	FM	.075	.048	.030	.159	.052	.056	.315	.059	.049
		VDW	.079	.053	.033	.162	.051	.054	.316	.060	.048
		Med.AR	.087	.041	.035	.166	.045	.048	.337	.059	.044
	ปานกลาง	FM	.631	.074	.047	.795	.132	.057	.862	.127	.081
		VDW	.632	.077	.049	.803	.140	.058	.856	.123	.080
		Med.AR	.658	.075	.053	.831	.141	.064	.892	.155	.089
	มาก	FM	.887	.163	.086	.979	.314	.114	.998	.435	.156
		VDW	.887	.166	.086	.980	.321	.120	.998	.422	.156
		Med.AR	.916	.182	.090	.988	.351	.130	.999	.468	.155
12	น้อย	FM	.122	.035	.038	.182	.043	.048	.262	.055	.055
		VDW	.125	.035	.039	.191	.045	.050	.254	.054	.053
		Med.AR	.128	.027	.033	.219	.048	.044	.268	.058	.055
	ปานกลาง	FM	.421	.071	.042	.776	.100	.065	.952	.169	.070
		VDW	.421	.078	.046	.779	.104	.065	.948	.167	.067
		Med.AR	.445	.069	.047	.815	.108	.065	.971	.183	.085
	มาก	FM	.805	.181	.069	.984	.223	.114	1.000	.347	.182
		VDW	.803	.187	.071	.982	.232	.117	.999	.341	.180
		Med.AR	.833	.204	.074	.988	.268	.125	1.000	.387	.185

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.23 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

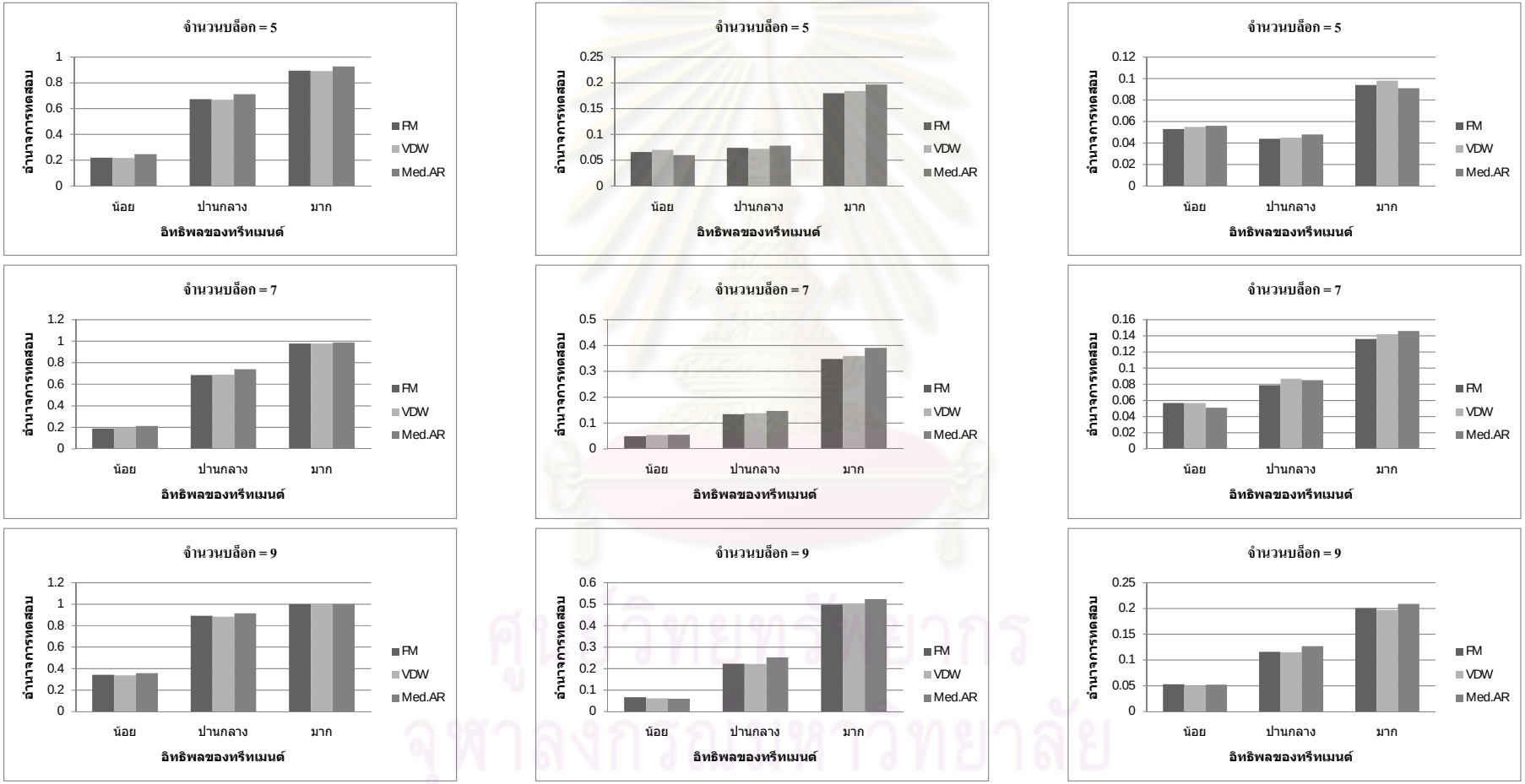
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.49 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

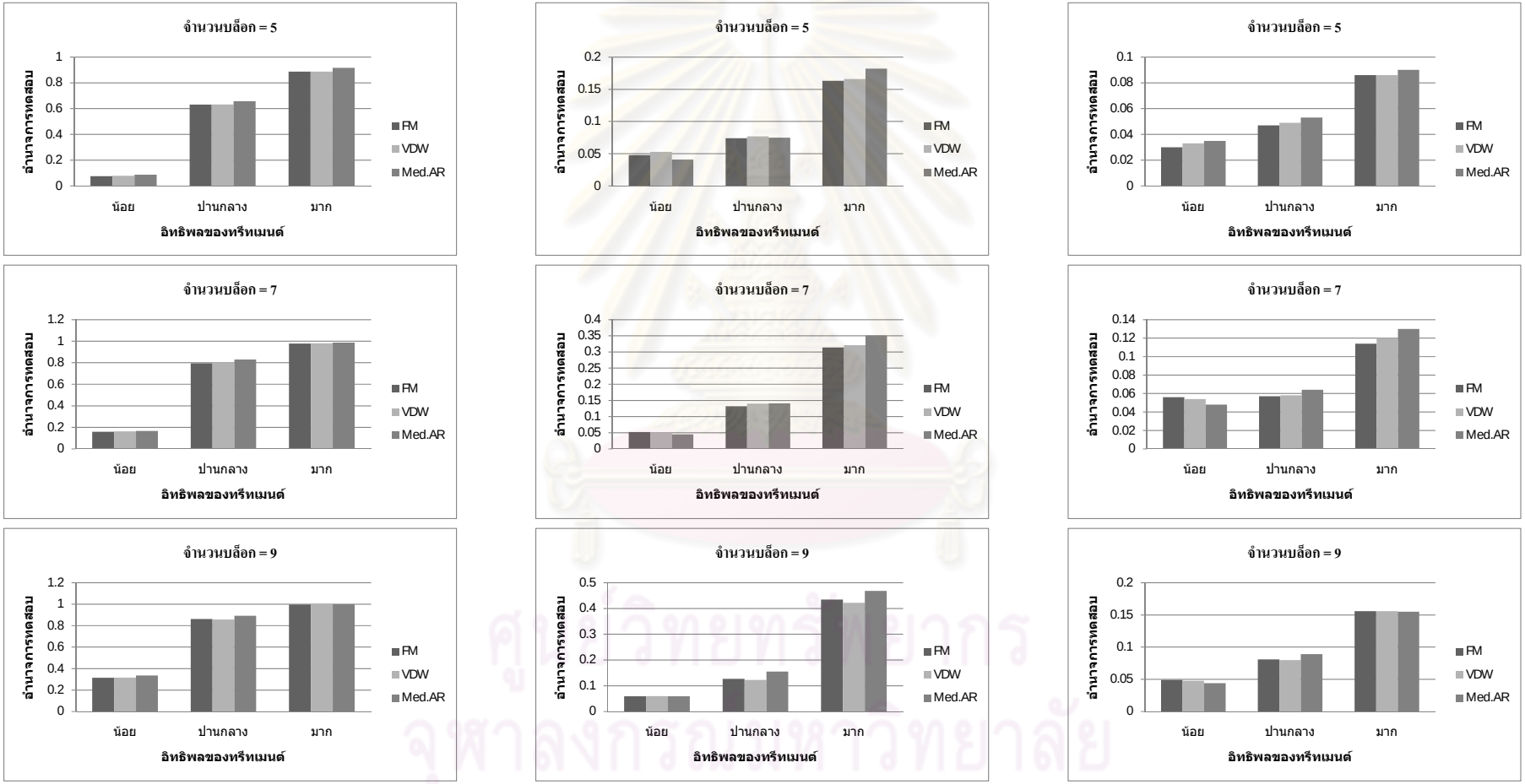
$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

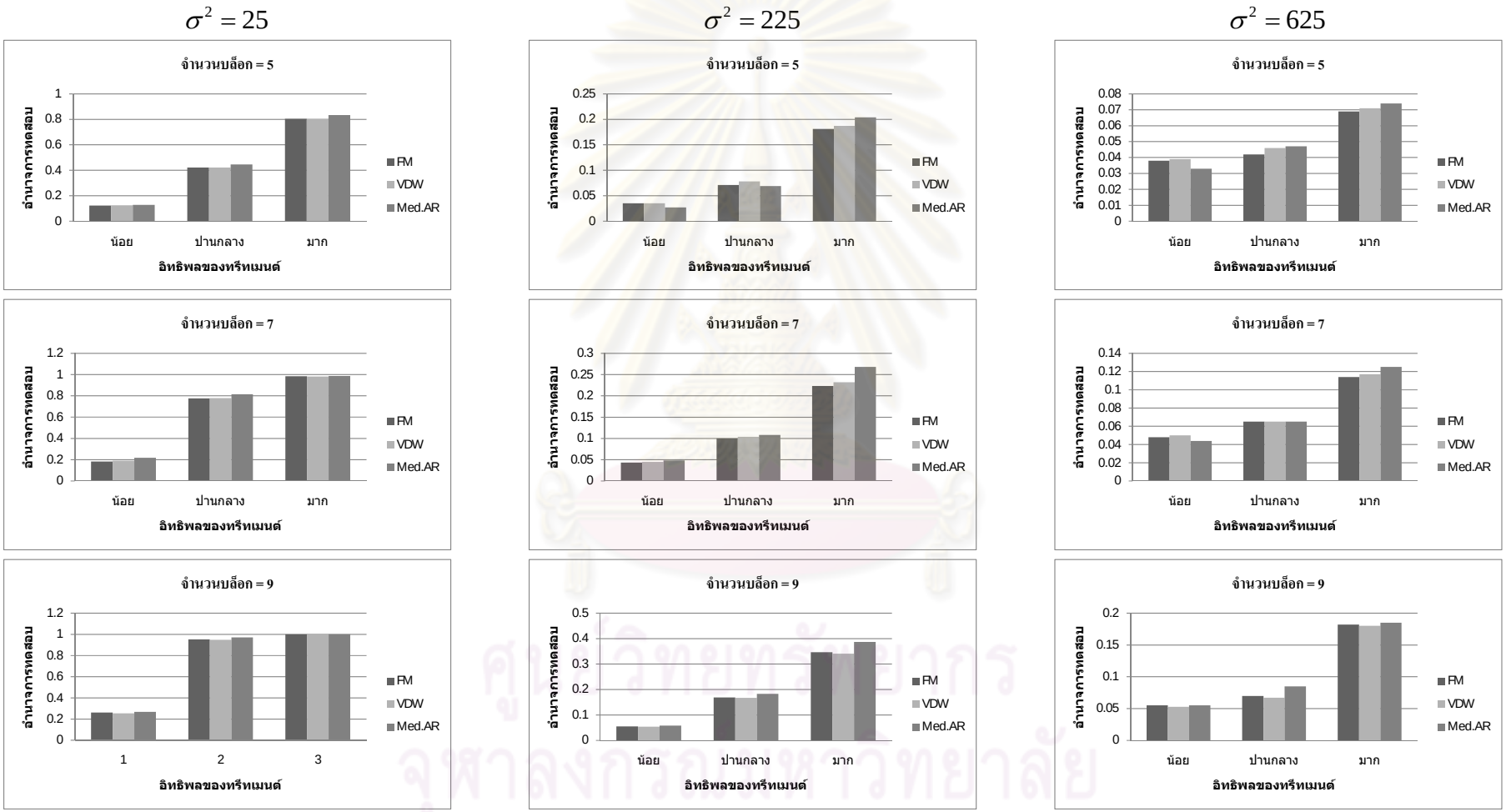
รูปที่ 4.50 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.51 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

ความโด่ง	อิทธิพลทรีทเมนต์	ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	จำนวนบล็อก								
			5			7			9		
			25	225	625	25	225	625	25	225	625
8	น้อย	FM	.215	.043	.055	.409	.070	.063	.525	.077	.045
		VDW	.220	.042	.053	.409	.072	.058	.530	.078	.050
		Med.AR	.220	-	.050	.403	.072	.061	.541	.078	.049
	ปานกลาง	FM	.694	.102	.060	.928	.180	.086	.945	.293	.094
		VDW	.677	.105	.054	.921	.179	.085	.943	.306	.098
		Med.AR	.690	-	.055	.939	.173	.093	.952	.282	.083
	มาก	FM	.957	.282	.084	1.000	.359	.169	1.000	.580	.196
		VDW	.953	.286	.086	1.000	.366	.173	1.000	.586	.200
		Med.AR	.969	-	.077	1.000	.359	.151	1.000	.577	.189
10	น้อย	FM	.105	.046	.043	.322	.056	.040	.227	.080	.046
		VDW	.108	.049	.041	.317	.054	.040	.225	.079	.044
		Med.AR	.099	.042	.029	.314	.055	.044	.222	.081	.045
	ปานกลาง	FM	.791	.102	.043	.865	.127	.073	.956	.231	.110
		VDW	.778	.102	.042	.863	.126	.077	.953	.239	.106
		Med.AR	.815	.093	.045	.875	.135	.075	.962	.229	.112
	มาก	FM	.945	.209	.084	.999	.359	.133	1.000	.411	.146
		VDW	.940	.210	.078	.998	.361	.139	1.000	.410	.147
		Med.AR	.953	.195	.087	.999	.363	.124	1.000	.434	.152
12	น้อย	FM	.099	.042	.054	.119	.059	.051	.379	.049	.052
		VDW	.106	.043	.045	.116	.060	.055	.377	.051	.053
		Med.AR	.098	.045	.048	.127	.050	.050	.409	.051	.049
	ปานกลาง	FM	.753	.080	.060	.787	.145	.085	.962	.198	.098
		VDW	.741	.079	.058	.789	.146	.085	.963	.195	.092
		Med.AR	.772	.084	.055	.821	.154	.076	.970	.218	.106
	มาก	FM	.962	.196	.101	.998	.347	.144	1.000	.429	.202
		VDW	.955	.196	.095	.998	.339	.147	1.000	.424	.203
		Med.AR	.966	.205	.083	1.000	.354	.147	1.000	.482	.211

- หมายถึง ไม่พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสถานการณ์นั้น ๆ เนื่องจากสถิติทดสอบดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.24 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8, 10 และ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

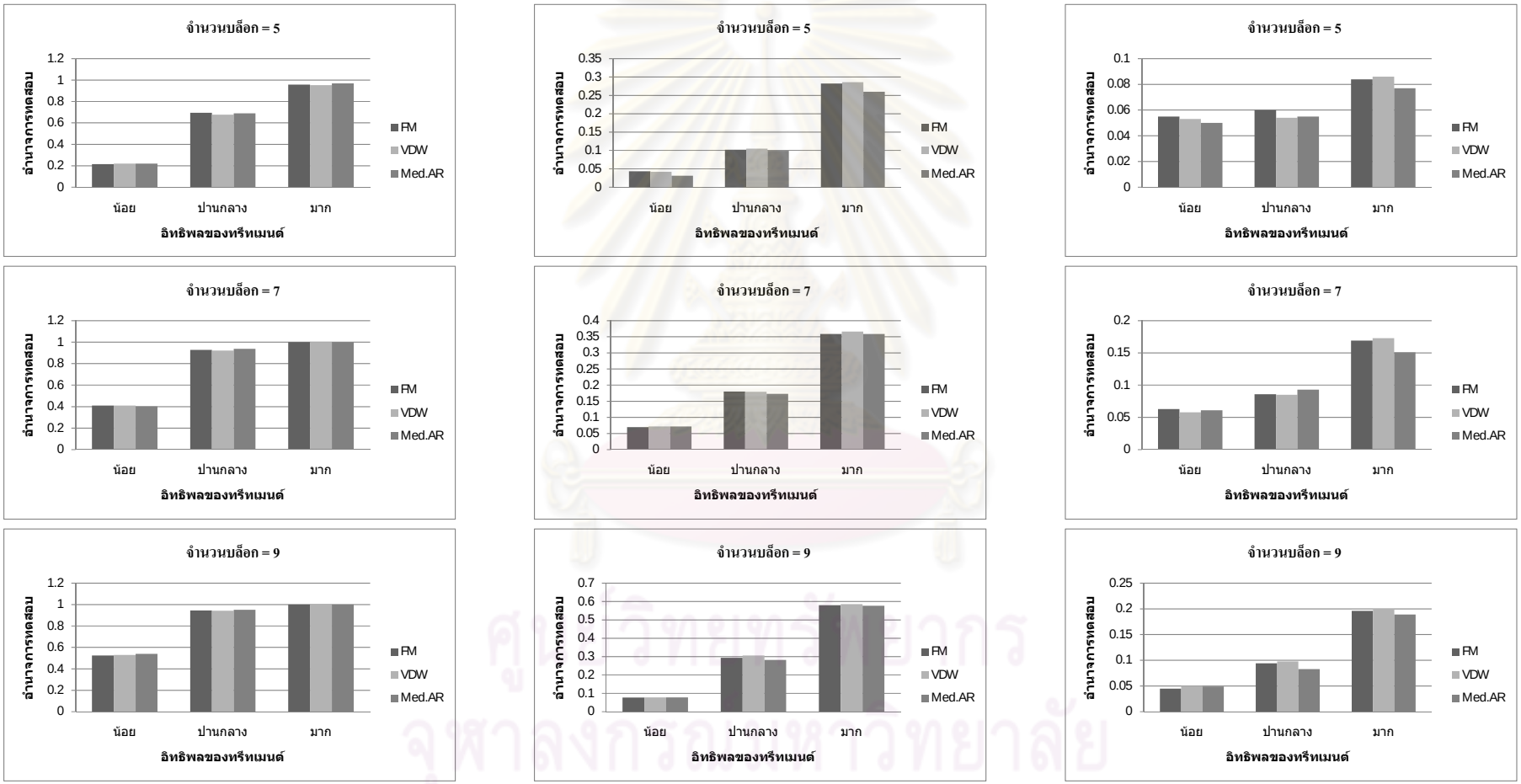
เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Friedman ตามลำดับ เมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบจะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

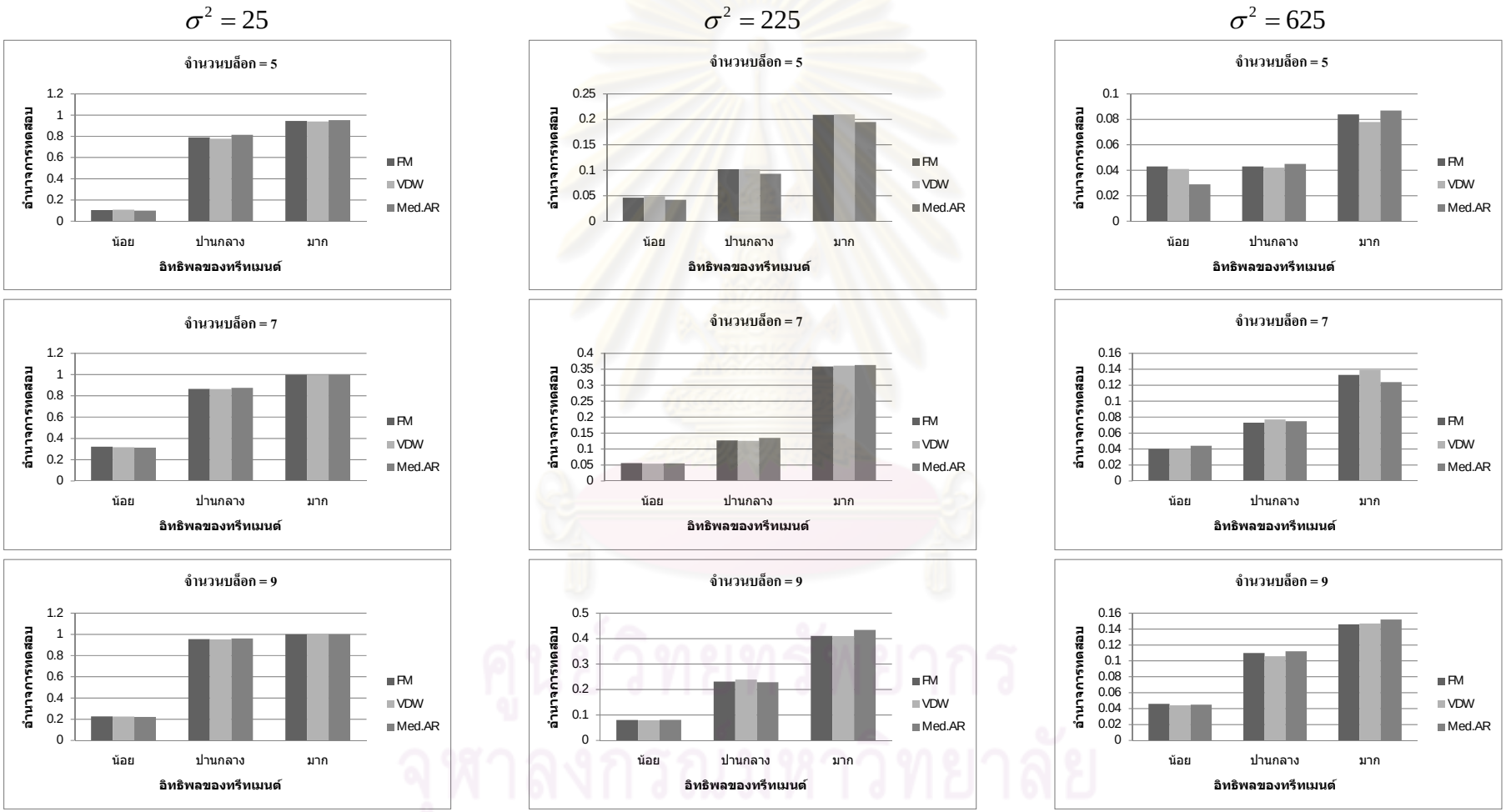
รูปที่ 4.52 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 8 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

$\sigma^2 = 25$ | $\sigma^2 = 225$ | $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

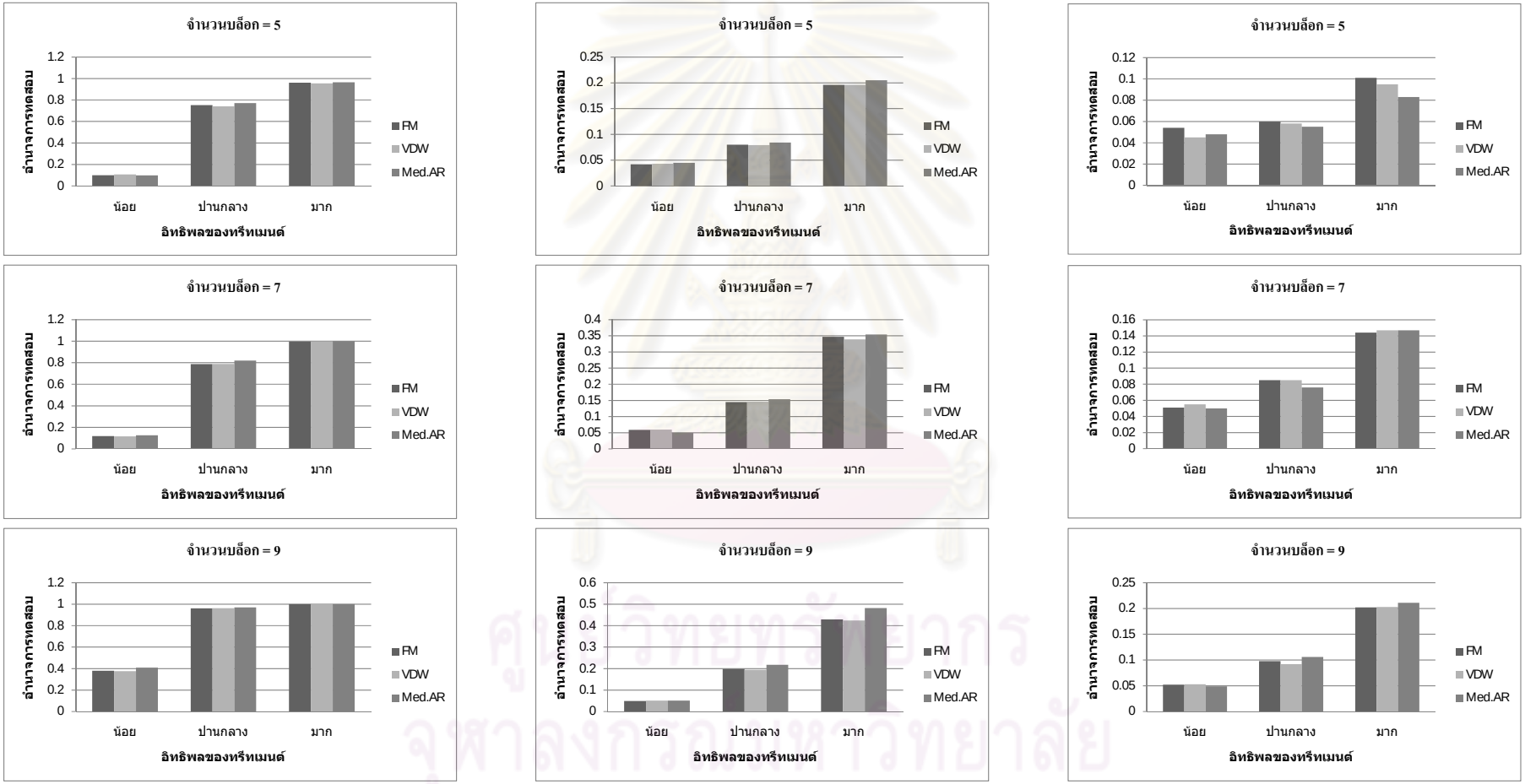
รูปที่ 4.53 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 10 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.54 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 12 กรณีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 7

$\sigma^2 = 25$ $\sigma^2 = 225$ $\sigma^2 = 625$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติทดสอบ Friedman สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Median Aligned Rank ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับการวิเคราะห์แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยศึกษาค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ภายใต้สถานการณ์ดังต่อไปนี้

1. กำหนดขนาดของแผนการทดลอง คือ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 5 และ 7 จำนวนบล็อกเป็น 5, 7 และ 9

2. กำหนดค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) เท่ากับ 50 และ กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (C.V.) 3 ระดับ คือ 10%, 30% และ 50% จะได้ค่าความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 25, 225 และ 625 ตามลำดับ

3. กำหนดข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้ 0.0, 0.2, 0.6, 1.0, 1.4 และ 1.8 แต่ละระดับความเบ้มีความโด่ง 3 ระดับ คือ น้อย ปานกลาง และมาก

4. ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ 3 ระดับ คือ น้อย ปานกลาง และมาก

5. กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาว่าสถิติทดสอบวิธีใดจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด จะพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley จากนั้นจะพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ในสถานการณ์ที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น และเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ ซึ่งวิธีใดให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุดก็จะเป็นวิธีที่ดีที่สุด ผลการวิจัยมีข้อสรุปดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การนำเสนอสรุปผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

5.1.2 สรุปผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบสถิติทดสอบ Friedman สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Median Aligned Rank

5.1.1 สรุปผลการพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

จากการพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ Friedman สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores และสถิติทดสอบ Median Aligned Rank โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley ในการพิจารณา ได้ผลสรุปสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ดังตารางที่ 5.1-5.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ

ความแปรปรวน	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง		
			3	5	7
25	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
225	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
625	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.2 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .2 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และ ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ

ความแปรปรวน	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง		
			3.2	5.2	7.2
25	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	Med.AR
225	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
625	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.3 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ .6 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และ ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ

ความแปรปรวน	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง		
			3.6	5.6	7.6
25	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	VDW, Med.AR	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
225	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	VDW	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
625	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.4 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และ ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ

ความแปรปรวน	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง		
			4.6	6.6	8.6
25	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
225	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
625	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	VDW, Med.AR	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.5 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.4 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และ ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ

ความแปรปรวน	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง		
			6	8	10
25	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
225	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
625	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.6 แสดงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 1.8 จำแนกตามค่าความแปรปรวน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และ ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งทั้ง 3 ระดับ

ความแปรปรวน	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	ลักษณะการแจกแจงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง		
			8	10	12
25	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	VDW, Med.AR	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
225	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
625	3	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	5	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.7 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบสามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และความโด่งต่าง ๆ โดยแต่ละเซลล์ทำการทดลอง 27 สถานการณ์

ระดับความเบ้	สถิติทดสอบ	ระดับความโด่ง			รวม	ร้อยละ
		น้อย	ปานกลาง	มาก		
0	FM	27	26	27	80	98.77
	VDW	27	27	27	81	100.00
	Med.AR	26	27	26	79	97.53
.2	FM	26	26	26	78	96.30
	VDW	27	27	25	79	97.53
	Med.AR	27	27	26	80	98.77
.6	FM	24	26	25	75	92.59
	VDW	27	27	27	81	100.00
	Med.AR	26	27	27	80	98.77
1	FM	25	26	26	77	95.06
	VDW	27	27	27	81	100.00
	Med.AR	27	26	27	80	98.77
1.4	FM	26	27	26	79	97.53
	VDW	27	27	27	81	100.00
	Med.AR	26	27	27	80	98.77
1.8	FM	25	26	26	77	95.06
	VDW	27	27	27	81	100.00
	Med.AR	26	27	27	80	98.77
รวม	FM	153	157	156	466	95.88
	VDW	162	162	160	484	99.59
	Med.AR	158	161	160	479	98.56

จากตารางที่ 5.1 – 5.7 สรุปผลได้ว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี โดยสถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ร้อยละ 99.59 รองลงมาเป็นสถิติทดสอบ Median Aligned Rank สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ร้อยละ 98.56 และ สถิติทดสอบ Friedman สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ร้อยละ 95.88

5.1.2 **สรุปผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบสถิติทดสอบ** Friedman **สถิติทดสอบ** Van der Waerden Normal-Scores **และสถิติทดสอบ** Median Aligned Rank

เมื่อข้อมูลได้จากแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ค่าความแปรปรวนเป็น 25, 225 และ 625 ซึ่งการพิจารณาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีจะต้องพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley ก่อน ถึงจะพิจารณาเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ ผลสรุปเป็นดังตารางที่ 5.8 – 5.11 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 25

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
0	3	5	น้อย	FM, VDW	Med.AR	FM, Med.AR, VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	5	5	น้อย	Med.AR	VDW	FM
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	FM, VDW, Med.AR	Med.AR
	7	5	น้อย	FM, VDW	Med.AR	FM
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, VDW , Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.8 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 25

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
.2	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	5	5	น้อย	Med.AR	Med.AR	FM
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	FM
			มาก	Med.AR	Med.AR	FM
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	FM, Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	FM, Med.AR
	7	5	น้อย	VDW	FM	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR, VDW	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	Med.AR

ตารางที่ 5.8 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 25

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
.6	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	FM, VDW	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	Med.AR	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	5	5	น้อย	Med.AR	Med.AR	FM, Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	น้อย	FM, VDW	FM	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.8 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 25

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
1	3	5	น้อย	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW, Med.AR	VDW, Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	VDW
		9	น้อย	VDW, Med.AR	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	5	5	น้อย	VDW	VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	Med.AR	VDW	Med.AR
			มาก	Med.AR	VDW	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	FM, Med.AR	FM
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, Med.AR	Med.AR	Med.AR
	7	5	น้อย	VDW	FM	FM
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	FM
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, VDW, Med.AR	Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.8 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 25

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
1.4	3	5	น้อย	Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	VDW, Med.AR
			มาก	Med.AR	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	5	5	น้อย	Med.AR	Med.AR	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	FM, Med.AR	FM, VDW, Med.AR
	7	5	น้อย	VDW	Med.AR	FM
			ปานกลาง	FM	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	VDW	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.8 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 25

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
1.8	3	5	น้อย	FM, VDW	Med.AR	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	5	5	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, Med.AR	Med.AR	FM, Med.AR
	7	5	น้อย	VDW, Med.AR	VDW	VDW
			ปานกลาง	FM	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	FM, VDW	FM	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, VDW, Med.AR	FM, Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	FM	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW, Med.AR

ตารางที่ 5.9 แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 225

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
0	3	5	น้อย	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			มาก	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW	FM, VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	Med.AR	VDW
	5	5	น้อย	FM, VDW	Med.AR	VDW
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	Med.AR
			มาก	FM, VDW	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	FM
			ปานกลาง	Med.AR	VDW	VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	FM	FM, VDW	FM
			ปานกลาง	Med.AR	FM	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	7	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR	FM
			ปานกลาง	Med.AR	VDW	FM
			มาก	FM	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	FM, VDW	VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	FM, VDW	VDW
			ปานกลาง	FM	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR

ตารางที่ 5.9 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 225

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
.2	3	5	น้อย	Med.AR	Med.AR	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	Med.AR	FM, VDW
			มาก	Med.AR	FM, VDW	FM, VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	Med.AR	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	Med.AR	VDW	FM, VDW, Med.AR
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	VDW	Med.AR
		7	น้อย	VDW, Med.AR	VDW, Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	FM, VDW	FM	FM
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	FM
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	7	5	น้อย	FM	VDW	FM
			ปานกลาง	FM	VDW	VDW
			มาก	VDW	FM	FM
		7	น้อย	FM	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	FM, VDW	FM
			มาก	Med.AR	FM, Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	FM	Med.AR	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR

ตารางที่ 5.9 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 225

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
.6	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR
			มาก	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
		7	น้อย	VDW	VDW, Med.AR	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	Med.AR	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	VDW	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	VDW, Med.AR	VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	VDW, Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	FM
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	7	5	น้อย	VDW	FM, VDW	FM
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	FM
			มาก	VDW	Med.AR	VDW
		7	น้อย	Med.AR	FM	VDW
			ปานกลาง	FM	FM	Med.AR
			มาก	FM, Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	VDW	VDW	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 225

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
1	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	Med.AR
			มาก	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	Med.AR	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	Med.AR	FM	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	VDW, Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	FM, VDW
		7	น้อย	VDW, Med.AR	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	FM	FM	FM
			ปานกลาง	Med.AR	FM	FM
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	7	5	น้อย	VDW	FM	FM, Med.AR
			ปานกลาง	FM	Med.AR	FM
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	FM	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	FM, VDW, Med.AR	FM, Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	VDW	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 225

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
1.4	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	Med.AR
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	Med.AR
			มาก	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	Med.AR	Med.AR	FM
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	VDW
		7	น้อย	VDW	FM	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	VDW, Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	Med.AR	FM	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	FM	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	7	5	น้อย	VDW	VDW	VDW, Med.AR
			ปานกลาง	FM	Med.AR	FM
			มาก	VDW	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	Med.AR
			ปานกลาง	FM	Med.AR	Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	FM	Med.AR	FM, Med.AR
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR

ตารางที่ 5.9 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 225

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
1.8	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	VDW	VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	Med.AR	VDW	VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	FM	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	FM	VDW	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
	7	5	น้อย	FM	VDW	Med.AR
			ปานกลาง	VDW	FM, VDW	Med.AR
			มาก	VDW	VDW	Med.AR
		7	น้อย	VDW, Med.AR	FM	VDW
			ปานกลาง	FM	Med.AR	Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	VDW, Med.AR	Med.AR	VDW, Med.AR
			ปานกลาง	VDW	VDW	Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	Med.AR

ตารางที่ 5.10 แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 625

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
0	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	Med.AR
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			มาก	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	FM, VDW	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
		7	น้อย	VDW	Med.AR	FM, VDW
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	VDW	Med.AR	FM
			ปานกลาง	VDW	FM	FM
			มาก	FM	FM	FM
	7	5	น้อย	VDW	FM	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	FM
			มาก	FM	FM	FM
		7	น้อย	FM	FM, VDW	VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	Med.AR	FM
			มาก	VDW	Med.AR	FM
		9	น้อย	FM	VDW	FM
			ปานกลาง	FM	Med.AR	FM, Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	FM

ตารางที่ 5.10 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 625

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
.2	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			มาก	Med.AR	FM, VDW	FM, VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	VDW	VDW	FM
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	FM
			มาก	FM, VDW	VDW	FM, VDW
		7	น้อย	VDW, Med.AR	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	VDW
			มาก	VDW, Med.AR	VDW	Med.AR
		9	น้อย	FM, VDW	FM	FM
			ปานกลาง	Med.AR	FM	Med.AR
			มาก	Med.AR	FM	Med.AR
	7	5	น้อย	FM	FM	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	VDW	FM, Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	FM
		7	น้อย	FM	Med.AR	FM
			ปานกลาง	FM	FM	Med.AR
			มาก	Med.AR	FM, VDW, Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	VDW	FM	FM, Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	VDW
			มาก	Med.AR	VDW	FM

ตารางที่ 5.10 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 625

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
.6	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	Med.AR
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			มาก	FM, VDW	Med.AR	FM, VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	FM	VDW	FM
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	VDW	Med.AR
			มาก	VDW	VDW	Med.AR
		9	น้อย	FM	Med.AR	FM
			ปานกลาง	FM	VDW	Med.AR
			มาก	Med.AR	FM	Med.AR
	7	5	น้อย	VDW	FM, VDW	VDW
			ปานกลาง	FM, Med.AR	FM	Med.AR
			มาก	FM, Med.AR	VDW	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	FM	VDW
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	Med.AR
			มาก	VDW	VDW	FM
		9	น้อย	VDW	FM, Med.AR	FM
			ปานกลาง	FM	FM, Med.AR	VDW
			มาก	FM	Med.AR	Med.AR

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 625

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
1	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			มาก	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR	FM, VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	VDW	VDW	Med.AR
			ปานกลาง	VDW	VDW	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	VDW
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	VDW
		9	น้อย	FM	FM, VDW	VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	FM	Med.AR
			มาก	Med.AR	FM	FM
	7	5	น้อย	FM	FM, VDW	FM
			ปานกลาง	FM	VDW	FM
			มาก	Med.AR	VDW	Med.AR
		7	น้อย	FM	VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	VDW, Med.AR	VDW, Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	VDW	VDW	FM
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	Med.AR

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 625

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
1.4	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			มาก	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW, Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	VDW, Med.AR	VDW	VDW, Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	VDW	Med.AR
			มาก	Med.AR	VDW	Med.AR
		7	น้อย	VDW	Med.AR	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	FM	FM	Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	FM	FM
			มาก	Med.AR	FM	Med.AR
	7	5	น้อย	Med.AR	VDW, Med.AR	FM
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	FM
			มาก	VDW	FM	Med.AR
		7	น้อย	Med.AR	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, Med.AR	FM	FM
			มาก	FM	VDW	Med.AR
		9	น้อย	FM	VDW, Med.AR	FM
			ปานกลาง	VDW	VDW	Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	VDW

ตารางที่ 5.10 **(ต่อ)** แสดงสถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้และระดับความโด่ง จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อความแปรปรวนเป็น 625

ระดับความเบ้	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลทรีทเมนต์	ระดับความโด่ง		
				น้อย	ปานกลาง	มาก
1.8	3	5	น้อย	FM, VDW	FM, VDW	FM, VDW
			ปานกลาง	FM, VDW	Med.AR	FM, VDW
			มาก	Med.AR	Med.AR	FM, VDW, Med.AR
		7	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
		9	น้อย	VDW	VDW	VDW
			ปานกลาง	VDW	VDW	VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW
	5	5	น้อย	Med.AR	Med.AR	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	Med.AR
		7	น้อย	FM, VDW	FM	VDW
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	FM, VDW, Med.AR
			มาก	Med.AR	Med.AR	Med.AR
		9	น้อย	FM	FM	FM, Med.AR
			ปานกลาง	Med.AR	Med.AR	Med.AR
			มาก	Med.AR	FM, VDW	Med.AR
	7	5	น้อย	FM	FM	FM
			ปานกลาง	FM	Med.AR	FM
			มาก	VDW	Med.AR	FM
		7	น้อย	FM	Med.AR	VDW
			ปานกลาง	Med.AR	VDW	FM, VDW
			มาก	VDW	VDW	VDW, Med.AR
		9	น้อย	VDW	FM	VDW
			ปานกลาง	VDW	Med.AR	Med.AR
			มาก	VDW	Med.AR	Med.AR

ตารางที่ 5.11 สรุปจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงสุด จำแนกตามจำนวนทรีทเมนต์ และความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ ณ ระดับความเบ้ต่าง ๆ โดยแต่ละระดับความเบ้ทำการทดลอง 27 สถานการณ์

จำนวนทรีทเมนต์	ความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ระดับความเบ้						รวม	ร้อยละ
			0	.2	.6	1	1.4	1.8		
3	25	FM	2	3	3	3	3	3	17	9.14
		VDW	9	9	10	11	12	16	67	36.02
		Med.AR	19	18	17	20	17	11	102	54.84
	225	FM	9	5	9	8	7	6	44	20.85
		VDW	24	22	26	25	25	22	144	68.25
		Med.AR	5	5	3	2	3	5	23	10.90
	625	FM	8	8	7	9	9	6	47	22.07
		VDW	26	26	25	27	27	24	155	72.77
		Med.AR	2	1	2	1	1	4	11	5.16
5	25	FM	2	5	2	4	2	2	17	9.66
		VDW	3	0	3	5	2	0	13	7.39
		Med.AR	24	23	25	21	26	27	146	82.95
	225	FM	7	5	1	7	4	3	27	15.25
		VDW	9	8	5	6	3	6	37	20.90
		Med.AR	14	19	23	17	21	19	113	63.84
	625	FM	8	9	6	6	5	7	41	23.03
		VDW	13	12	11	12	7	7	62	34.83
		Med.AR	8	11	10	11	17	18	75	42.13
7	25	FM	5	3	5	7	7	9	36	17.31
		VDW	4	4	5	5	7	8	33	15.87
		Med.AR	25	25	24	23	21	21	139	66.83
	225	FM	9	10	7	7	5	4	42	23.08
		VDW	8	8	8	7	8	13	52	28.57
		Med.AR	16	11	14	17	16	14	88	48.35
	625	FM	15	12	11	8	11	9	66	35.68
		VDW	10	5	10	10	11	11	57	30.81
		Med.AR	5	14	11	13	10	9	62	33.51
รวม		FM	65	60	51	59	53	49	337	19.64
		VDW	106	94	103	108	102	107	620	36.13
		Med.AR	118	127	129	125	132	128	759	44.23

จากตารางที่ 5.8-5.11 สรุปผลได้ว่า

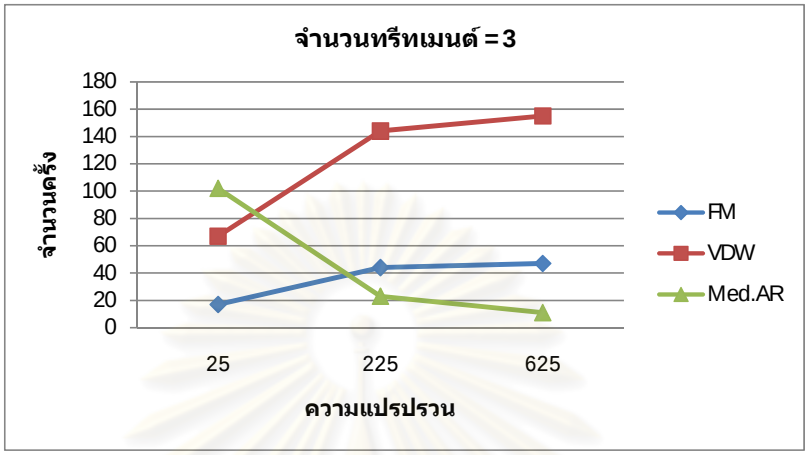
จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 สถิติทดสอบ Median Aligned Rank มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ส่วนที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 225 และ 625 สถิติที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด คือ สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores

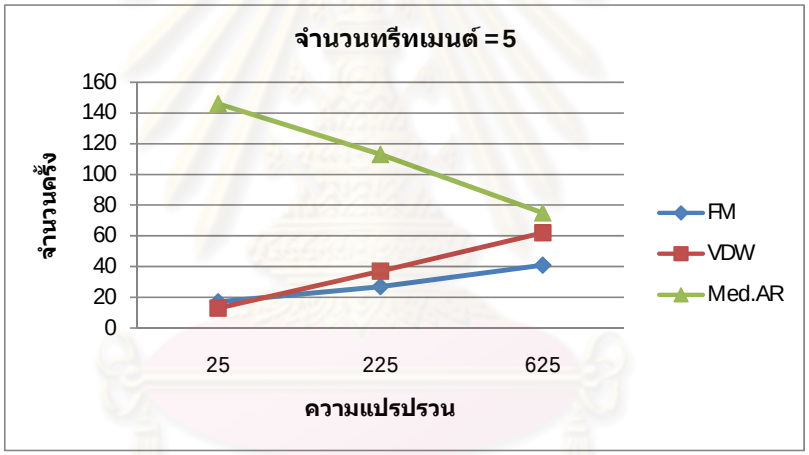
จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 และ 7 ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 และ 225 สถิติที่มีอำนาจการทดสอบสูงสุด คือ สถิติทดสอบ Median Aligned Rank ส่วนที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 625 สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

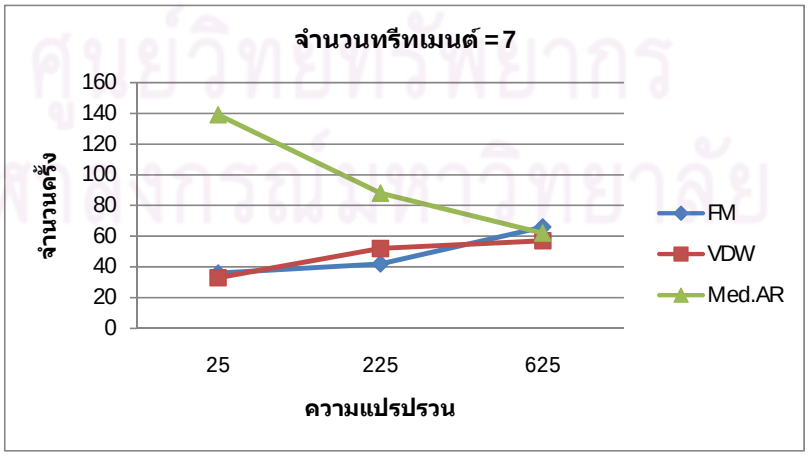
จากตารางที่ 5.11 สามารถแสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบแต่ละวิธีให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ณ สถานการณ์ต่าง ๆ ในรูปของกราฟซึ่งแกนตั้งแสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุดรวมทุกระดับความเบ้ จากการทดลองทั้งหมด 162 สถานการณ์ ส่วนแกนนอนแสดงค่าความแปรปรวน 25, 225 และ 625 โดยจำแนกตามจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3, 5 และ 7 ทรีทเมนต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.1 และผู้วิจัยได้สรุปสถานการณ์ต่าง ๆ ในรูปของแผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ในเชิงทฤษฎี ซึ่งจะต้องทราบจำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก ค่าความแปรปรวน และระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ ดังรูปที่ 5.2-5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

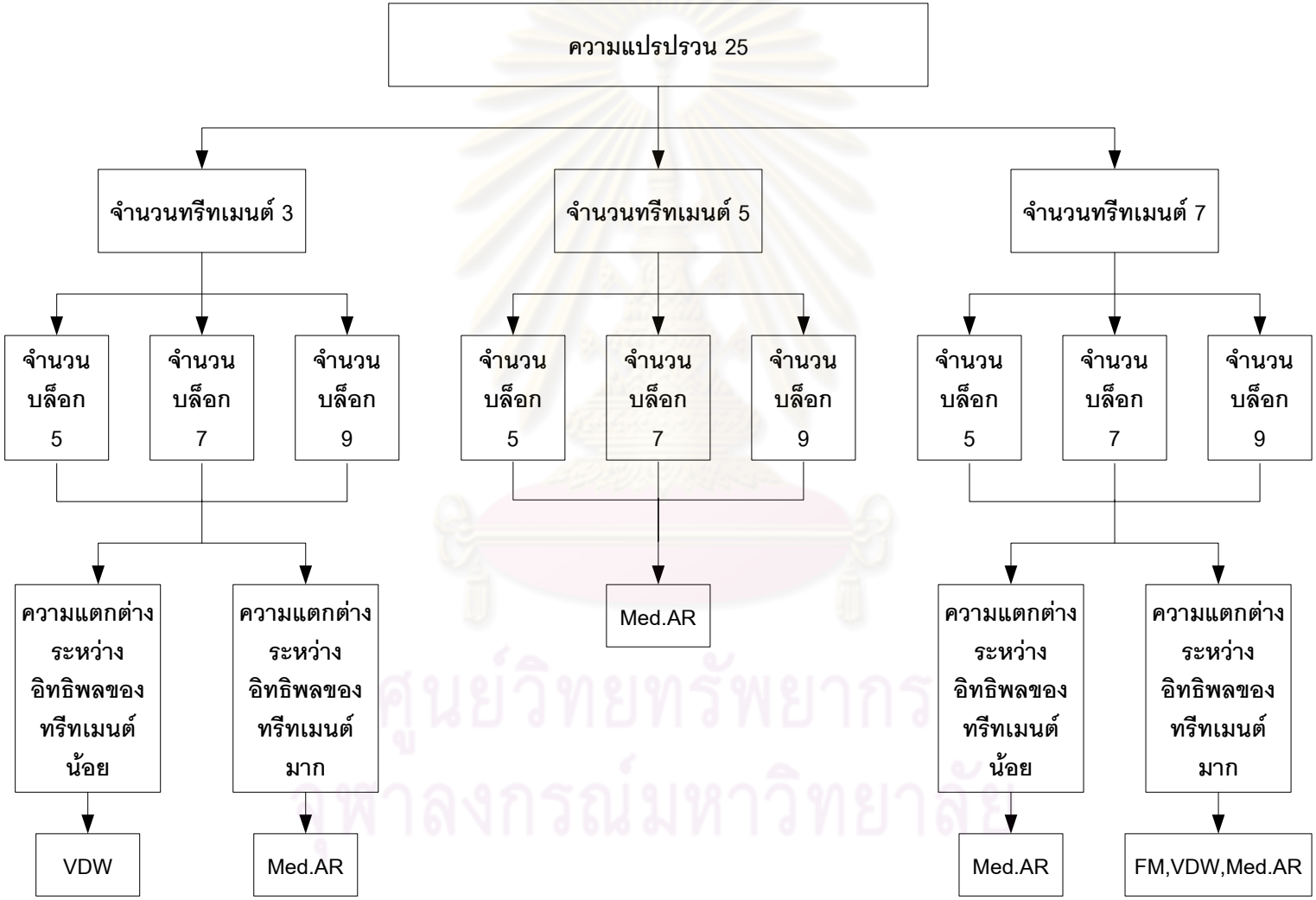
รูปที่ 5.1 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบ 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ณ สถานการณ์ต่าง ๆ โดยจำแนกตามจำนวนทรีทเมนต์ทั้ง 3 ระดับ





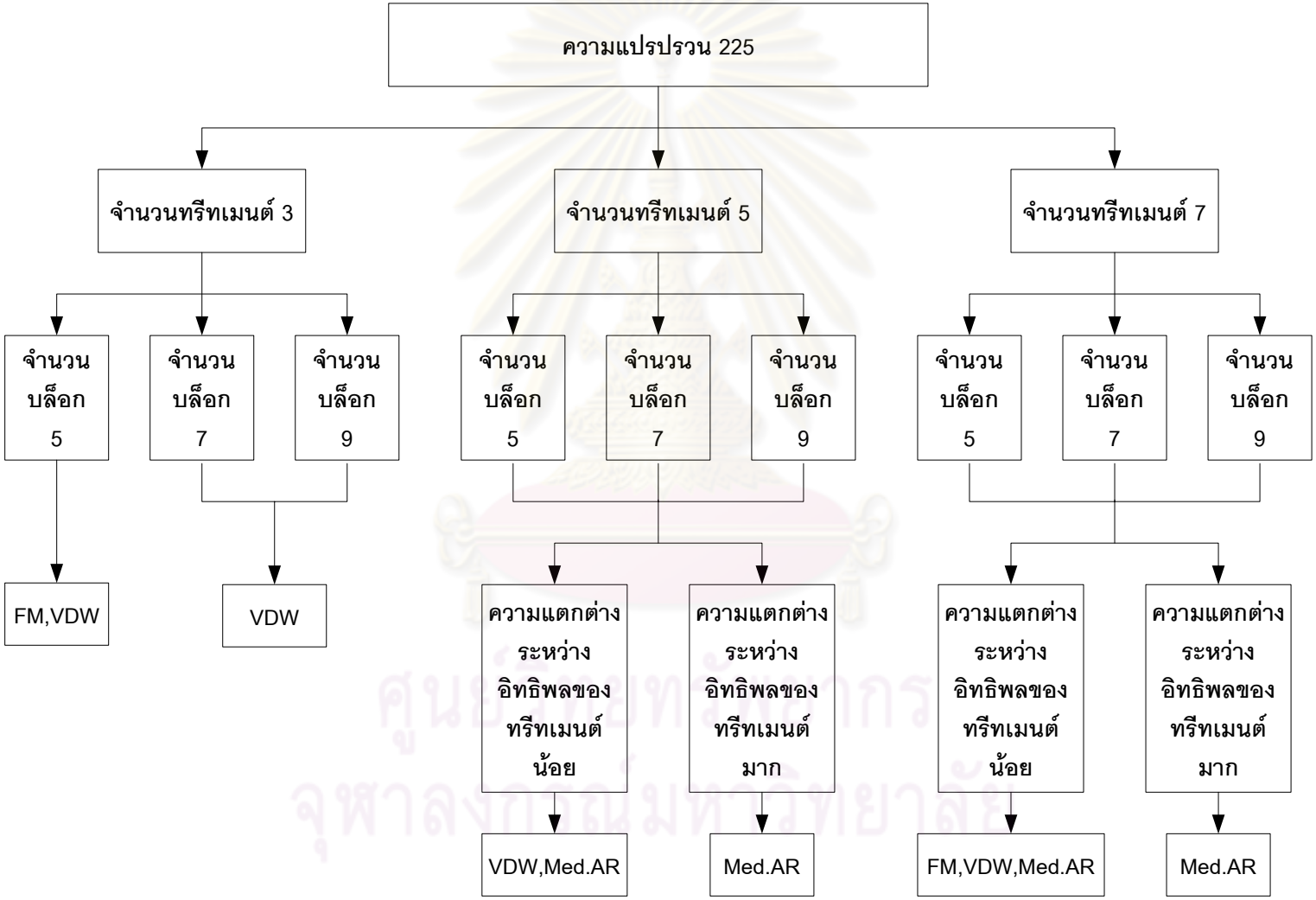


รูปที่ 5.2 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อค่าความแปรปรวนเป็น 25



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

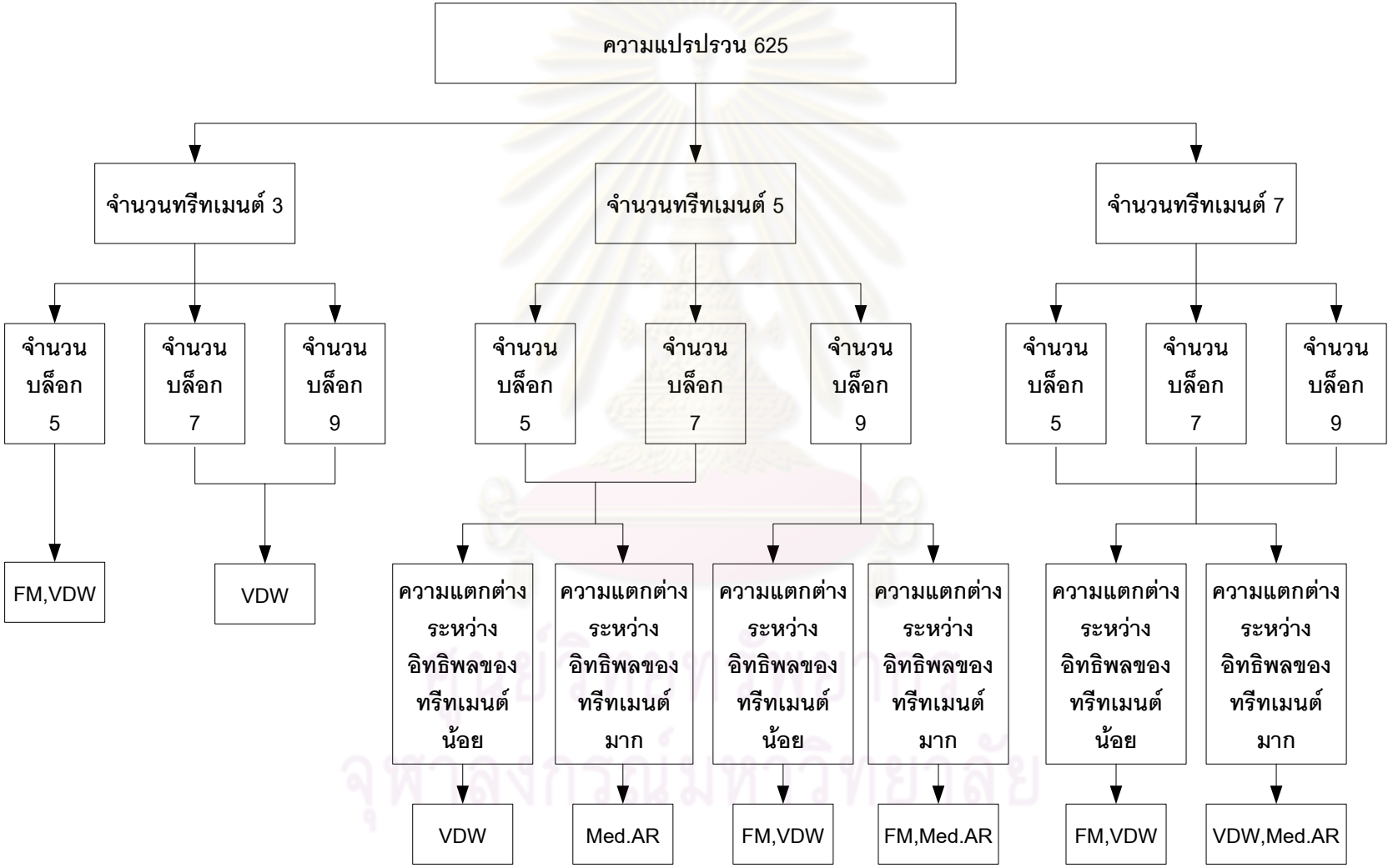
รูปที่ 5.3 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อค่าความแปรปรวนเป็น 225



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

162

รูปที่ 5.4 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อค่าความแปรปรวนเป็น 625



5.2 อภิปรายผล

การเลือกใช้สถิติทดสอบ ผู้วิจัยจะพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และสถิติทดสอบที่ให้อำนาจการทดสอบสูงสุด จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เกือบทุกสถานการณ์ ดังนั้น สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี มีความแกร่ง นั่นคือ สถิติทดสอบไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่ปัจจัยที่ต้องการทดสอบ ส่วนอำนาจการทดสอบพบว่า เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด ยกเว้นเมื่อค่าความแปรปรวนเท่ากับ 25 สถิติทดสอบ Median Aligned Rank จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด ส่วนจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 และ 7 สถิติทดสอบ Median Aligned Rank จะให้อำนาจการทดสอบสูงสุด นอกจากนี้ ผู้วิจัยพบว่า ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี แปรผันตาม จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ แต่แปรผันแบบผกผันกับค่าความแปรปรวน ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเลือกใช้สถิติทดสอบ คือ จำนวนทรีทเมนต์ และค่าความแปรปรวนของข้อมูล สถิติทดสอบ Median Aligned Rank จะเหมาะสมกับงานที่ศึกษากรณีข้อมูลมีการกระจายน้อย นั่นคือ ข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันไม่เกิน 50% ถ้าข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเกิน 50% สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี จะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน โดยสถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores จะเด่นกว่าสถิติทดสอบอีก 2 วิธี ในสถานการณ์ที่จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลที่มีการกระจายน้อย ควรเลือกใช้สถิติทดสอบ Median Aligned Rank ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะพบว่าสถิติทดสอบ Median Aligned Rank สามารถควบคุมค่าสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี และมีค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด

2. ข้อมูลที่มีการกระจายปานกลาง เมื่อจำนวนทรีทเมนต์น้อย (t=3) ควรเลือกใช้สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะพบว่าสถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อจำนวนทรีทเมนต์มาก (t=5, 7) ควรเลือกใช้สถิติทดสอบ Median Aligned Rank ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ข้อมูลที่มีการกระจายมาก เมื่อจำนวนทรีทเมนต์น้อย (t=3) ควรเลือกใช้สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะพบว่าสถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores มีอำนาจการทดสอบสูงสุด

จากข้อเสนอแนะดังกล่าว ผู้วิจัยสามารถแสดงแนวทางพิจารณาเลือกใช้สถิติทดสอบได้ในรูปของแผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ในเชิงปฏิบัติ ดังรูปที่ 5.5

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิจัยมีดังนี้

C.V. หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

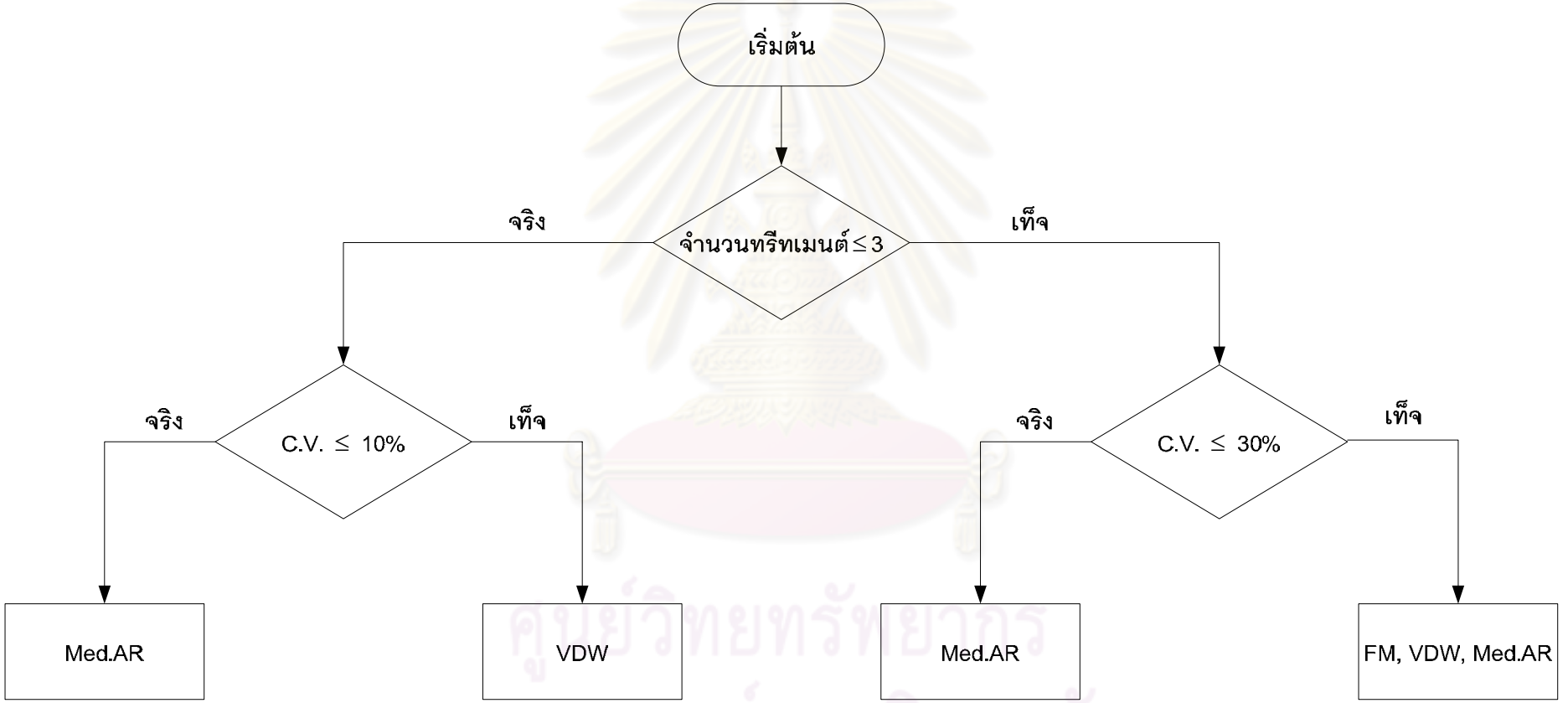
FM หมายถึง สถิติทดสอบ Friedman

VDW หมายถึง สถิติทดสอบ Van der Waerden Normal-Scores

Med. AR หมายถึง สถิติทดสอบ Median Aligned

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.5 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ในเชิงปฏิบัติ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ไปรมา พจนพิมล. 2525. การศึกษามอนติคาร์โล: การเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของที-เทส, วิลคอกซอน เทส, เทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ เทส และแวนเดอแวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เทส ภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากร 3 แบบ. ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มานพ วราภักดิ์. 2550. การจำลอง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาดา กีระนันทน์. 2529. หลักสถิติ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพล ดุรงค์วัฒนา. 2549. การวางแผนแบบทดลองเพื่อการวิจัยขั้นสูง. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพล อุปดิสกุล. 2526. สถิติการวางแผนการทดลองเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซท.

ภาษาอังกฤษ

Bradley, J.V. 1968. Distribution-free Statistical Test. New Jersey : Prentice-Hall.

Conover, W.J. 1971. Practical Nonparametric Statistics. New York : Wiley.

Conover, W.J. and Iman, R.L. 1981. Rank Transformation as a Bridge Between Parametric and Nonparametric Statistics. The American Statistician 35 : 124-129.

Dean, A. M. and Voss, D. T. 1999. Design and Analysis of Experiments. New York : Springer-Verlag.

Glass, G.V. and Stanley, J.C. 1970. Statistical Methods in Education and Psychology. New Jersey : Prentice-Hall.

Kirk, R.E. 1995. Experimental Design : Procedures for the Behavioral Sciences. 3rd ed. USA : Brooks Cole.

Lee, W. 1975. Experimental Design and Analysis. San Francisco : W.H. Freeman and Company.

Lehmann, E.L. 2006. Nonparametrics Statistical Methods Statistical Methods Based on Ranks. USA : Springer.

Mahfoud, Z.R. and Randles, R.H. 2005. Practical tests for randomized complete block designs. Journal of Multivariate Analysis 96 : 73-92.

Marascuilo, L.A. and Mcsweeney, M. 1977. Nonparametric and Distribution-Free Methods for the Social Sciences. California : Brooks Cole.

O'Gorman, T.W. 2001. A Comparison of the F-Test, Friedman's Test, and Several Aligned Rank Tests for the Analysis of Randomized Complete Blocks. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics 6 : 367-378.

Quade D. 1979. Using Weighted Rankings in the Analysis of Complete Blocks With Additive Block Effects. Journal of the American Statistical Association 74 : 680-683.

Ramberg, J.S., Dudewicz, E.J., Tadikamalla, P.R. and Mykytka, E.F. 1979. A Probability Distribution and Its Uses in Fitting Data. Technometrics 21 : 201-214.

Scheffe,H. 1959. The Analysis of Variance. 6th ed. New York : John Wiley and Sons.

Sen, P.K. 1964. On a Class of Aligned Rank Order Tests in Two-Way Layouts. The Annals of Mathematical Statistics 39 : 1115-1124.

Sheskin, D.J. 2004. Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures. 3rd ed. Washington, D.C. : Chapman and Hall CRC.

Siegel S. and Castellan,N.J. 1988. Nonparametric Statistics for the behavioral Sciences. 2nd ed. USA : McGraw-Hill.

Taplin R.H. 1997. The statistical Analysis of Preference Data. Appl. Stat. 46 : 493-512.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูลให้มีการแจกแจงแบบแลมดาของตูกีร์ที่มีค่าความเบ้และความโด่งต่าง ๆ เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ ความแปรปรวนเท่ากับ 1

$\alpha_3 = 0.0$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
1.8	.0	.5774	1.0000	1.0000
2.0	.0	.4952	.5843	.5843
2.2	.0	.4197	.4092	.4092
2.4	.0	.3533	.3032	.3032
2.6	.0	.2949	.2303	.2303
2.8	.0	.2433	.1765	.1765
3.0	.0	.1974	.1349	.1349
3.2	.0	.1563	.1016	.1016
3.4	.0	.1191	.0742	.0742
3.6	.0	.0852	.0512	.0512
3.8	.0	.0545	.0317	.0317
4.0	.0	.0262	.0148	.0148
4.1	.0	.0128	.7140+	.7140+
4.2	.0	-.0659+	-.0363+	-.0363+
4.3	.0	-.0123	-.6706+	-.6706+
4.4	.0	-.0241	-.0130	-.0130
4.6	.0	-.0466	-.0246	-.0246
4.8	.0	-.0676	-.0350	-.0350
5.0	.0	-.0870	-.0443	-.0443
5.2	.0	-.1053	-.0528	-.0528
5.4	.0	-.1227	-.0606	-.0606
5.6	.0	-.1389	-.0677	-.0677
5.8	.0	-.1541	-.0742	-.0742
6.0	.0	-.1686	-.0802	-.0802
6.2	.0	-.1823	-.0858	-.0858
6.4	.0	-.1954	-.0910	-.0910
6.6	.0	-.2077	-.0958	-.0958
6.8	.0	-.2194	-.1003	-.1003
7.0	.0	-.2306	-.1045	-.1045
7.2	.0	-.2414	-.1085	-.1085
7.4	.0	-.2518	-.1123	-.1123
7.6	.0	-.2615	-.1158	-.1158
7.8	.0	-.2709	-.1191	-.1191
8.0	.0	-.2800	-.1223	-.1223
8.2	.0	-.2887	-.1253	-.1253
8.4	.0	-.2969	-.1281	-.1281
8.6	.0	-.3050	-.1308	-.1308
8.8	.0	-.3128	-.1334	-.1334
9.0	.0	-.3203	-.1359	-.1359

$\alpha_3 = 0.05$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
1.8	-1.703	.2861	.0000	.9502*
2.0	-1.229	.3122	.0505	.7603
2.2	-.802	.3314	.1128	.5802
2.4	-.375	.3328	.1876	.3941
2.6	-.143	.2924	.1973	.2605
2.8	-.083	.2429	.1625	.1903
3.0	-.059	.1975	.1276	.1425
3.2	-.046	.1565	.0974	.1061
3.4	-.038	.1194	.0718	.0770
3.6	-.033	.0856	.0499	.0530
3.8	-.027	.0548	.0311	.0327
4.0	-.026	.0264	.0146	.0153
4.1	-.024	.0132	.7184+	.7504+
4.2	-.024	.0704+	.0380+	.0397+
4.3	-.022	-.0120	-.6386+	-.6643+
4.4	-.022	-.0238	-.0126	-.0131
4.6	-.018	-.0462	-.0240	-.0248
4.8	-.019	-.0671	-.0342	-.0354
5.0	-.016	-.0867	-.0435	-.0448
5.2	-.016	-.1050	-.0519	-.0534
5.4	-.015	-.1222	-.0596	-.0612
5.6	-.014	-.1386	-.0667	-.0684
5.8	-.014	-.1538	-.0731	-.0750
6.0	-.013	-.1682	-.0791	-.0810
6.2	-.012	-.1820	-.0847	-.0866
6.4	-.012	-.1950	-.0899	-.0918
6.6	-.012	-.2074	-.0947	-.0967
6.8	-.011	-.2192	-.0992	-.1012
7.0	-.011	-.2303	-.1034	-.1054
7.2	-.010	-.2411	-.1074	-.1094
7.4	-.010	-.2515	-.1112	-.1132
7.6	-.979+	-.2613	-.1147	-.1167
7.8	-.999+	-.2707	-.1180	-.1201
8.0	-.928+	-.2797	-.1212	-.1232
8.2	-.906+	-.2884	-.1242	-.1262
8.4	-.931+	-.2968	-.1270	-.1291
8.6	-.912+	-.3048	-.1297	-.1318
8.8	-.852+	-.3125	-.1323	-.1343
9.0	-.837+	-.3201	-.1348	-.1368

$\alpha_3 = 0.10$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
1.8	-1.678	.2835	.0000*	.9071*
2.0	-1.271	.3028	.0412	.7373
2.2	-.872	.3177	.0941	.5700
2.4	-.515	.3164	.1477	.4116
2.6	-.269	.2863	.1678	.2831
2.8	-.164	.2417	.1486	.2033
3.0	-.117	.1977	.1205	.1503
3.2	-.092	.1572	.0936	.1111
3.4	-.076	.1203	.0698	.0803
3.6	-.065	.0866	.0490	.0552
3.8	-.057	.0558	.0308	.0342
4.0	-.049	.0276	.0149	.0163
4.1	-.048	.0142	.7606+	.8302+
4.2	-.046	.1440+	.0762+	.0828+
4.3	-.044	-.0109	-.5703+	-.6174+
4.4	-.041	-.0227	-.0118	-.0127
4.6	-.037	-.0452	-.0231	-.0247
4.8	-.036	-.0661	-.0332	-.0354
5.0	-.033	-.0857	-.0424	-.0450
5.2	-.032	-.1040	-.0507	-.0537
5.4	-.030	-.1213	-.0584	-.0616
5.6	-.028	-.1375	-.0654	-.0688
5.8	-.027	-.1530	-.0719	-.0755
6.0	-.027	-.1674	-.0778	-.0816
6.2	-.025	-.1811	-.0834	-.0872
6.4	-.024	-.1943	-.0886	-.0925
6.6	-.023	-.2066	-.0934	-.0973
6.8	-.023	-.2184	-.0979	-.1019
7.0	-.022	-.2297	-.1021	-.1062
7.2	-.021	-.2405	-.1061	-.1102
7.4	-.020	-.2507	-.1099	-.1139
7.6	-.020	-.2606	-.1134	-.1175
7.8	-.020	-.2699	-.1167	-.1208
8.0	-.019	-.2791	-.1199	-.1240
8.2	-.019	-.2878	-.1229	-.1270
8.4	-.018	-.2961	-.1258	-.1298
8.6	-.017	-.3041	-.1285	-.1325
8.8	-.017	-.3119	-.1311	-.1351
9.0	-.017	-.3193	-.1335	-.1376

$\alpha_3 = 0.15$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
1.8	-1.655	.2811	.0000*	.8700*
2.0	-1.323	.2934	.0314	.7204
2.2	-.940	.3056	.0782	.5623
2.4	-.617	.3031	.1215	.4194
2.6	-.376	.2791	.1435	.2994
2.8	-.244	.2397	.1350	.2156
3.0	-.177	.1980	.1135	.1586
3.2	-.138	.1584	.0901	.1167
3.4	-.114	.1219	.0682	.0843
3.6	-.098	.0884	.0485	.0581
3.8	-.086	.0577	.0310	.0363
4.0	-.076	.0294	.0155	.0178
4.1	-.073	.0160	.8378+	.9564+
4.2	-.069	.3217+	.1667+	.1890+
4.3	-.066	-.9113+	-.4680+	-.5278+
4.4	-.063	-.0210	-.0107	-.0120
4.6	-.058	-.0435	-.0218	-.0242
4.8	-.055	-.0644	-.0318	-.0351
5.0	-.051	-.0842	-.0410	-.0449
5.2	-.048	-.1025	-.0493	-.0537
5.4	-.045	-.1198	-.0569	-.0617
5.6	-.043	-.1361	-.0639	-.0690
5.8	-.042	-.1514	-.0703	-.0757
6.0	-.040	-.1660	-.0763	-.0819
6.2	-.038	-.1798	-.0819	-.0876
6.4	-.037	-.1928	-.0870	-.0929
6.6	-.035	-.2053	-.0919	-.0978
6.8	-.034	-.2172	-.0964	-.1024
7.0	-.033	-.2284	-.1006	-.1067
7.2	-.032	-.2392	-.1046	-.1107
7.4	-.031	-.2496	-.1084	-.1145
7.6	-.030	-.2593	-.1119	-.1180
7.8	-.029	-.2688	-.1153	-.1214
8.0	-.028	-.2780	-.1185	-.1246
8.2	-.028	-.2866	-.1215	-.1276
8.4	-.027	-.2948	-.1243	-.1304
8.6	-.027	-.3031	-.1271	-.1332
8.8	-.026	-.3108	-.1297	-.1357
9.0	-.025	-.3183	-.1322	-.1382

$\alpha_3 = 0.20$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.0	-1.387	.2841	.0212	.7090
2.2	-1.011	.2947	.0638	.5571
2.4	-.706	.2919	.1013	.4246
2.6	-.471	.2718	.1233	.3120
2.8	-.322	.2374	.1221	.2273
3.0	-.237	.1983	.1065	.1672
3.2	-.187	.1599	.0866	.1230
3.4	-.154	.1240	.0667	.0889
3.6	-.132	.0908	.0482	.0615
3.8	-.116	.0601	.0314	.0389
4.0	-.103	.0318	.0164	.0198
4.1	-.097	.0185	.9467+	.0113
4.2	-.093	.5707+	.2894+	.3429+
4.3	-.089	-.6641+	-.3342+	-.3929+
4.4	-.085	-.0185	-.9261+	-.0108
4.6	-.079	-.0410	-.0202	-.0233
4.8	-.074	-.0622	-.0302	-.0345
5.0	-.069	-.0818	-.0392	-.0444
5.2	-.065	-.1003	-.0475	-.0534
5.4	-.061	-.1176	-.0551	-.0615
5.6	-.058	-.1339	-.0621	-.0689
5.8	-.055	-.1494	-.0686	-.0757
6.0	-.053	-.1639	-.0745	-.0819
6.2	-.051	-.1778	-.0801	-.0877
6.4	-.049	-.1909	-.0853	-.0930
6.6	-.047	-.2034	-.0901	-.0980
6.8	-.045	-.2153	-.0947	-.1026
7.0	-.044	-.2265	-.0989	-.1069
7.2	-.043	-.2374	-.1029	-.1110
7.4	-.041	-.2477	-.1067	-.1148
7.6	-.040	-.2577	-.1103	-.1184
7.8	-.039	-.2671	-.1136	-.1218
8.0	-.038	-.2762	-.1168	-.1250
8.2	-.037	-.2850	-.1199	-.1280
8.4	-.036	-.2935	-.1228	-.1309
8.6	-.035	-.3014	-.1255	-.1336
8.8	-.035	-.3092	-.1281	-.1362
9.0	-.034	-.3168	-.1306	-.1387
9.2	-.034	-.3241	-.1330	-.1411

$\alpha_3 = 0.25$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.0	-1.465	.2748	.0105	.7034
2.2	-1.084	.2847	.0506	.5548
2.4	-.790	.2820	.0843	.4294
2.6	-.558	.2650	.1062	.3226
2.8	-.398	.2349	.1099	.2385
3.0	-.298	.1987	.0996	.1763
3.2	-.237	.1619	.0831	.1300
3.4	-.196	.1266	.0653	.0942
3.6	-.167	.0937	.0481	.0656
3.8	-.147	.0632	.0321	.0421
4.0	-.131	.0351	.0176	.0224
4.1	-.126	.0217	.0108	.0136
4.2	-.118	.8889+	.4408+	.5467+
4.3	-.113	-.3476+	-.1713+	-.2103+
4.4	-.108	-.0154	-.7540+	-.9175+
4.6	-.099	-.0380	-.0184	-.0220
4.8	-.094	-.0591	-.0282	-.0334
5.0	-.087	-.0790	-.0373	-.0436
5.2	-.082	-.0974	-.0455	-.0527
5.4	-.077	-.1149	-.0531	-.0610
5.6	-.073	-.1312	-.0601	-.0685
5.8	-.070	-.1467	-.0665	-.0754
6.0	-.067	-.1613	-.0725	-.0817
6.2	-.064	-.1753	-.0781	-.0876
6.4	-.062	-.1885	-.0833	-.0930
6.6	-.059	-.2010	-.0882	-.0980
6.8	-.058	-.2129	-.0927	-.1027
7.0	-.055	-.2242	-.0970	-.1070
7.2	-.054	-.2350	-.1010	-.1111
7.4	-.052	-.2455	-.1048	-.1150
7.6	-.051	-.2554	-.1084	-.1186
7.8	-.049	-.2649	-.1118	-.1220
8.0	-.048	-.2742	-.1151	-.1252
8.2	-.047	-.2829	-.1181	-.1283
8.4	-.046	-.2914	-.1210	-.1312
8.6	-.044	-.2995	-.1238	-.1339
8.8	-.044	-.3072	-.1264	-.1365
9.0	-.043	-.3147	-.1289	-.1390
9.2	-.042	-.3220	-.1313	-.1414

The parameter values given in this table are for a variate with zero mean and unit variance. The procedure for adjusting the parameters to reflect a different mean or variance is given in Section 3. A plus sign (+) next to a tabled value indicates that the value has two leading zeroes and should be multiplied by 10^{-2}. Similarly, a dollar sign ($) next to a tabled value indicates that the value should be multiplied by 10^{-4}. An asterisk (*) next to a tabled value of λ_j indicates that the difference between the calculated and specified values of α_j, i.e. $|\alpha_j(\lambda_3,\lambda_4) - \alpha_j|$, is somewhat greater than 0.01. See Section 4 for a discussion of the construction and accuracy of this table.

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูลให้มีการแจกแจงแบบแลมดาตูกีร์ที่มีค่าความเบ้และความโด่งต่าง ๆ เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ ความแปรปรวนเท่ากับ 1

$\alpha_3 = 0.30$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.0	-1.550	.2660	.0000	.7020
2.2	-1.164	.2755	.0380	.5556
2.4	-.871	.2733	.0695	.4348
2.6	-.642	.2586	.0911	.3324
2.8	-.474	.2323	.0983	.2495
3.0	-.362	.1991	.0925	.1859
3.2	-.288	.1641	.0796	.1377
3.4	-.239	.1298	.0640	.1003
3.6	-.204	.0973	.0481	.0704
3.8	-.179	.0671	.0330	.0460
4.0	-.160	.0389	.0190	.0255
4.2	-.144	.0127	.6175+	.8035+
4.3	-.138	.0789+	.0380+	.0489+
4.4	-.131	-.0116	-.5554+	-.7057+
4.5	-.129	-.0231	-.0110	-.0139
4.6	-.121	-.0343	-.0163	-.0203
4.8	-.113	-.0554	-.0260	-.0319
5.0	-.105	-.0752	-.0350	-.0423
5.2	-.100	-.0939	-.0432	-.0517
5.4	-.094	-.1114	-.0508	-.0601
5.6	-.089	-.1279	-.0578	-.0678
5.8	-.085	-.1435	-.0643	-.0748
6.0	-.081	-.1582	-.0703	-.0812
6.2	-.078	-.1722	-.0759	-.0872
6.4	-.075	-.1854	-.0811	-.0927
6.6	-.072	-.1979	-.0860	-.0977
6.8	-.069	-.2100	-.0906	-.1025
7.0	-.067	-.2214	-.0949	-.1069
7.2	-.065	-.2325	-.0990	-.1111
7.4	-.063	-.2427	-.1028	-.1149
7.6	-.061	-.2528	-.1064	-.1186
7.8	-.060	-.2623	-.1098	-.1220
8.0	-.058	-.2716	-.1131	-.1253
8.2	-.056	-.2805	-.1162	-.1284
8.4	-.055	-.2889	-.1191	-.1313
8.6	-.054	-.2971	-.1219	-.1341
8.8	-.053	-.3050	-.1246	-.1367
9.0	-.052	-.3125	-.1271	-.1392
9.2	-.051	-.3197	-.1295	-.1416

$\alpha_3 = 0.35$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.0	-1.539	.2639	.0000*	.6836*
2.2	-1.252	.2668	.0256	.5599
2.4	-.955	.2653	.0559	.4415
2.6	-.724	.2528	.0775	.3423
2.8	-.550	.2298	.0873	.2606
3.0	-.427	.1996	.0854	.1961
3.2	-.343	.1665	.0758	.1462
3.4	-.285	.1333	.0625	.1072
3.6	-.243	.1014	.0482	.0760
3.8	-.213	.0714	.0340	.0505
4.0	-.191	.0434	.0206	.0293
4.2	-.172	.0173	.8158+	.0112
4.3	-.163	.4870+	.2293+	.3090+
4.4	-.156	-.7105+	-.3332+	-.4431+
4.5	-.151	-.0187	-.8723+	-.0115
4.6	-.142	-.0298	-.0139	-.0180
4.8	-.132	-.0511	-.0236	-.0300
5.0	-.124	-.0710	-.0325	-.0407
5.2	-.117	-.0898	-.0407	-.0503
5.4	-.110	-.1074	-.0483	-.0589
5.6	-.105	-.1240	-.0553	-.0668
5.8	-.100	-.1396	-.0618	-.0739
6.0	-.096	-.1545	-.0678	-.0805
6.2	-.091	-.1685	-.0735	-.0865
6.4	-.088	-.1818	-.0787	-.0921
6.6	-.085	-.1945	-.0836	-.0973
6.8	-.082	-.2067	-.0883	-.1021
7.0	-.079	-.2181	-.0926	-.1066
7.2	-.077	-.2291	-.0967	-.1108
7.4	-.074	-.2396	-.1006	-.1147
7.6	-.072	-.2496	-.1042	-.1184
7.8	-.070	-.2593	-.1077	-.1219
8.0	-.068	-.2685	-.1109	-.1252
8.2	-.066	-.2775	-.1141	-.1283
8.4	-.065	-.2860	-.1170	-.1313
8.6	-.064	-.2942	-.1198	-.1341
8.8	-.062	-.3020	-.1225	-.1367
9.0	-.060	-.3096	-.1251	-.1392
9.2	-.059	-.3172	-.1276	-.1417

$\alpha_3 = 0.40$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.2	-1.354	.2582	.0129	.5683
2.4	-1.043	.2580	.0430	.4500
2.6	-.808	.2473	.0648	.3527
2.8	-.627	.2273	.0767	.2720
3.0	-.494	.2000	.0782	.2069
3.2	-.400	.1690	.0718	.1555
3.4	-.333	.1371	.0609	.1149
3.6	-.284	.1060	.0482	.0824
3.8	-.248	.0764	.0351	.0558
4.0	-.222	.0485	.0223	.0337
4.2	-.200	.0224	.0103	.0149
4.3	-.190	.0100	.4597+	.6521+
4.4	-.182	-.0397+	-.0182+	-.0254+*
4.5	-.174	-.0136	-.6204+	-.8533+
4.6	-.166	-.0248	-.0113	-.0153
4.8	-.155	-.0462	-.0209	-.0277
5.0	-.146	-.0662	-.0297	-.0387
5.2	-.136	-.0850	-.0379	-.0485
5.4	-.129	-.1027	-.0455	-.0574
5.6	-.122	-.1194	-.0525	-.0654
5.8	-.115	-.1352	-.0591	-.0727
6.0	-.111	-.1501	-.0651	-.0794
6.2	-.106	-.1643	-.0708	-.0856
6.4	-.102	-.1778	-.0761	-.0913
6.6	-.098	-.1906	-.0811	-.0966
6.8	-.094	-.2026	-.0857	-.1014
7.0	-.091	-.2142	-.0901	-.1060
7.2	-.089	-.2253	-.0942	-.1103
7.4	-.086	-.2359	-.0981	-.1143
7.6	-.083	-.2459	-.1018	-.1180
7.8	-.081	-.2558	-.1053	-.1216
8.0	-.079	-.2650	-.1086	-.1249
8.2	-.077	-.2741	-.1118	-.1281
8.4	-.075	-.2827	-.1148	-.1311
8.6	-.073	-.2908	-.1176	-.1339
8.8	-.072	-.2988	-.1203	-.1366
9.0	-.070	-.3064	-.1229	-.1391
9.2	-.069	-.3139	-.1254	-.1416
9.4	-.067	-.3210	-.1278	-.1439

$\alpha_3 = 0.45$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.2	-1.471	.2500	.0000	.5812
2.4	-1.138	.2511	.0305	.4608
2.6	-.894	.2424	.0528	.3641
2.8	-.707	.2248	.0663	.2840
3.0	-.565	.2003	.0707	.2184
3.2	-.460	.1716	.0674	.1657
3.4	-.384	.1412	.0590	.1236
3.6	-.329	.1110	.0480	.0897
3.8	-.287	.0818	.0361	.0619
4.0	-.255	.0542	.0241	.0388
4.2	-.230	.0282	.0126	.0193
4.3	-.221	.0158	.7045+	.0106
4.4	-.208	.4102+	.1833+	.2691+
4.5	-.200	-.7861+	-.3505+	-.5065+
4.6	-.192	-.0191	-.8511+	-.0121
4.8	-.178	-.0406	-.0180	-.0249
5.0	-.165	-.0607	-.0268	-.0362
5.2	-.157	-.0796	-.0349	-.0464
5.4	-.147	-.0975	-.0425	-.0555
5.6	-.140	-.1142	-.0495	-.0637
5.8	-.132	-.1302	-.0561	-.0712
6.0	-.127	-.1453	-.0622	-.0781
6.2	-.121	-.1595	-.0679	-.0844
6.4	-.116	-.1731	-.0733	-.0902
6.6	-.112	-.1860	-.0783	-.0956
6.8	-.108	-.1983	-.0830	-.1006
7.0	-.104	-.2098	-.0874	-.1052
7.2	-.101	-.2211	-.0916	-.1096
7.4	-.097	-.2316	-.0955	-.1136
7.6	-.095	-.2419	-.0992	-.1175
7.8	-.092	-.2518	-.1028	-.1211
8.0	-.090	-.2611	-.1061	-.1245
8.2	-.088	-.2702	-.1093	-.1277
8.4	-.085	-.2789	-.1124	-.1307
8.6	-.084	-.2871	-.1152	-.1336
8.8	-.081	-.2952	-.1180	-.1363
9.0	-.080	-.3029	-.1206	-.1389
9.2	-.078	-.3102	-.1231	-.1413
9.4	-.076	-.3176	-.1256	-.1437

$\alpha_3 = 0.50$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.4	-1.245	.2445	.0178	.4748
2.6	-.987	.2376	.0410	.3770
2.8	-.790	.2225	.0561	.2969
3.0	-.639	.2006	.0630	.2307
3.2	-.525	.1742	.0625	.1768
3.4	-.440	.1454	.0566	.1332
3.6	-.376	.1163	.0476	.0979
3.8	-.329	.0877	.0369	.0689
4.0	-.290	.0604	.0259	.0447
4.2	-.262	.0345	.0149	.0243
4.3	-.248	.0221	.9582+	.0152
4.4	-.238	.0101	.4383+	.6815+
4.5	-.228	-.1612+	-.0700+	-.1066+
4.6	-.219	-.0128	-.5570+	-.8334+
4.8	-.202	-.0344	-.0149	-.0216
5.0	-.188	-.0546	-.0236	-.0333
5.2	-.177	-.0737	-.0317	-.0438
5.4	-.167	-.0917	-.0393	-.0532
5.6	-.157	-.1087	-.0464	-.0617
5.8	-.150	-.1246	-.0529	-.0694
6.0	-.142	-.1398	-.0591	-.0764
6.2	-.137	-.1542	-.0648	-.0829
6.4	-.131	-.1679	-.0702	-.0889
6.6	-.126	-.1809	-.0753	-.0944
6.8	-.122	-.1933	-.0800	-.0995
7.0	-.117	-.2050	-.0845	-.1042
7.2	-.114	-.2163	-.0887	-.1087
7.4	-.110	-.2270	-.0927	-.1128
7.6	-.107	-.2374	-.0965	-.1167
7.8	-.104	-.2473	-.1001	-.1204
8.0	-.101	-.2567	-.1035	-.1238
8.2	-.098	-.2659	-.1067	-.1271
8.4	-.095	-.2745	-.1098	-.1301
8.6	-.094	-.2830	-.1127	-.1331
8.8	-.091	-.2910	-.1155	-.1358
9.0	-.089	-.2986	-.1181	-.1384
9.2	-.088	-.3064	-.1207	-.1410
9.4	-.086	-.3134	-.1231	-.1433
9.6	-.084	-.3206	-.1255	-.1456

$\alpha_3 = 0.55$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.4	-1.370	.2379	.4463+	.4931
2.6	-1.087	.2331	.0292	.3920
2.8	-.878	.2202	.0459	.3109
3.0	-.716	.2009	.0551	.2440
3.2	-.593	.1767	.0572	.1889
3.4	-.499	.1497	.0538	.1438
3.6	-.428	.1217	.0467	.1070
3.8	-.372	.0940	.0376	.0767
4.0	-.330	.0670	.0275	.0514
4.2	-.298	.0413	.0172	.0301
4.4	-.269	.0170	.7149+	.0118
4.5	-.257	.5355+	.2258+	.3644+
4.6	-.247	-.5954+	-.2515+	-.3975+
4.7	-.237	-.0169	-.7160+	-.0111
4.8	-.227	-.0276	-.0117	-.0178
5.0	-.213	-.0480	-.0203	-.0300
5.2	-.200	-.0671	-.0283	-.0408
5.4	-.187	-.0852	-.0359	-.0505
5.6	-.177	-.1024	-.0430	-.0593
5.8	-.169	-.1184	-.0495	-.0672
6.0	-.161	-.1338	-.0557	-.0745
6.2	-.153	-.1483	-.0615	-.0811
6.4	-.147	-.1620	-.0669	-.0872
6.6	-.141	-.1753	-.0721	-.0929
6.8	-.136	-.1878	-.0769	-.0981
7.0	-.131	-.1997	-.0814	-.1030
7.2	-.127	-.2111	-.0857	-.1075
7.4	-.123	-.2218	-.0897	-.1117
7.6	-.119	-.2322	-.0935	-.1157
7.8	-.115	-.2422	-.0972	-.1194
8.0	-.113	-.2519	-.1006	-.1230
8.2	-.110	-.2610	-.1039	-.1263
8.4	-.107	-.2698	-.1070	-.1294
8.6	-.104	-.2784	-.1100	-.1324
8.8	-.102	-.2864	-.1128	-.1352
9.0	-.100	-.2943	-.1155	-.1379
9.2	-.097	-.3019	-.1181	-.1404
9.4	-.095	-.3092	-.1206	-.1428
9.6	-.094	-.3164	-.1230	-.1452

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูลให้มีการแจกแจงแบบแลมดาตูกีร์ที่มีค่าความเบ้และความโด่งต่าง ๆ เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ ความแปรปรวนเท่ากับ 1

$\alpha_3 = 0.60$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.4	-1.411	.2347	.0000*	.4951*
2.6	-1.198	.2286	.0171	.4098
2.8	-.972	.2180	.0355	.3265
3.0	-.800	.2009	.0467	.2583
3.2	-.665	.1791	.0514	.2020
3.4	-.562	.1539	.0504	.1554
3.6	-.482	.1273	.0454	.1171
3.8	-.420	.1005	.0379	.0854
4.0	-.372	.0740	.0289	.0589
4.2	-.335	.0486	.0194	.0366
4.4	-.302	.0244	.9911+	.0175
4.5	-.289	.0128	.5215+	.8965+
4.6	-.277	.1492+	.0611+	.1025+
4.7	-.266	-.9531+	-.3916+	-.6425+
4.8	-.256	-.0202	-.8326+	-.0134
5.0	-.238	-.0407	-.0168	-.0261
5.2	-.222	-.0600	-.0248	-.0373
5.4	-.209	-.0782	-.0323	-.0474
5.6	-.197	-.0956	-.0394	-.0565
5.8	-.187	-.1118	-.0460	-.0647
6.0	-.179	-.1273	-.0522	-.0722
6.2	-.171	-.1419	-.0580	-.0790
6.4	-.163	-.1559	-.0635	-.0853
6.6	-.157	-.1691	-.0686	-.0911
6.8	-.151	-.1818	-.0735	-.0965
7.0	-.146	-.1938	-.0781	-.1015
7.2	-.141	-.2052	-.0824	-.1061
7.4	-.137	-.2163	-.0865	-.1105
7.6	-.132	-.2267	-.0904	-.1145
7.8	-.128	-.2368	-.0941	-.1183
8.0	-.124	-.2465	-.0976	-.1219
8.2	-.121	-.2557	-.1009	-.1253
8.4	-.118	-.2647	-.1041	-.1285
8.6	-.115	-.2732	-.1071	-.1315
8.8	-.113	-.2815	-.1100	-.1344
9.0	-.110	-.2894	-.1127	-.1371
9.2	-.108	-.2970	-.1153	-.1397
9.4	-.105	-.3045	-.1179	-.1422
9.6	-.103	-.3116	-.1203	-.1445

$\alpha_3 = 0.65$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.6	-1.329	.2280	.3908+	.4318
2.8	-1.076	.2157	.0246	.3443
3.0	-.889	.2010	.0380	.2742
3.2	-.744	.1812	.0449	.2162
3.4	-.630	.1582	.0464	.1682
3.6	-.542	.1330	.0435	.1283
3.8	-.472	.1072	.0377	.0952
4.0	-.418	.0813	.0300	.0674
4.2	-.374	.0564	.0215	.0440
4.4	-.338	.0323	.0126	.0239
4.5	-.324	.0207	.8137+	.0150
4.6	-.310	.9399+	.3719+	.6660+
4.7	-.297	-.1593+	-.0634+	-.1106+
4.8	-.285	-.0123	-.4921+	-.8391+
5.0	-.265	-.0328	-.0132	-.0216
5.2	-.248	-.0524	-.0211	-.0334
5.4	-.231	-.0707	-.0286	-.0438
5.6	-.219	-.0880	-.0356	-.0532
5.8	-.209	-.1046	-.0422	-.0618
6.0	-.198	-.1201	-.0484	-.0695
6.2	-.189	-.1350	-.0543	-.0766
6.4	-.181	-.1491	-.0598	-.0831
6.6	-.174	-.1625	-.0650	-.0891
6.8	-.167	-.1753	-.0700	-.0946
7.0	-.161	-.1874	-.0746	-.0997
7.2	-.155	-.1991	-.0790	-.1045
7.4	-.150	-.2100	-.0831	-.1089
7.6	-.145	-.2208	-.0871	-.1131
7.8	-.141	-.2309	-.0908	-.1170
8.0	-.137	-.2407	-.0944	-.1207
8.2	-.134	-.2501	-.0977	-.1242
8.4	-.130	-.2591	-.1010	-.1274
8.6	-.127	-.2677	-.1040	-.1305
8.8	-.124	-.2761	-.1069	-.1335
9.0	-.121	-.2840	-.1097	-.1362
9.2	-.119	-.2919	-.1124	-.1389
9.4	-.116	-.2994	-.1150	-.1414
9.6	-.114	-.3065	-.1174	-.1438
9.8	-.112	-.3136	-.1198	-.1461

$\alpha_3 = 0.70$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.6	-1.368	.2217	.0000*	.4353*
2.8	-1.194	.2132	.0130	.3651
3.0	-.987	.2008	.0286	.2918
3.2	-.828	.1833	.0378	.2319
3.4	-.704	.1621	.0416	.1821
3.6	-.606	.1385	.0409	.1406
3.8	-.529	.1139	.0369	.1060
4.0	-.467	.0889	.0307	.0768
4.2	-.419	.0643	.0232	.0522
4.4	-.379	.0406	.0151	.0312
4.6	-.344	.0178	.6767+	.0130
4.7	-.331	.6799+	.2607+	.4872+
4.8	-.317	-.3917+	-.1512+	-.2750+
4.9	-.305	-.0144	-.5574+	-.9893+
5.0	-.294	-.0245	-.9565+	-.0166
5.2	-.276	-.0441	-.0173	-.0289
5.4	-.257	-.0626	-.0247	-.0398
5.6	-.243	-.0802	-.0317	-.0496
5.8	-.229	-.0967	-.0383	-.0584
6.0	-.219	-.1125	-.0445	-.0665
6.2	-.209	-.1275	-.0504	-.0738
6.4	-.199	-.1417	-.0560	-.0805
6.6	-.191	-.1554	-.0613	-.0867
6.8	-.184	-.1682	-.0662	-.0924
7.0	-.177	-.1805	-.0709	-.0977
7.2	-.170	-.1923	-.0754	-.1026
7.4	-.165	-.2036	-.0796	-.1072
7.6	-.160	-.2144	-.0836	-.1115
7.8	-.155	-.2246	-.0874	-.1155
8.0	-.151	-.2346	-.0910	-.1193
8.2	-.147	-.2439	-.0944	-.1228
8.4	-.143	-.2532	-.0977	-.1262
8.6	-.139	-.2618	-.1008	-.1293
8.8	-.136	-.2703	-.1038	-.1323
9.0	-.133	-.2784	-.1066	-.1352
9.2	-.130	-.2862	-.1093	-.1379
9.4	-.127	-.2937	-.1119	-.1404
9.6	-.125	-.3011	-.1144	-.1429
9.8	-.122	-.3081	-.1168	-.1452

$\alpha_3 = 0.75$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.8	-1.334	.2104	.0000	.3903
3.0	-1.097	.2003	.0183	.3119
3.2	-.921	.1850	.0299	.2492
3.4	-.785	.1658	.0360	.1974
3.6	-.677	.1440	.0375	.1542
3.8	-.590	.1206	.0355	.1179
4.0	-.521	.0966	.0309	.0873
4.2	-.466	.0726	.0246	.0614
4.4	-.419	.0492	.0174	.0392
4.6	-.384	.0266	.9663+	.0202
4.7	-.367	.0156	.5749+	.0116
4.8	-.352	.4940+	.1833+	.3583+
4.9	-.339	-.5509+	-.2061+	-.3916+
5.0	-.324	-.0157	-.5915+	-.0109
5.2	-.306	-.0353	-.0134	-.0238
5.4	-.284	-.0539	-.0207	-.0352
5.6	-.268	-.0716	-.0276	-.0454
5.8	-.254	-.0884	-.0342	-.0547
6.0	-.240	-.1044	-.0405	-.0630
6.2	-.229	-.1195	-.0464	-.0706
6.4	-.219	-.1339	-.0520	-.0776
6.6	-.209	-.1476	-.0573	-.0840
6.8	-.201	-.1607	-.0623	-.0899
7.0	-.194	-.1731	-.0670	-.0954
7.2	-.188	-.1851	-.0715	-.1005
7.4	-.181	-.1964	-.0758	-.1052
7.6	-.175	-.2074	-.0799	-.1096
7.8	-.170	-.2177	-.0837	-.1137
8.0	-.165	-.2278	-.0874	-.1176
8.2	-.160	-.2375	-.0909	-.1213
8.4	-.156	-.2466	-.0942	-.1247
8.6	-.152	-.2554	-.0974	-.1279
8.8	-.148	-.2640	-.1004	-.1310
9.0	-.145	-.2722	-.1033	-.1339
9.2	-.142	-.2802	-.1061	-.1367
9.4	-.138	-.2879	-.1088	-.1393
9.6	-.135	-.2952	-.1113	-.1418
9.8	-.133	-.3023	-.1137	-.1442
10.0	-.130	-.3093	-.1161	-.1465

$\alpha_3 = 0.80$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
3.0	-1.225	.1996	.6847+	.3356
3.2	-1.025	.1864	.0211	.2687
3.4	-.874	.1692	.0295	.2143
3.6	-.754	.1492	.0333	.1691
3.8	-.657	.1272	.0333	.1310
4.0	-.582	.1042	.0303	.0989
4.2	-.519	.0810	.0254	.0716
4.4	-.468	.0580	.0192	.0482
4.6	-.425	.0357	.0123	.0281
4.8	-.392	.0142	.5035+	.0107
4.9	-.375	.3770+	.1352+	.2770+
5.0	-.361	-.6291+	-.2278+	-.4531+
5.1	-.349	-.0164	-.5981+	-.0116
5.2	-.335	-.0261	-.9598+	-.0181
5.4	-.313	-.0449	-.0167	-.0301
5.6	-.295	-.0626	-.0235	-.0408
5.8	-.279	-.0795	-.0300	-.0504
6.0	-.264	-.0958	-.0363	-.0592
6.2	-.251	-.1110	-.0422	-.0671
6.4	-.240	-.1255	-.0478	-.0743
6.6	-.230	-.1394	-.0531	-.0810
6.8	-.220	-.1527	-.0582	-.0871
7.0	-.212	-.1653	-.0630	-.0928
7.2	-.204	-.1774	-.0676	-.0980
7.4	-.197	-.1889	-.0719	-.1029
7.6	-.191	-.2000	-.0760	-.1075
7.8	-.185	-.2104	-.0799	-.1117
8.0	-.180	-.2205	-.0836	-.1157
8.2	-.174	-.2304	-.0872	-.1195
8.4	-.169	-.2397	-.0906	-.1230
8.6	-.166	-.2488	-.0938	-.1264
8.8	-.161	-.2574	-.0969	-.1295
9.0	-.157	-.2658	-.0999	-.1325
9.2	-.154	-.2737	-.1027	-.1353
9.4	-.150	-.2815	-.1054	-.1380
9.6	-.147	-.2890	-.1080	-.1406
9.8	-.144	-.2962	-.1105	-.1430
10.0	-.141	-.3033	-.1129	-.1454
10.2	-.139	-.3100	-.1152	-.1476

$\alpha_3 = 0.85$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
3.0	-1.303	.1985	.0000*	.3488
3.2	-1.145	.1875	.0110	.2912
3.4	-.973	.1723	.0220	.2332
3.6	-.838	.1541	.0281	.1855
3.8	-.732	.1336	.0301	.1455
4.0	-.645	.1119	.0291	.1117
4.2	-.577	.0895	.0256	.0829
4.4	-.519	.0671	.0206	.0582
4.6	-.472	.0451	.0146	.0370
4.8	-.430	.0238	.8001+	.0185
4.9	-.413	.0134	.4581+	.0102
5.0	-.398	.3503+	.1211+	.2612+
5.1	-.383	-.6701+	-.2345+	-.4896+
5.2	-.370	-.0165	-.5808+	-.0118
5.4	-.344	-.0353	-.0127	-.0244
5.6	-.324	-.0531	-.0193	-.0356
5.8	-.305	-.0703	-.0258	-.0457
6.0	-.290	-.0864	-.0319	-.0548
6.2	-.275	-.1019	-.0378	-.0631
6.4	-.262	-.1168	-.0435	-.0707
6.6	-.251	-.1307	-.0488	-.0776
6.8	-.241	-.1442	-.0539	-.0840
7.0	-.231	-.1570	-.0588	-.0899
7.2	-.223	-.1692	-.0634	-.0953
7.4	-.215	-.1809	-.0678	-.1004
7.6	-.207	-.1921	-.0720	-.1051
7.8	-.201	-.2028	-.0759	-.1095
8.0	-.195	-.2130	-.0797	-.1136
8.2	-.190	-.2229	-.0833	-.1175
8.4	-.184	-.2324	-.0868	-.1211
8.6	-.179	-.2416	-.0901	-.1246
8.8	-.175	-.2503	-.0932	-.1278
9.0	-.171	-.2587	-.0962	-.1309
9.2	-.167	-.2669	-.0991	-.1338
9.4	-.163	-.2748	-.1019	-.1366
9.6	-.159	-.2823	-.1045	-.1392
9.8	-.156	-.2897	-.1071	-.1417
10.0	-.153	-.2967	-.1095	-.1441
10.2	-.150	-.3037	-.1119	-.1464

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูลให้มีการแจกแจงแบบแลมดาตูกีร์ที่มีค่าความเบ้และความโด่งต่าง ๆ เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ ความแปรปรวนเท่ากับ 1

	α_3 = 0.90					α_3 = 1.00					α_3 = 1.10			
α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4	α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4	α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
3.2	-1.277	.1880	.0000	.3160	3.4	-1.253	.1772	.0000*	.2854*	3.8	-1.215	.1582	.0000*	.2379
3.4	-1.085	.1751	.0133	.2548	3.6	-1.169	.1664	.4828+	.2490	4.0	-1.108	.1459	.6035+	.2013
3.6	-.933	.1586	.0218	.2039	3.8	-1.010	.1509	.0141	.1996	4.2	-.974	.1294	.0125	.1607
3.8	-.814	.1397	.0260	.1615	4.0	-.886	.1333	.0193	.1588	4.4	-.869	.1117	.0157	.1267
4.0	-.717	.1193	.0269	.1258	4.2	-.787	.1142	.0212	.1244	4.6	-.781	.0932	.0165	.0977
4.2	-.639	.0979	.0251	.0953	4.4	-.706	.0943	.0206	.0950	4.8	-.708	.0743	.0154	.0727
4.4	-.575	.0762	.0214	.0693	4.6	-.638	.0741	.0182	.0697	5.0	-.647	.0552	.0128	.0508
4.6	-.522	.0547	.0164	.0468	4.8	-.581	.0539	.0144	.0477	5.2	-.596	.0365	.9168+	.0318
4.8	-.478	.0337	.0106	.0273	5.0	-.533	.0340	.9695+	.0285	5.4	-.552	.0181	.4839+	.0150
5.0	-.439	.0132	.4328+	.0102	5.2	-.492	.0146	.4383+	.0117	5.5	-.532	.9038+	.2484+	.7342+
5.1	-.422	.3339+	.1111+	.2526+	5.3	-.474	.5192+	.1584+	.4061+	5.6	-.517	.0997+	.0279+	.0795+
5.2	-.407	-.6388+	-.2154+	-.4735+	5.4	-.445	-.0317+	-.0101+*	-.0242+*	5.7	-.497	-.8629+	-.2479+	-.6726+
5.3	-.394	-.0159	-.5428+	-.0116	5.5	-.442	-.0132	-.4176+	-.9946+	5.8	-.481	-.0173	-.5046+	-.0132
5.4	-.375	-.0252	-.8694+	-.0180	5.6	-.429	-.0222	-.7097+	-.0164	6.0	-.451	-.0340	-.0103	-.0251
5.6	-.353	-.0432	-.0152	-.0298*	5.8	-.403	-.0395	-.0129	-.0282*	6.2	-.427	-.0501	-.0155	-.0358
5.8	-.334	-.0605	-.0215	-.0405	6.0	-.379	-.0562	-.0187	-.0388	6.4	-.403	-.0656	-.0208	-.0455
6.0	-.317	-.0768	-.0275	-.0500	6.2	-.358	-.0721	-.0244	-.0484	6.6	-.384	-.0805	-.0259	-.0544
6.2	-.301	-.0924	-.0334	-.0587	6.4	-.341	-.0873	-.0299	-.0571	6.8	-.366	-.0947	-.0309	-.0624
6.4	-.287	-.1073	-.0390	-.0666	6.6	-.325	-.1019	-.0352	-.0651	7.0	-.350	-.1084	-.0358	-.0698
6.6	-.273	-.1215	-.0444	-.0738	6.8	-.309	-.1158	-.0404	-.0723	7.2	-.335	-.1214	-.0405	-.0766
6.8	-.262	-.1352	-.0495	-.0805	7.0	-.297	-.1291	-.0453	-.0790	7.4	-.322	-.1341	-.0451	-.0829
7.0	-.252	-.1481	-.0544	-.0866	7.2	-.285	-.1419	-.0500	-.0852	7.6	-.311	-.1460	-.0494	-.0887
7.2	-.242	-.1606	-.0591	-.0923	7.4	-.275	-.1540	-.0545	-.0909	7.8	-.299	-.1577	-.0537	-.0941
7.4	-.233	-.1723	-.0635	-.0975	7.6	-.265	-.1658	-.0589	-.0962	8.0	-.289	-.1687	-.0577	-.0991
7.6	-.225	-.1838	-.0678	-.1024	7.8	-.256	-.1769	-.0630	-.1011	8.2	-.280	-.1794	-.0616	-.1038
7.8	-.218	-.1947	-.0718	-.1070	8.0	-.248	-.1878	-.0670	-.1058	8.4	-.271	-.1896	-.0653	-.1082
8.0	-.212	-.2051	-.0756	-.1113	8.2	-.241	-.1980	-.0707	-.1101	8.6	-.263	-.1994	-.0689	-.1123
8.2	-.205	-.2151	-.0793	-.1153	8.4	-.233	-.2079	-.0744	-.1141	8.8	-.256	-.2090	-.0724	-.1162
8.4	-.199	-.2246	-.0828	-.1190	8.6	-.227	-.2174	-.0778	-.1179	9.0	-.249	-.2180	-.0757	-.1198
8.6	-.194	-.2340	-.0862	-.1226	8.8	-.220	-.2267	-.0812	-.1215	9.2	-.242	-.2267	-.0788	-.1232
8.8	-.189	-.2428	-.0894	-.1259	9.0	-.215	-.2356	-.0844	-.1249	9.4	-.236	-.2353	-.0819	-.1265
9.0	-.185	-.2514	-.0924	-.1291	9.2	-.210	-.2440	-.0874	-.1281	9.6	-.231	-.2435	-.0848	-.1296
9.2	-.180	-.2597	-.0954	-.1321	9.4	-.204	-.2522	-.0904	-.1311	9.8	-.226	-.2513	-.0876	-.1325
9.4	-.176	-.2676	-.0982	-.1349	9.6	-.200	-.2602	-.0932	-.1340	10.0	-.221	-.2590	-.0903	-.1353
9.6	-.172	-.2753	-.1009	-.1376	9.8	-.195	-.2678	-.0959	-.1367	10.2	-.216	-.2664	-.0930	-.1379
9.8	-.168	-.2827	-.1035	-.1402	10.0	-.191	-.2752	-.0985	-.1393	10.4	-.211	-.2735	-.0955	-.1404
10.0	-.165	-.2900	-.1060	-.1427	10.2	-.187	-.2824	-.1010	-.1418	10.6	-.207	-.2804	-.0979	-.1428
10.2	-.162	-.2969	-.1084	-.1450	10.4	-.184	-.2893	-.1034	-.1442	10.8	-.203	-.2870	-.1002	-.1451
10.4	-.159	-.3035	-.1107	-.1472	10.6	-.180	-.2959	-.1057	-.1464	11.0	-.199	-.2936	-.1025	-.1473

	α_3 = 1.20					α_3 = 1.30					α_3 = 1.40			
α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4	α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4	α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
4.2	-1.183	.1407	.0000*	.1997	4.6	-1.156	.1244	.0000*	.1679	5.0	-1.132	.1092	.0000*	.1411
4.4	-1.083	.1278	.5096+	.1675	4.8	-1.084	.1129	.3174+	.1435	5.2	-1.106	.1011	.0787+	.1268
4.6	-.965	.1113	.9968+	.1329	5.0	-.975	.0968	.7225+	.1130	5.4	-1.001	.0855	.4546+	.0991
4.8	-.870	.0941	.0122	.1036	5.2	-.886	.0802	.9035+	.0870	5.6	-.916	.0697	.6296+	.0754
5.0	-.792	.0764	.0124	.0784	5.4	-.812	.0634	.9148+	.0645	5.8	-.844	.0538	.6530+	.0547
5.2	-.723	.0586	.0112	.0565	5.6	-.749	.0466	.7959+	.0447	6.0	-.782	.0379	.5603+	.0365
5.4	-.668	.0408	.8705+	.0372	5.8	-.695	.0300	.5783+	.0273	6.2	-.729	.0222	.3785+	.0204
5.6	-.619	.0233	.5411+	.0202	6.0	-.604	.0286+	.6619$*	.0239+	6.3	-.706	.0145	.2611+	..0130
5.7	-.597	.0146	.3525+	.0124	6.1	-.617	.0446+	.0100+	.0375+*	6.4	-.683	.6822+	.1292+	.5987+
5.8	-.577	.6088+	.1515+	.5050+	6.2	-.616	-.0526+	-.0118+	-.0442+	6.5	-.660	-.1226+	-.0244+	-.1052+
5.9	-.558	-.2319+	-.0594+	-.1884+	6.3	-.585	-.0104	-.2450+	-.8504+	6.6	-.643	-.8266+	-.1702+	-.6968+
6.0	-.562	-.0962+	-.0245+	-.0784+	6.4	-.572	-.0182	-.4399+	-.0146	6.8	-.607	-.0230	-.5060+	-.0187
6.2	-.506	-.0268	-.7343+	-.0206	6.6	-.539	-.0333	-.8469+	-.0258	7.0	-.575	-.0373	-.8670+	-.0293
6.4	-.481	-.0424	-.0120	-.0315	6.8	-.510	-.0480	-.0127	-.0360	7.2	-.547	-.0510	-.0124	-.0389
6.6	-.454	-.0575	-.0168	-.0414	7.0	-.485	-.0622	-.0170	-.0453	7.4	-.521	-.0645	-.0163	-.0478
6.8	-.432	-.0719	-.0215	-.0504	7.2	-.463	-.0758	-.0213	-.0538	7.6	-.498	-.0775	-.0202	-.0559
7.0	-.412	-.0860	-.0262	-.0587	7.4	-.442	-.0890	-.0256	-.0616	7.8	-.475	-.0900	-.0242	-.0633*
7.2	-.394	-.0993	-.0308	-.0662	7.6	-.424	-.1017	-.0298	-.0688	8.0	-.458	-.1020	-.0280	-.0702
7.4	-.378	-.1123	-.0353	-.0732	7.8	-.407	-.1140	-.0340	-.0754	8.2	-.440	-.1137	-.0319	-.0766
7.6	-.362	-.1247	-.0397	-.0796	8.0	-.392	-.1258	-.0380	-.0816	8.4	-.423	-.1250	-.0357	-.0825*
7.8	-.349	-.1366	-.0439	-.0856	8.2	-.378	-.1372	-.0420	-.0873	8.6	-.410	-.1358	-.0393	-.0881*
8.0	-.337	-.1480	-.0480	-.0911	8.4	-.365	-.1480	-.0458	-.0926	8.8	-.395	-.1463	-.0430	-.0932
8.2	-.325	-.1589	-.0519	-.0962	8.6	-.353	-.1584	-.0495	-.0975	9.0	-.383	-.1564	-.0465	-.0980
8.4	-.314	-.1695	-.0558	-.1010	8.8	-.342	-.1687	-.0531	-.1022	9.2	-.372	-.1662	-.0499	-.1026
8.6	-.305	-.1796	-.0594	-.1055	9.0	-.332	-.1784	-.0566	-.1065	9.4	-.361	-.1756	-.0532	-.1068
8.8	-.296	-.1896	-.0630	-.1098	9.2	-.322	-.1878	-.0600	-.1106	9.6	-.351	-.1846	-.0564	-.1108
9.0	-.287	-.1990	-.0664	-.1137	9.4	-.314	-.1969	-.0632	-.1145	9.8	-.342	-.1935	-.0595	-.1146
9.2	-.280	-.2082	-.0697	-.1175	9.6	-.305	-.2057	-.0664	-.1181	10.0	-.333	-.2018	-.0625	-.1181
9.4	-.273	-.2168	-.0728	-.1210	9.8	-.298	-.2141	-.0694	-.1215	10.2	-.325	-.2102	-.0655	-.1215
9.6	-.265	-.2253	-.0759	-.1243	10.0	-.291	-.2223	-.0723	-.1248	10.4	-.317	-.2181	-.0683	-.1247
9.8	-.259	-.2335	-.0788	-.1275	10.2	-.284	-.2304	-.0752	-.1279	10.6	-.310	-.2257	-.0710	-.1277
10.0	-.254	-.2414	-.0816	-.1305	10.4	-.277	-.2379	-.0779	-.1308	10.8	-.303	-.2332	-.0737	-.1306
10.2	-.248	-.2490	-.0843	-.1333	10.6	-.272	-.2453	-.0805	-.1336	11.0	-.297	-.2405	-.0762	-.1334*
10.4	-.242	-.2564	-.0870	-.1360	10.8	-.266	-.2525	-.0831	-.1362	11.2	-.291	-.2475	-.0787	-.1360
10.6	-.237	-.2636	-.0895	-.1386	11.0	-.261	-.2595	-.0855	-.1388*	11.4	-.285	-.2542	-.0811	-.1385*
10.8	-.233	-.2704	-.0919	-.1410	11.2	-.256	-.2662	-.0879	-.1412	11.6	-.279	-.2609	-.0835	-.1409
11.0	-.228	-.2772	-.0943	-.1434	11.4	-.251	-.2728	-.0902	-.1435	11.8	-.274	-.2671	-.0857	-.1431
11.2	-.224	-.2837	-.0966	-.1456	11.6	-.246	-.2792	-.0925	-.1457	12.0	-.269	-.2734	-.0879	-.1453
11.4	-.220	-.2901	-.0988	-.1478	11.8	-.242	-.2852	-.0946	-.1478	12.2	-.265	-.2794	-.0900	-.1474

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สร้างข้อมูลให้มีการแจกแจงแบบแลมดาตูกีร์ที่มีค่าความเบ้และความโด่งต่าง ๆ เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ ความแปรปรวนเท่ากับ 1

	α_3 = 1.50					α_3 = 1.60					α_3 = 1.70				
α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4	α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4	α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
5.4	-1.112	.0951	.0000*	.1182	6.0	-1.086	.0757	.0000*	.0896	6.6	-1.064	.0580	.0000*	.0657
5.6	-1.103	.0886	.0000*	.1083	6.2	-1.078	.0698	.0000	.0814	6.8	-1.057	.0525	.0000	.0588
5.8	-1.042	.0773	.1949+	.0899	6.4	-1.011	.0573	.1699+	.0634	7.0	-1.001	.0412	.1027+	.0441
6.0	-.957	.0622	.3907+	.0677	6.6	-.937	.0430	.2684+	.0449	7.2	-.935	.0275	.1513+	.0280
6.2	-.885	.0471	.4441+	.0483	6.8	-.875	.0287	.2597+	.0285	7.4	-.878	.0142	.1142+	.0138
6.4	-.824	.0321	.3885+	.0313	7.0	-.746	.0422+	.6356$*	.0378+*	7.5	-.852	.7546+	.0696+	.7179+
6.6	-.688	.0566+	.0104+*	.0494+*	7.1	-.796	.77738+	.0969+	.7177+	7.6	-.825	-.0250+	-.2601$	-.0232+*
6.7	-.747	.9962+	.1538+	.9059+	7.2	-.771	-.0341+	-.4634$	-.0309+	7.7	-.806	-.5469+	-.0619+	-.5000+
6.8	-.714	-.0290+	-.4897$	-.0256+	7.3	-.751	-.5924+	-.0858+	-.5279+	7.8	-.784	-.0119	-.1463+	-.0107
6.9	-.704	-.4446+	-.0768+	-.3882+	7.4	-.731	-.0127	-.1942+	-.0111	8.0	-.745	-.0245	-.3423+	-.0212
7.0	-.684	-.0115	-.2088+	-.9875+	7.6	-.693	-.0258	-.4383+	-.0218	8.2	-.709	-.0367	-.5705+	-.0308
7.2	-.647	-.0254	-.4989+	-.0210	7.8	-.659	-.0386	-.7111+	-.0316	8.4	-.678	-.0487	-.8225+	-.0397
7.4	-.615	-.0390	-.8156+	-.0312	8.0	-.630	-.0511	-.0100	-.0406	8.6	-.650	-.0603	-.0109	-.0478
7.6	-.585	-.0520	-.0115	-.0404	8.2	-.602	-.0633	-.0131	-.0489	8.8	-.622	-.0717	-.0138	-.0553*
7.8	-.558	-.0648	-.0150	-.0489	8.4	-.577	-.0752	-.0163	-.0566*	9.0	-.598	-.0827	-.0167	-.0623
8.0	-.536	-.0767	-.0184	-.0565	8.6	-.553	-.0866	-.0196	-.0636	9.2	-.578	-.0933	-.0196	-.0688
8.2	-.514	-.0891	-.0221	-.0640	8.8	-.534	-.0972	-.0227	-.0699	9.4	-.557	-.1036	-.0226	-.0748
8.4	-.494	-.1007	-.0257	-.0707	9.0	-.515	-.1084	-.0261	-.0763	9.6	-.538	-.1136	-.0256	-.0804
8.6	-.476	-.1118	-.0292	-.0769	9.2	-.496	-.1187	-.0294	-.0819	9.8	-.521	-.1233	-.0286	-.0857
8.8	-.459	-.1225	-.0327	-.0826	9.4	-.480	-.1288	-.0326	-.0872	10.0	-.505	-.1329	-.0316	-.0907
9.0	-.443	-.1330	-.0362	-.0880	9.6	-.465	-.1385	-.0358	-.0922	10.2	-.489	-.1420	-.0346	-.0953
9.2	-.429	-.1431	-.0396	-.0931	9.8	-.452	-.1480	-.0389	-.0969	10.4	-.476	-.1509	-.0375	-.0997
9.4	-.416	-.1528	-.0429	-.0978	10.0	-.438	-.1572	-.0420	-.1013	10.6	-.463	-.1594	-.0403	-.1038
9.6	-.404	-.1622	-.0461	-.1022	10.2	-.426	-.1659	-.0450	-.1054	10.8	-.451	-.1677	-.0431	-.1077
9.8	-.392	-.1713	-.0493	-.1064	10.4	-.415	-.1745	-.0479	-.1093	11.0	-.440	-.1758	-.0458	-.1114
10.0	-.382	-.1803	-.0524	-.1104	10.6	-.404	-.1828	-.0508	-.1130	11.2	-.429	-.1837	-.0485	-.1149
10.2	-.372	-.1887	-.0553	-.1141	10.8	-.394	-.1908	-.0536	-.1165	11.4	-.419	-.1913	-.0511	-.1182
10.4	-.363	-.1969	-.0582	-.1176	11.0	-.385	-.1986	-.0563	-.1198	11.6	-.410	-.1988	-.0537	-.1214
10.6	-.354	-.2049	-.0611	-.1209	11.2	-.377	-.2062	-.0589	-.1230	11.8	-.401	-.2059	-.0562	-.1244
10.8	-.346	-.2127	-.0638	-.1241	11.4	-.368	-.2135	-.0615	-.1260	12.0	-.392	-.2128	-.0586	-.1272
11.0	-.338	-.2202	-.0665	-.1271	11.6	-.360	-.2206	-.0640	-.1288	12.2	-.384	-.2195	-.0610	-.1299
11.2	-.331	-.2273	-.0690	-.1299	11.8	-.352	-.2275	-.0665	-.1315	12.4	-.377	-.2261	-.0633	-.1325
11.4	-.325	-.2339	-.0713	-.1325	12.0	-.346	-.2341	-.0688	-.1341	12.6	-.369	-.2326	-.0656	-.1350
11.6	-.317	-.2414	-.0740	-.1353	12.2	-.339	-.2407	-.0711	-.1366	12.8	-.362	-.2388	-.0678	-.1374
11.8	-.311	-.2478	-.0763	-.1377	12.4	-.333	-.2471	-.0734	-.1390	13.0	-.356	-.2450	-.0700	-.1397
12.0	-.305	-.2544	-.0786	-.1401	12.6	-.328	-.2527	-.0753	-.1411	13.2	-.350	-.2508	-.0720	-.1419
12.2	-.300	-.2607	-.0808	-.1424	12.8	-.321	-.2592	-.0777	-.1434	13.4	-.344	-.2566	-.0741	-.1440
12.4	-.295	-.2662	-.0827	-.1444	13.0	-.316	-.2650	-.0797	-.1455	13.6	-.338	-.2622	-.0761	-.1460
12.6	-.289	-.2726	-.0851	-.1466	13.2	-.311	-.2706	-.0817	-.1475	13.8	-.333	-.2675	-.0780	-.1479*

	α_3 = 1.80					α_3 = 1.90					α_3 = 2.00				
α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4	α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4	α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
7.2	-1.045	.0417	.0000*	.0456	8.0	-1.023	.0220	.0000*	.0230	8.6	-1.009	.8397+	.0000*	.8541+
7.4	-1.039	.0367	.0000*	.0396	8.2	-1.018	.0175	.0000	.0181	8.8	-1.004	.4147+	.0000*	.4182+
7.6	-1.007	.0284	.0378+	.0298	8.4	-.968	.6447+	.0150+	.6431+	8.9	-1.002	.2061+	.0001$*	.2070+
7.8	-.945	.0155	.0646+	.0155	8.5	-.946	.1239+	.4120$	.1215+	9.0	-.993	-.1081+	-.0407$	-.1076+
7.9	-.918	.9177+	.0498+	.9006+	8.6	-.917	-.5444+	-.0257+	-.5220+	9.1	-.974	-.5675+	-.7075$	-.5567+
8.0	-.892	.2914+	.0193+	.2801+	8.7	-.893	-.0113	-.0657+	-.0106	9.2	-.950	-.0113	-.0272+	-.0109
8.1	-.868	-.3291+	-.0254+	-.3102+	8.8	-.871	-.0171	-.1167+	-.0158	9.4	-.905	-.0222	-.1012+	-.0207
8.2	-.846	-.9427+	-.0826+	-.8721+	9.0	-.831	-.0284	-.2475+	-.0254	9.6	-.865	-.0331	-.2125+	-.0298
8.4	-.804	-.0215	-.2289+	-.0192	9.2	-.794	-.0395	-.4100+	-.0343	9.8	-.828	-.0435	-.3537+	-.0381
8.6	-.767	-.0333	-.4103+	-.0288	9.4	-.761	-.0503	-.5975+	-.0424	10.0	-.796	-.0538	-.5187+	-.0458
8.8	-.733	-.0448	-.6190+	-.0376	9.6	-.731	-.0609	-.8046+	-.0500	10.2	-.766	-.0637	-.7027+	-.0529
9.0	-.702	-.0559	-.8489+	-.0456	9.8	-.703	-.0712	-.0103	-.0570	10.4	-.738	-.0734	-.9016+	-.0595
9.2	-.675	-.0668	-.0109	-.0531	10.0	-.679	-.0811	-.0126	-.0635	10.6	-.713	-.0829	-.0111	-.0657
9.4	-.649	-.0774	-.0135	-.0601	10.2	-.656	-.0907	-.0150	-.0695	10.8	-.690	-.0920	-.0133	-.0714
9.6	-.625	-.0877	-.0162	-.0665	10.4	-.634	-.1002	-.0175	-.0752	11.0	-.670	-.1005	-.0154	-.0766
9.8	-.604	-.0978	-.0189	-.0726	10.6	-.614	-.1093	-.0200	-.0805	11.2	-.647	-.1097	-.0179	-.0819
10.0	-.583	-.1075	-.0217	-.0782	10.8	-.595	-.1183	-.0226	-.0855	11.4	-.629	-.1181	-.0202	-.0867
10.2	-.565	-.1169	-.0244	-.0835	11.0	-.578	-.1269	-.0251	-.0902	11.6	-.611	-.1264	-.0226	-.0912
10.4	-.548	-.1260	-.0272	-.0884	11.2	-.562	-.1355	-.0277	-.0947	11.8	-.595	-.1345	-.0249	-.0955
10.6	-.532	-.1349	-.0299	-.0931	11.4	-.547	-.1437	-.0302	-.0989	12.0	-.579	-.1423	-.0273	-.0995
10.8	-.517	-.1436	-.0327	-.0975	11.6	-.533	-.1515	-.0327	-.1028	12.2	-.565	-.1498	-.0296	-.1033
11.0	-.503	-.1520	-.0354	-.1016	11.8	-.520	-.1594	-.0352	-.1066	12.4	-.557	-.1555	-.0312	-.1062
11.2	-.490	-.1600	-.0380	-.1055	12.0	-.508	-.1665	-.0375	-.1100	12.6	-.539	-.1644	-.0342	-.1104
11.4	-.478	-.1679	-.0406	-.1092	12.2	-.495	-.1742	-.0401	-.1135	12.8	-.527	-.1715	-.0365	-.1137
11.6	-.467	-.1757	-.0432	-.1128	12.4	-.485	-.1811	-.0423	-.1166	13.0	-.515	-.1784	-.0388	-.1168
11.8	-.456	-.1831	-.0457	-.1161	12.6	-.474	-.1883	-.0448	-.1198	13.2	-.504	-.1851	-.0410	-.1198
12.0	-.445	-.1904	-.0482	-.1193	12.8	-.464	-.1950	-.0471	-.1227	13.4	-.495	-.1914	-.0431	-.1226
12.2	-.436	-.1974	-.0506	-.1223	13.0	-.455	-.2015	-.0493	-.1255	13.6	-.485	-.1979	-.0453	-.1254
12.4	-.427	-.2043	-.0530	-.1252	13.2	-.446	-.2080	-.0515	-.1282*	13.8	-.475	-.2041	-.0474	-.1280
12.6	-.418	-.2109	-.0553	-.1279	13.4	-.437	-.2142	-.0537	-.1307	14.0	-.466	-.2101	-.0495	-.1305
12.8	-.410	-.2175	-.0576	-.1306	13.6	-.429	-.2203	-.0558	-.1332	14.2	-.458	-.2160	-.0515	-.1329
13.0	-.402	-.2238	-.0598	-.1331	13.8	-.421	-.2262	-.0579	-.1355	14.4	-.450	-.2216	-.0535	-.1351*
13.2	-.395	-.2299	-.0619	-.1355	14.0	-.414	-.2320	-.0599	-.1378	14.6	-.443	-.2271	-.0554	-.1373
13.4	-.388	-.2359	-.0640	-.1378	14.2	-.407	-.2376	-.0619	-.1399	14.8	-.436	-.2321	-.0571	-.1393
13.6	-.381	-.2417	-.0661	-.1400	14.4	-.400	-.2431	-.0638	-.1420	15.0	-.428	-.2380	-.0592	-.1415
13.8	-.374	-.2473	-.0681	-.1421	14.6	-.394	-.2485	-.0657	-.1440	15.2	-.422	-.2432	-.0610	-.1435*
14.0	-.368	-.2530	-.0701	-.1442	14.8	-.388	-.2537	-.0676	-.1459	15.4	-.415	-.2481	-.0628	-.1453*
14.2	-.362	-.2583	-.0720	-.1461	15.0	-.382	-.2589	-.0694	-.1478	15.6	-.409	-.2532	-.0646	-.1472
14.4	-.357	-.2632	-.0737	-.1479	15.2	-.376	-.2636	-.0711	-.1495	15.8	-.403	-.2580	-.0663	-.1489*

ที่มา จากภาคผนวกตารางที่ 4 โดย Ramberg, J.S., Dudewicz, E.J., Tadikamalla, P.R. and Mykytka, E.F. 1979. A Probability Distribution and Its Uses in Fitting Data. Technometrics 21 : 201-214

ตารางที่ ก.2 คะแนนปกติผกผันสำหรับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน เมื่อ n =10 ถึง 40

i	*n*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0	-.44	-.67	-.82	-.98	-1.07	-1.15	-1.22	-1.28	-1.34
2			.44	0	-.25	-.44	-.57	-.67	-.76	-.84	-.91
3				.67	.25	0	-.18	-.32	-.43	-.52	-.60
4					.82	.44	.18	0	-.14	-.25	-.35
5						.98	.57	.32	.14	0	-.11
6								.67	.43	.25	.11
7										.52	.32

i	*n*	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		-1.38	-1.43	-1.46	-1.50	-1.53	-1.56	-1.59	-1.62	-1.64	-1.67
2		-.97	-1.02	-1.07	-1.11	-1.15	-1.19	-1.22	-1.25	-1.28	-1.31
3		-.67	-.74	-.79	-.84	-.89	-.93	-.97	-1.00	-1.04	-1.07
4		-.43	-.50	-.57	-.62	-.67	-.72	-.76	-.80	-.84	-.88
5		-.21	-.29	-.37	-.43	-.49	-.54	-.59	-.63	-.67	-.71
6		0	-.10	-.18	-.25	-.32	-.38	-.43	-.48	-.52	-.57
7		.21	.10	0	-.09	-.16	-.22	-.28	-.34	-.39	-.43
8		.43	.29	.18	.09	0	-.07	-.14	-.20	-.25	-.30
9				.37	.25	.16	.07	0	-.07	-.13	-.18
10						.32	.22	.14	.07	0	-.06
11								.28	.20	.13	.06
12										.25	.18

i	*n*	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1		-1.69	-1.71	-1.73	-1.75	-1.77	-1.79	-1.80	-1.82	-1.83	-1.85
2		-1.34	-1.36	-1.38	-1.41	-1.43	-1.45	-1.47	-1.48	-1.50	-1.52
3		-1.10	-1.12	-1.15	-1.17	-1.20	-1.22	-1.24	-1.26	-1.28	-1.30
4		-.91	-.94	-.97	-.99	-1.02	-1.04	-1.07	-1.09	-1.11	-1.13
5		-.75	-.78	-.81	-.84	-.87	-.90	-.92	-.94	-.97	-.99
6		-.60	-.64	-.67	-.71	-.74	-.76	-.79	-.82	-.84	-.86
7		-.47	-.51	-.55	-.58	-.62	-.65	-.67	-.70	-.73	-.75
8		-.35	-.39	-.43	-.47	-.50	-.54	-.57	-.60	-.62	-.65
9		-.23	-.28	-.32	-.36	-.40	-.43	-.46	-.49	-.52	-.55
10		-.11	-.16	-.21	-.25	-.29	-.33	-.37	-.40	-.43	-.46
11		0	-.05	-.10	-.15	-.19	-.23	-.27	-.31	-.34	-.37
12		.11	.05	0	-.05	-.10	-.14	-.18	-.22	-.25	-.29
13		.23	.16	.10	.05	0	-.05	-.09	-.13	-.17	-.20
14			.21	.15	.10	.05	0	-.04	-.08	-.12	
15					.19	.14	.09	.04	0	-.04	
16							.18	.13	.08	.04	
17									.17	.12	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) คะแนนปกติผกผันสำหรับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน เมื่อ n =10 ถึง 40

i	n	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1		-1.86	-1.88	-1.89	-1.90	-1.91	-1.93	-1.94	-1.95	-1.96	-1.97
2		-1.53	-1.55	-1.56	-1.58	-1.59	-1.61	-1.62	-1.63	-1.64	-1.66
3		-1.32	-1.34	-1.35	-1.37	-1.38	-1.40	-1.41	-1.43	-1.44	-1.45
4		-1.15	-1.17	-1.19	-1.20	-1.22	-1.24	-1.25	-1.27	-1.28	-1.30
5		-1.01	-1.03	-1.05	-1.07	-1.09	-1.10	-1.12	-1.13	-1.15	-1.17
6		-.89	-.91	-.93	-.95	-.97	-.99	-1.00	-1.02	-1.04	-1.05
7		-.77	-.80	-.82	-.84	-.86	-.88	-.90	-.92	-.93	-.95
8		-.67	-.70	-.72	-.74	-.76	-.79	-.80	-.82	-.84	-.86
9		-.58	-.60	-.63	-.65	-.67	-.70	-.72	-.74	-.76	-.77
10		-.49	-.52	-.54	-.57	-.59	-.61	-.63	-.65	-.67	-.69
11		-.40	-.43	-.46	-.48	-.51	-.53	-.55	-.58	-.60	-.62
12		-.32	-.35	-.38	-.40	-.43	-.46	-.48	-.50	-.52	-.55
13		-.24	-.27	-.30	-.33	-.36	-.38	-.41	-.43	-.45	-.48
14		-.16	-.19	-.22	-.25	-.28	-.31	-.34	-.36	-.39	-.41
15		-.08	-.11	-.15	-.18	-.21	-.24	-.27	-.29	-.32	-.34
16		0	-.04	-.07	-.11	-.14	-.17	-.20	-.23	-.25	-.28
17		.08	.04	0	-.04	-.07	-.10	-.13	-.16	-.19	-.22
18		.16	.11	.07	.04	0	-.03	-.07	-.10	-.13	-.15
19				.15	.11	.07	.03	0	-.03	-.06	-.09
20						.14	.10	.07	.03	0	-.03
21								.13	.10	.06	.03
22										.13	.09

ที่มา จากภาคผนวกตารางที่ 16 โดย Marascuilo, L.A. and Mcsweeney, M. 1977. Nonparametric and Distribution-Free Methods for the Social Sciences. California : Brooks Cole

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 ค่าวิกฤตสำหรับสถิติทดสอบฟรีดแมน เมื่อ $t = 3,\ b \leq 15$ และ $t = 4,\ b \leq 8$

	$t = 3$			$t = 4$		
b	$\alpha \leq .10$	$\alpha \leq .05$	$\alpha \leq .01$	$\alpha \leq .10$	$\alpha \leq .05$	$\alpha \leq .01$
2	-	-	-	6.00	6.00	-
3	6.00	6.00	-	6.60	7.40	9.00
4	6.00	6.50	8.00	6.30	7.80	9.60
5	5.20	6.40	8.40	6.36	7.80	9.96
6	5.33	7.00	9.00	6.40	7.60	10.00
7	5.43	7.14	8.86	6.26	7.80	10.37
8	4.75	6.25	9.00	6.30	7.65	10.50
9	5.56	6.22	8.67			
10	5.00	6.20	9.60			
11	4.91	6.54	9.46			
12	5.17	6.50	9.50			
13	4.77	6.00	9.39			
14	-	6.40	9.00			
15	-	6.40	8.93			
∞	4.61	5.99	9.21	6.25	7.82	11.34

ที่มา จากภาคผนวกตารางที่ 22 โดย Marascuilo, L.A. and Mcsweeney, M. 1977. Nonparametric and Distribution-Free Methods for the Social Sciences. California : Brooks Cole

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ค่าวิกฤตสำหรับการแจกแจงแบบไคกำลังสอง

df	$P_{0.5}$	$P_{1.0}$	$P_{2.5}$	$P_{5.0}$	$P_{10.0}$	$P_{90.0}$	$P_{95.0}$	$P_{97.5}$	$P_{99.0}$	$P_{99.5}$
1	0.000039	0.00016	0.00098	0.0039	0.0158	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.1026	0.2107	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	0.584	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5	0.412	0.554	0.831	1.15	1.61	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	0.676	0.872	1.24	1.64	2.20	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55
7	0.989	1.24	1.69	2.17	2.83	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	13.36	15.51	17.53	20.09	21.95
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	17.28	19.68	21.92	24.72	26.76
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
120	83.85	86.92	91.58	95.70	100.62	140.23	146.57	152.21	158.95	163.64

ที่มา จากภาคผนวกตารางที่ 3 โดย Marascuilo, L.A. and Mcsweeney, M. 1977. Nonparametric and Distribution-Free Methods for the Social Sciences. California : Brooks Cole

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

```
for(t in c(3,5,7))#loop for define and determine t
{
 for(b in c(5,7,9))#loop for define and determine b
 {
  #define alpha3
  alpha3 <- c(0,0.2,0.6,1.0,1.4,1.8)
  #define alpha4
  alpha4 <- c(3.0,3.2,3.6,4.6,6.0,8.0)
  #define lambda
     l1 <- c(0.0,0.1974,0.1349,0.1349)
     l2 <- c(0.0,-0.0870,-0.0443,-0.0443)
     l3 <- c(0.0,-0.2306,-0.1045,-0.1045)
   L1 <- c(l1,l2,l3)
     l4 <- c(-0.187,0.1599,0.0866,0.1230)
     l5 <- c(-0.065,-0.1003,-0.0475,-0.0534)
     l6 <- c(-0.043,-0.2374,-0.1029,-0.1110)
   L2 <- c(l4,l5,l6)
     l7 <- c(-0.482,0.1273,0.0454,0.1171)
     l8 <- c(-0.197,-0.0956,-0.0394,-0.0565)
     l9 <- c(-0.132,-0.2267,-0.0904,-0.1145)
   L3 <- c(l7,l8,l9)
     l10 <- c(-0.638,0.0741,0.0182,0.0697)
     l11 <- c(-0.325,-0.1019,-0.0352,-0.0651)
     l12 <- c(-0.227,-0.2174,-0.0778,-0.1179)
   L4 <- c(l10,l11,l12)
     l13 <- c(-0.782,0.0379,0.005603,0.0365)
     l14 <- c(-0.458,-0.1020,-0.0280,-0.0702)
     l15 <- c(-0.333,-0.2018,-0.0625,-0.1181)
   L5 <- c(l13,l14,l15)
     l16 <- c(-0.892,0.002914,0.000193,0.002801)
     l17 <- c(-0.583,-0.1075,-0.0217,-0.0782)
     l18 <- c(-0.445,-0.1904,-0.0482,-0.1193)
   L6 <- c(l16,l17,l18)
  #define lambda in vector
  Lambda <- c(L1,L2,L3,L4,L5,L6)
  #define lambda in array
  lambda <- array(Lambda, c(4,3,6))

  for(i in 1:6)#loop for determine row of lambda
  {
   for(j in 1:3)#loop for determine column of lambda
   {
    #define sigma
    sigma <- c(5,15,25)
    for(k in 1:3)#loop for determine sigma
    {
     for(l in 1:4)#loop for determine kt
     {
      #determine and random kt
      if(l==1)
      {
       #determine kt equal to 0
       kt=0
```

```
}
else if(l==2)
{
 #random kt in (1,2)
 kt=runif(1)*1+1
 while(kt==1)#loop for check lower bound of kt
   kt=runif(1)*1+1
}
else if(l==3)
{
 #random kt in (3,4)
 kt=runif(1)*1+3
 while(kt==3)#loop for check lower bound of kt
   kt=runif(1)*1+3
}
else if(l==4)
{
 #random kt in (5,6)
 kt=runif(1)*1+5
 while(kt==5)#loop for check lower bound of kt
   kt=runif(1)*1+5
}#end determine and random kt

#define mu
mu=50
#define size of tau
tau <- c(1:t)
for(m in 1:t)#loop for define tau and beta
{
 #calculate tau
 tau[m] <- (3.19*kt/t)*(m-(t+1)/2)
}#end loop for define tau and beta
 #random kb in (3,6)
 kb=runif(1)*3+3
 while(kb==3)#loop for check lower bound of kb
   kb=runif(1)*3+3
#define size of beta
beta <- c(1:b)
for(n in 1:b)#loop for define beta
{
 #calculate beta
 beta[n] <- (3.19*kb/b)*(n-(b+1)/2)
} #end loop for define beta

#initial all count equal 0
count_x2f <- 0
count_x2n <- 0
count_x2m <- 0

for(o in 1:1000)#loop for iterate 1000 times
{
 #determine y[,]
 #calculate lambda2
 lambda2 <- lambda[2,j,i]/sigma[k]
 #determine lambda3
 lambda3 <- lambda[3,j,i]
 #determine lambda4
 lambda4 <- lambda[4,j,i]
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
#check alpha3 and alpha4
repeat
{
 #define size of y[,]
 Y <- c(1:t*b)
 #define y[,] in array
 y <- array(Y, c(b,t))
 for(n in 1:b)#loop for determine column of y[,]
 {
  for(m in 1:t)#loop for determine row of y[,]
  {
   #random p
   p <- runif(1)
   #calculate lambda1
   lambda1 <- lambda[1,j,i]*sigma[k]+(mu+tau[m]+beta[n])
   #calculate y[,]
   y[n,m] <- lambda1+(p^lambda3-(1-p)^lambda4)/lambda2
  } #end loop for determine row of y[,]
 } #end loop for determine column of y[,]

 #calculate alpha3 and alpha4
 Mean <- 0
 for(n in 1:b)#loop for determine column of y[,]
 {
  for(m in 1:t)#loop for determine row of y[,]
  {
   Mean <- Mean+y[n,m]
  } #end loop for determine row of y[,]
 }
 Mean <- Mean/(t*b)

 m2 <- 0
 for(n in 1:b)#loop for determine column of y[,]
 {
  for(m in 1:t)#loop for determine row of y[,]
  {
   m2 <- m2 +(y[n,m]-Mean)^2
  } #end loop for determine row of y[,]
 }
 m2 <- m2/(t*b)

 m3 <- 0
 for(n in 1:b)#loop for determine column of y[,]
 {
  for(m in 1:t)#loop for determine row of y[,]
  {
   m3 <- m3 +(y[n,m]-Mean)^3
  } #end loop for determine row of y[,]
 }
 m3 <- m3/(t*b)

 m4 <- 0
 for(n in 1:b)#loop for determine column of y[,]
 {
  for(m in 1:t)#loop for determine row of y[,]
  {
   m4 <- m4 +(y[n,m]-Mean)^4
  } #end loop for determine row of y[,]
```

```
  }
  m4 <- m4/(t*b)

  Alpha3 <- m3/(m2^(1.5))
  Alpha4 <- m4/(m2^2)

  if(abs(alpha3[i]-Alpha3)<0.1&&alpha3[i]>=0&&abs((alpha4[i]+(j-1)*2)-
      Alpha4)<1.0&&(alpha4[i]+(j-1)*2)>0) break

}

            ######################################################
            ##################  Friedman [FM]  ###################
            ######################################################

#determine r[,] equal to y[,]
r <- y
#determine size rr in array
rr <- array(c(1:b*t), c(b,t))
#determine order in column
for(J in 1:b) #loop for each column r[J,]
{
 for(I in 1:t)
 {
   rr[J,I] <- 1
   for(K in 1:t)
   {
     if(r[J,I]>r[J,K])
     rr[J,I] <- rr[J,I]+1
   }
 }
}#end loop for each column
#define size of R
R <- c(1:t)
for(I in 1:t)#loop for determine each Ri
{
 #initial value each Ri equal to 0
 R[I] <- 0
 #calculate Ri
 for(J in 1:b)#loop for sum each Ri
 {
   R[I] <- R[I]+rr[J,I]
 }#end loop for sum each Ri
}#end loop for determine each Ri
#calculate Ri2
Ri2 <- 0
for(I in 1:t)
   Ri2 <- Ri2+R[I]^2
#calculate x2f
x2f <-(12/(b*t*(t+1))*Ri2-3*b*(t+1))

            ######################################################
            ########  Van der Waerden Normal-Scores [VDW]  #########
            ######################################################

#determine r[,] equal to y[,]
r <- y
#determine size rr in array
```

```
rr <- array(c(1:b*t), c(b,t))
#determine size rr in array
rr <- array(c(1:b*t), c(b,t))
#determine order in column
for(J in 1:b) #loop for each column r[J,]
{
 for(I in 1:t)
 {
 rr[J,I] <- 1
  for(K in 1:t)
  {
   if(r[J,I]>r[J,K])
     rr[J,I] <- rr[J,I]+1
  }
 }
}#end loop for each column
r3 <- c(-0.6745,0,0.6745)
r5 <- c(-0.9674,-0.4307,0,0.4307,0.9674)
r7 <- c(-1.1503,-0.6745,-0.3186,0,0.3186,0.6745,1.1503)
#determine size z in array
z <- array(c(1:b*t), c(b,t))
#determine z value
for(J in 1:b)
{
 #determine z in each column in accordance with order
 for(I in 1:t)
 {
  if(t==3)
  {
   z[J,I] <- r3[rr[J,I]]
  }
  else if(t==5)
  {
   z[J,I] <- r5[rr[J,I]]
  }
  else if(t==7)
  {
   z[J,I] <- r7[rr[J,I]]
  }
 }
}
#define size of T
T <- c(1:t)
for(I in 1:t)#loop for calculate Ti
{
 #initial each Ti with 0
 w <- c()
 T[I] <- 0
 #calculate each Ti
 for(J in 1:b)#loop for calculate each Ti
 {
  T[I] <- T[I]+z[J,I]
  w <- c(w,z[J,I])
 } #loop for calculate each Ti
}#end loop for calculate Ti
#calculate sum of zi1^2
zi2 <- 0
for(I in 1:t)
```

```
{
  zi2 <- zi2+(z[1,I]^2)
}
#calculate sigma square
sigma_sq <- zi2/t
#calculate sum of Ti^2/(b*sigma square)
Ti2 <- 0
for(I in 1:t)
{
  Ti2 <- Ti2+(T[I]^2)/(b*sigma_sq)
}
#calculate x^2 of normal scale
x2n <- ((t-1)/t)*Ti2

            ####################################################
            ############  Median Aligned Rank [Med.AR]  ############
            ####################################################

#determine r[,] equal to y[,]
r <- y
#sort each column to find med.
for(J in 1:b) #loop for each column r[J,]
{
  #rank r[,] in each column
  for(I in 1:(t-1))#loop for rank r[,] in each column
  {
    #determine dummy min value
    min <- r[J,I]
    Min <- I
    for(K in (I+1):t)#loop for find min value
    {
      if(min>r[J,K])#if for check new min value
      {
        #determine new min value
        min <- r[J,K]
        Min <- K
      } #end if for check new min value
    } #end loop for find min value
    #swap r[J,I] to min value
    temp <- r[J,I]
    r[J,I] <- r[J,Min]
    r[J,Min] <- temp
  }#end loop for rank r[,] in each column
}#end loop for each column

#define size of theta
theta <- c(1:b)
#determine theta
for(J in 1:b)
{
  theta[J] <- r[J,round(t/2)]
}
#define size of oij in array
o <- array(c(1:b*t), c(b,t))
#determine oij
for(J in 1:b)
{
  for(I in 1:t)
```

```
  {
   o[J,I] <- y[J,I]-theta[J]
  }
}

#determine Rij
#define size of oij in array
R <- array(c(1:b*t), c(b,t))
#determine oij
for(J in 1:b)
{
 for(I in 1:t)
 {
  R[J,I] <- 1
  temp <- o[J,I]
  for(K in 1:b)
  {
   for(L in 1:t)
   {
    if(temp>o[K,L])
     R[J,I] <- R[J,I]+1
   }
  }
 }
}

#define FR for count frequency
FR <- c(1:(b*t))
#initial value FR for count frequency
for(I in 1:(b*t))
 FR[I] <- 0
#count frequency of FR
for(I in 1:(b*t))
 for(K in 1:b)
  for(L in 1:t)
  {
   if(R[K,L]==I)
    FR[I] <- FR[I]+1
  }
#weight FR
for(J in 1:b)
 for(I in 1:t)
 {
  R[J,I] <- R[J,I]+(FR[R[J,I]]-1)*0.5
 }

#calculate Ri
Ri <- c(1:t)
for(I in 1:t)
{
 Ri[I] <- 0
 for(J in 1:b)
 {
  Ri[I] <- Ri[I]+R[J,I]
 }
 Ri[I] <- Ri[I]/b
}
#calculate Rj
```

```
Rj <- c(1:b)
for(J in 1:b)
{
 Rj[J] <- 0
 for(I in 1:t)
 {
  Rj[J] <- Rj[J]+R[J,I]
 }
 Rj[J] <- Rj[J]/t
}
#calculate sum of Rij-Ri
RijRj <- 0
for(I in 1:t)
{
 for(J in 1:b)
 {
  RijRj <- RijRj+(R[J,I]-Rj[J])^2
 }
}
#calculate sum of bRi
bRi <- 0
for(I in 1:t)
{
 bRi <- bRi+(b*Ri[I]-b*(t*b+1)/2)^2
}
#calculate x2m
x2m <- ((t-1)/RijRj)*bRi

          ######################################################
          #############  Compare with Critical Value  #############
          ######################################################

#comparison x2 to critical value
if(I==3)
{
 if(J==5)
 {
  if(x2f>6.40)
    count_x2f <- count_x2f+1
 }
 else if(J==7)
 {
  if(x2f>7.14)
    count_x2f <- count_x2f+1
 }
 else if(J==9)
 {
  if(x2f>6.22)
    count_x2f <- count_x2f+1
 }
  if(x2n>5.991)
    count_x2n <- count_x2n+1
  if(x2m>5.991)
    count_x2m <- count_x2m+1
 }
 else if(I==5)
 {
  if(x2f>9.488)
```

```
            count_x2f <- count_x2f+1
           if(x2n>9.488)
            count_x2n <- count_x2n+1
           if(x2m>9.488)
            count_x2m <- count_x2m+1
          }
          else if(I==7)
          {
           if(x2f>12.592)
            count_x2f <- count_x2f+1
           if(x2n>12.592)
            count_x2n <- count_x2n+1
           if(x2m>12.592)
            count_x2m <- count_x2m+1
          }
        }#end loop for iterate 1000 times

                ######################################################
                #############  TypeOne, Power and Output  ##############
                ######################################################

        #calculate TypeOne and Power
        if(tau[m]==0)
        {
         TypeOneF <- count_x2f/1000
         TypeOneN <- count_x2n/1000
         TypeOneM <- count_x2m/1000
         write(c(t,b,alpha3[i],(alpha4[i]+(j-1)*2),sigma[k]),file="C:\\OutputThesis\\part1.txt",
                append="True",sep="\t")
         write(c(kt,TypeOneF,TypeOneN,TypeOneM),file="C:\\OutputThesis\\part2.txt",
                append="True",sep="\t")
        }
        else
        {
          PowerF <- 1-(1000-count_x2f)/1000
          PowerN <- 1-(1000-count_x2n)/1000
          PowerM <- 1-(1000-count_x2m)/1000
          write(c(t,b,alpha3[i],(alpha4[i]+(j-1)*2),sigma[k]),file="C:\\OutputThesis\\part3.txt",
                append="True",sep="\t")
          write(c(kt,PowerF,PowerN,PowerM),file="C:\\OutputThesis\\part4.txt",
                append="True",sep="\t")
        }
       } #end loop for determine kt
      } #end loop for determine sigma
     } #end loop for determine column of lambda
    } #end loop for determine row of lambda
   } #end loop for define and determine b
} #end loop for define and determine t
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวแสงรวี วิฑูรย์พันธุ์ เกิดวันที่ 28 เมษายน 2526 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(คณิตศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับสอง ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปีการศึกษา 2547 และสำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรบัณฑิต (วิชาชีพครู) สาขาวิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปีการศึกษา 2548 เข้าศึกษาต่อหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย