การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

นางสาวสุพัตรา ชะมะบูรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5228-8

COMPARISONS OF TYPE I ERROR RATES AND POWER OF THE TEST AMONG F-TEST, FRIEDMAN TEST AND NORMAL-SCORES TESTS FOR COMPLETELY RANDOMIZED BLOCK DESIGN

Miss Supatra Shamaboon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Educational Statistics
Department of Educational Research
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2003
ISBN 974-17-5228-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์
โดย	นางสาวสุพัตรา ชะมะบูรณ์
สาขาวิชา	สถิติการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

………………………………………….. คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพฑูรย์ สินลารัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…………………………………………… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์)

…………………………………………... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา บวรกิติวงศ์)

…………………………………………… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม)

สุพัตรา ชะมะบูรณ์ : การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (COMPARISONS OF TYPE I ERROR RATES AND POWER OF THE TEST AMONG F-TEST, FRIEDMAN TEST AND NORMAL-SCORES TESTS FOR COMPLETELY RANDOMIZED BLOCK DESIGN) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์, 131 หน้า.
ISBN 974-17-5228-8

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสถิติทดสอบสำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก คือสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก คือสถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ ซึ่งประกอบด้วยสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ โดยศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก สำหรับข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 10,000 ครั้งในแต่ละกรณี

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ (สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์) และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ แต่เมื่อจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น (BL>4) สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ ทั้งในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก

2. อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ (สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์) มีค่ามากกว่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ ส่วนสถิติทดสอบฟรีดแมนไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จึงไม่ได้นำมาทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อขนาดของการทดลองมีขนาดเล็ก (TR=3 และ BL=4) แต่เมื่อจำนวนทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น (TR=4,5 และ BL=7,10) สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มาก และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก

ภาควิชา..........วิจัยการศึกษา.................... ลายมือชื่อนิสิต..
สาขาวิชา..........สถิติการศึกษา.................. ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..
ปีการศึกษา..............2546.................................

##4583823427 : MAJOR EDUCATIONAL STATISTICS

KEY WORD : TYPE I ERROR/ POWER OF THE TEST/ F-TEST/ NORMAL-SCORES TESTS/ COMPLETELY RANDOMIZED BLOCK DESIGN

SUPATRA SHAMABOON : COMPARISONS OF TYPE I ERROR RATES AND POWER OF THE TEST AMONG F-TEST, FRIEDMAN TEST AND NORMAL-SCORES TESTS FOR COMPLETELY RANDOMIZED BLOCK DESIGN. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.SUCHADA BOWARNKITIWONG, Ph.D., 131 pp. ISBN 974-17-5228-8

The purpose of this research was to compare of type I error rates and the power of the test for testing difference between treatment effect in completely randomized block design by using parametric F-test and three nonparametric tests namely , Friedman test and Normal-Scores tests (Terry-Hoeffding Normal-Scores test and Van der Waerden Normal-Scores test) when the distributions of random error are Normal and Logistic. For each statistic under experimental situation, the Monte Carlo experiment was repeated 10,000 times.

The findings were summarized as follows :

1. When the distributions of random error are Normal and Logistic. The order type I error rates shows subsequence : F-test, Normal-Scores tests (Terry-Hoeffding Normal-Scores test can close to control type I error rates with Van der Waerden Normal-Scores test) and Friedman test. However, three nonparametric tests and F test give close to type I error rates when the number of blocks are increased (BL>4).

2. When the distributions of random error are Normal and Logistic. The Normal-Scores tests (Terry-Hoeffding Normal-Scores test give close to power of the test with Van der Waerden Normal-Scores test) have more power of the test than F-test but Friedman test can not controlled type I error rates so the power of the test can not compared when the experimental size is small (TR=3 and BL=4). However, F-test and three nonparametric tests give close to power of the test when the number of treatments and number of blocks are increased (TR=4,5 and BL=7,10) and the large difference of treatment effects.

Department………Educational Research…… Student's signature…………………………………………..

Field of study……..Educational Statistics..….. Advisor's signature………………..………………………….

Academic year……………2003………………..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์เป็นรูปเล่มและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเมตตากรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา บวรกิติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาคำแนะนำ และแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นสูง ในความเมตตา กรุณาของท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ อันเป็นประโยชน์กับผู้วิจัยเป็นอย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นสูง ในความเมตตา กรุณาของท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบพระคุณธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด และบัณฑิตวิทยาลัย สำหรับทุนการศึกษาและทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ พี่ และเพื่อน ในภาควิชาวิจัยการศึกษาทุกคนที่เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ ต่อผู้วิจัยเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่รังสิมา ประสงค์ คุณพ่อวิชิต ชะมะบูรณ์ น้องทั้ง 2 คน คุณลุงศักดิ์สิน แก้วประจบ และคุณป้าสุขุมาลย์ แก้วประจบ ที่เป็นกำลังใจสำคัญและส่งเสริมสนับสนุนด้านการเรียนของผู้วิจัย เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สุพัตรา ชะมะบูรณ์

สารบัญ

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง(ต่อ)

สารบัญตาราง(ต่อ)

สารบัญตาราง(ต่อ)

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ(ต่อ)

สารบัญภาพ(ต่อ)

สารบัญภาพ(ต่อ)

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การออกแบบการวิจัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิจัยเชิงทดลอง นอกจากผู้วิจัยจะต้องมีความสามารถในการออกแบบการทดลอง และมีความเข้าใจในเรื่องที่จะศึกษาแล้ว ยังต้องอาศัยความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อหาข้อสรุปสำหรับสมมติฐานที่ตั้งขึ้น ซึ่งข้อสรุปจะมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้วิจัยในการเลือกสถิติให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล โดยลักษณะของข้อมูลสามารถจำแนกได้เป็น 4 ระดับ คือมาตรานามบัญญัติ (Nominal Scale) มาตราจัดอันดับ (Ordinal Scale) มาตราอันตรภาค (Interval Scale) และมาตราอัตราส่วน (Ratio Scale) มาตราแต่ละระดับจะใช้สถิติบรรยาย และการทดสอบที่แตกต่างกัน ถ้าเราไม่ทราบว่าข้อมูลที่รวบรวมได้อยู่ในมาตราวัดใด อาจจะเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่เหมาะสมซึ่งทำให้การสรุปผลผิดพลาดได้

สำหรับการทดสอบสมมติฐานในงานวิจัยเชิงทดลองมักจะทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม หรือมากกว่า 2 กลุ่ม สำหรับการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 2 กลุ่ม มักจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) โดยอาศัยสถิติทดสอบเอฟ (F-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวนมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ค่าสังเกตของกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มต้องเท่ากัน (Glass,1970: 368 -370) และค่าสังเกตสุ่มมาจากประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน (Kirk,1995: 97) โดยลักษณะของข้อมูลจัดอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป (Siegel และ Castellan,1988: 169) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบพาราเมตริก (Parametric Test) และเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังกล่าว Kirk (1995: 95-97) ได้ให้มโนทัศน์ไว้ดังนี้

สถิติทดสอบเอฟเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองระหว่างกลุ่ม (MSBG) กับค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองภายในกลุ่ม (MSWG) หรือความแปรปรวนระหว่างกลุ่มหารด้วยความแปรปรวนภายในกลุ่ม และใช้หลักการเปรียบเทียบ F ที่คำนวณได้ กับ F ในตารางเพื่อสรุปผลการวิเคราะห์

นอกจากนี้งานวิจัยเชิงทดลองโดยเฉพาะทางการศึกษา ส่วนมากมักจะเผชิญกับปัญหาในการใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน (ε_{ki}) ไม่เป็นแบบปกติเสมอไป ซึ่งขัดกับข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions) ของตัวแบบ $X_{ik} = \mu + \tau'_k + \beta'_i + \varepsilon_{ik}$ โดยลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน

(ε_{ki}) เป็นแบบปกติ หากผู้วิจัยนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือน้อยลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแปลงข้อมูล (Transformation of Data) ก่อนแล้วจึงนำข้อมูลที่แปลงแล้วมาวิเคราะห์ ซึ่งวิธีการดังกล่าว มีขั้นตอนและการคำนวณที่ยุ่งยาก และยังมีปัญหาเกี่ยวกับการเลือกวิธีแปลงข้อมูลที่เหมาะสมอีกด้วย นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยทางด้านดนตรี และศิลปะนั้น มีผู้วิจัยจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถยอมรับว่าข้อมูลที่ได้อยู่ในระดับมาตราอันตรภาค (Interval Scale) หรือมาตราอัตราส่วน (Ratio Scale) ได้ เช่นการประกวดวาดภาพ ถึงแม้ว่าคณะกรรมการตัดสินจะมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแล้วก็ตาม แต่คะแนนที่ได้เป็นเพียงตัวเลขที่แสดงให้เห็นว่าผู้เข้าประกวดอยู่ในระดับเกณฑ์ใดเท่านั้น และตัวเลขเหล่านี้ไม่สามารถบอกได้ว่าช่วงห่างของแต่ละคู่จะมีขนาดเท่ากันจริง หรือแม้แต่การสอบภาคปฏิบัติในวิชาดนตรี คะแนนเต็ม 10 คะแนน นักเรียนคนที่ 1 ได้ 9 คะแนน นักเรียนคนที่ 2 ได้ 8 คะแนน และนักเรียนคนที่ 3 ได้ 7 คะแนนนั้น ผู้วิจัยไม่สามารถบอกได้ว่าช่วงห่างระหว่าง 1 คะแนนของนักเรียนคนที่ 1 กับคนที่ 2 และนักเรียนคนที่ 2 กับคนที่ 3 จะมีขนาดเท่ากัน ผู้วิจัยบอกได้แต่เพียงว่านักเรียนคนไหนเล่นได้ดีที่สุด และรองลงมาเรื่อย ๆ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลที่มีลักษณะเป็นการจัดอันดับ (Ranked Data) เหล่านี้ เป็นข้อมูลประเภทมาตราจัดอันดับ (Ordinal Scale) ในกรณีเช่นนี้จะเกิดทางเลือกสำหรับผู้วิจัยขึ้น คือจะยังคงใช้สถิติทดสอบเอฟ โดยที่ข้อมูลยังมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น หรือจะเลือกใช้สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก (Nonparametric Test) แทน

สำหรับทางเลือกที่ 1 การใช้สถิติทดสอบเอฟมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยที่ข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น มาจากพื้นฐานความเชื่อว่า การฝ่าฝืน (Violation) ข้อตกลงเบื้องต้นจะมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน เรียกสภาวะของสถิติทดสอบนั้นว่า มีความแกร่ง (Robustness) ดังคำกล่าวของ Scheff (1959: 337-345) ว่าผลของการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการอ้างอิงหรือการทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย และการขาดคุณสมบัติของข้อตกลงเบื้องต้นเพียงข้อเดียวหรือหลายข้อจะมีผลต่อสถิติทดสอบเอฟ โดยขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลนั้นจะแตกต่างจากข้อตกลงเบื้องต้นมากน้อยเพียงใด (Lee,1975: 282)

ส่วนทางเลือกที่ 2 เป็นทางเลือกที่ผู้วิจัยสามารถนำมาใช้ได้เมื่อข้อมูลมีมาตรการวัดอยู่ในระดับมาตราจัดอันดับ (Ordinal Scale) โดยลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน (ε_{ki}) อาจจะมีการแจกแจงแบบปกติ หรืออาจจะไม่มีการแจกแจงแบบปกติก็ได้ สถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ที่มากกว่า 2 กลุ่ม มักจะใช้กับข้อมูลประเภทจำแนกทางเดียว (One-way Classification Data) เช่นสถิติทดสอบวิลค๊อกซอน (Wilcoxon Test) และแรงค์ทรานสฟอร์เมชั่น (Rank Transformation Test) เป็นต้น แต่เนื่องจากแผนการทดลองแบบจำแนกทางเดียวจะใช้ได้ผลดีเมื่อหน่วยตัวอย่างของแต่ละทรีทเมนต์มีความสม่ำเสมอกัน ซึ่งในทางปฏิบัติจริงนั้นเป็นไปได้ยาก จึงได้มีการประยุกต์ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์แทน ซึ่งเป็นแผนการทดลองที่พิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองในลักษณะใดๆ อีกลักษณะหนึ่ง (Block) ที่นอกเหนือไปจากทรีทเมนต์ สำหรับสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพของทรีทเมนต์ของข้อมูลประเภทนี้คือ

สถิติทดสอบฟรีดแมน (Friedman Test) และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ (Normal-Scores Test) ประกอบด้วยสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ (Terry-Hoeffding Normal-Scores Test) และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ (Van der Waerden Normal-Scores Test)

สถิติทดสอบฟรีดแมน เป็นการทดสอบหนึ่งที่นิยมใช้ในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยที่ในแต่ละเซล (Cell) จะมีค่าสังเกต (X_{ki}) เพียงหนึ่งตัว มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ องศาอิสระเท่ากับ K-1 และตั้งสมมติฐานหลักว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งถ้าผลการทดลองปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่า มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าผลการทดสอบยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Conover W.J. และ Iman R.L.,1981: 126-127)

ในด้านประสิทธิภาพของสถิติทดสอบฟรีดแมน พบว่าภายใต้ข้อตกลงของสถิติทดสอบเอฟนั้น ค่า A.R.E. (Asymtotic Relative Efficiency) ของสถิติทดสอบฟรีดแมน เทียบกับสถิติทดสอบเอฟมีค่าประมาณ 3K/ π (K+1) ซึ่งค่า A.R.E.จะเพิ่มขึ้น เมื่อทรีทเมนต์ (K) มีค่าเพิ่มขึ้น (Marascuilo และ McSweeney,1977: 360-361 และ Conover,1971: 270) ซึ่งสอดคล้องกับ Zimmerman และ Zumbo (1993: 75-86) ศึกษาเรื่องอำนาจความสัมพันธ์ของสถิติทดสอบวิลค๊อกซอน (Willcoxon Test) สถิติทดสอบฟรีดแมน (Friedman Test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ เมื่อข้อมูลเป็นข้อมูลอันดับ (Repeated-Measures ANOVA on Ranks) โดยการทดลองใช้จำนวนทรีทเมนต์เป็น 2 , 3 และ 4 หน่วยตัวอย่างในแต่ละจำนวนทรีทเมนต์เป็น 14 ผลการวิจัยพบว่าเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ สถิติทดสอบฟรีดแมนสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) ได้ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับเกษร วัฒนาชัยวณิช (2532: 100-105) ศึกษาเรื่องการทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยสถิติทดสอบที่ใช้มี 4 วิธี คือสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควด และสถิติทดสอบโคโนเวอร์และไอแมน เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 5 และ 7 จำนวนบล็อกเป็น 3, 5, 7 และ 10 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเป็น 0 และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเป็น 25 , 100 และ 225 ผลการวิจัยพบว่า เมื่อลักษณะการแจงแจกของความคลาดเคลื่อน (ε_{ki}) มีการแจกแจงแบบปกติ สถิติทดสอบเอฟ (F-test) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) และมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบฟรีดแมน (Friedman Test) แต่เมื่อบล็อกมีจำนวนตั้งแต่ 5 บล็อกขึ้นไป และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มมากขึ้น สถิติทดสอบเอฟและสถิติทดสอบฟรีดแมนมีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

สำหรับสถิติทดสอบนอร์มอลสกอร์ ค่า A.R.E. (Asymtotic Relative Efficiency) ของสถิติทดสอบนอร์มอลสกอร์เทียบกับสถิติทดสอบเอฟจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบเอฟ และค่า A.R.E. จะมีค่ามากกว่า 1 ถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบเอฟ (Marascuilo และ McSweeney,1977: 360-361) ซึ่งไปรมา พจนพิมล (2525: 69–75)

ศึกษาเรื่องการศึกษาแบบมอนติคาร์โล : การเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของที-เทส, วิลค๊อกซอน เทส, เทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ เทส และแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เทสภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากร 3 แบบ โดยลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ แบบยูนิฟอร์ม และแบบโลจิสติก กลุ่มทั้งตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีขนาดเท่ากัน เป็น 5, 10 และ 15 และความแปรปรวนของประชากรเท่ากันทั้ง 2 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ที-เทสสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด รองลงมาเป็นเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ เทส และแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เทส ซึ่งสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกัน และวิลค๊อกซอน เทส ตามลำดับ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น (n=10,15) สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกับที-เทส นอกจากนี้ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก (n=5) สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบมากกว่าที-เทส เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น (n=10,15) ที-เทสมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี

จากลักษณะดังกล่าวข้างต้นงานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกในลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนแบบปกติ แต่ยังไม่มีหลักฐานและผลสรุปเพียงพอเกี่ยวกับการเลือกใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test), สถิติทดสอบฟรีดแมน (Friedman Test), สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ (Terry-Hoeffding Normal–Scores Test) และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ (Van der Waerden Normal–Scores Test) ในลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนแบบโลจิสติก การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความแกร่ง (Robustness) และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อข้อมูลได้จากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ซึ่งความแกร่งนี้พิจารณาได้จากการที่สถิติทดสอบนั้นจะต้องไม่ทำให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error Rate) หรืออัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II Error Rate) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อข้อตกลงเบื้องต้นเกิดผิดพลาดไป โดยวิธีการจำลอง (Simulation) ซึ่งจะทำให้ได้ผลสรุปที่เด่นชัดภายใต้สถานการณ์ทดลองที่สามารถกำหนดลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน (ε_{ki}) จำนวนทรีทเมนต์และจำนวนบล็อกได้ด้วยเครื่องพิวเตอร์ ที่ใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถนำมาดำเนินการเพื่อหาข้อสรุปในการแก้ปัญหาได้ในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Completely Randomized Block Design) โดยใช้สถิติทดสอบดังนี้

1. สถิติทดสอบเอฟ (F-test)
2. สถิติทดสอบฟรีดแมน (Friedman Test)
3. สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ (Terry-Hoeffding Normal–Scores Test)
4. สถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ (Van der Waerden Normal–Scores Test)

ภายใต้การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ (Normal Distribution) และการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบโลจิสติก (Logistic Distribution)

สมมติฐานของการวิจัย

ไปรมา พจนพิมล (2525) เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของที-เทส ,วิลค๊อกซอน เทส , เทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ เทส และแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เทสภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากร 3 แบบ ผลการวิจัยพบว่า ที-เทสสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด รองลงมาเป็นเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ เทส และแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เทส ซึ่งสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกัน และวิลค๊อกซอน เทส ตามลำดับ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น (n=10,15) สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกับที-เทส นอกจากนี้ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก (n=5) สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบมากกว่าที-เทส เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น (n=10,15) ที-เทสมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี

เกษร วัฒนาชัยวณิช (2532) ทำการศึกษาเรื่องการทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยสถิติทดสอบที่ใช้มี 4 วิธี คือสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควด และสถิติทดสอบโคโนเวอร์และไอแมน เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 5 และ 7 จำนวนบล็อกเป็น 3, 5, 7 และ 10 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเป็น 0 และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเป็น 25 , 100 และ 225 ผลการวิจัยพบว่า เมื่อลักษณะการแจงแจกของความคลาดเคลื่อน (ε_{ki}) มีการแจกแจงแบบปกติ สถิติทดสอบเอฟ (F-test) สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) และมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบฟรีดแมน (Friedman Test) แต่เมื่อบล็อกมีจำนวนตั้งแต่ 5 บล็อกขึ้นไป และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มมากขึ้น สถิติทดสอบเอฟและสถิติทดสอบฟรีดแมนมีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

และจากคำกล่าวของ Marascuilo และ McSweeney (1977) ว่าเมื่อจำนวนทรีทเมนต์มากกว่าหรือเท่ากับ 4 ควรเลือกใช้สถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์

ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานดังนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบเอฟน่าจะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากกว่าสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี แต่เมื่อจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น (BL>4) สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี กับสถิติทดสอบเอฟ น่าจะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ไม่แตกต่างกันทุกลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน

2. อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี น่าจะมีค่ามากกว่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ แต่เมื่อจำนวนทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น (TR=4,5 และ BL=7,10) สถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี น่าจะมีอำนาจการทดสอบไม่แตกต่างกันทุกลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน

ข้อตกลงเบื้องต้น

ตัวแบบของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มีรูปแบบดังนี้

$$X_{ik} = \mu + \tau'_k + \beta'_i + \varepsilon_{ik} \qquad , k = 1,2,3,\ldots,t$$
$$i = 1,2,3,\ldots,b$$

โดยที่ X_{ik} คือค่าสังเกตจากหน่วยทดลองในบล็อกที่ i ที่ได้รับทรีทเมนต์ที่ k

μ คือค่าเฉลี่ยของประชากร

τ'_k คืออิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ k

β'_i คืออิทธิพลของบล็อกที่ i

ε_{ik} คือค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลองจากบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ k

ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้ τ'_k และ β'_i เป็นอิทธิพลแบบคงที่ จะได้ว่า $\sum_{k=1}^{t} \tau'_k = 0$ และ $\sum_{i=1}^{b} \beta'_i = 0$ และในแต่ละเซล (Cell) มีค่าสังเกตจากหน่วยทดลองในบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ k เพียงหนึ่งตัว

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาถึงอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่1 (Type I Error Rate) และอำนาจการทดสอบ (Power of the Test) เมื่อข้อมูลได้มาจากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ภายใต้การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ (The distribution of random error is Normal) และแบบโลจิสติก (The distribution of random error is Logistic)

2. กำหนดให้บล็อก (Block) ในแผนการทดลองเป็นบล็อกแบบคงที่ (Fixed-effect) และมีจำนวนเท่ากับ 4 ,7 และ 10 บล็อก ตามลำดับ

3. กำหนดให้ทรีทเมนต์ (Treatment) ในแผนการทดลองเป็นทรีทเมนต์แบบคงที่ (Fixed-effect) และมีจำนวนเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ

4. กำหนดให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเป็น 0 และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเป็น σ_{ε}^{2}

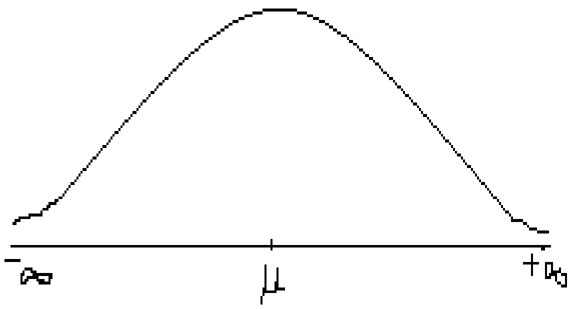
5. กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 และ.05

6. การวิจัยครั้งนี้จำลองการทดลองตามสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Technique) ทำซ้ำ 10,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ของการทดลองด้วยโปรแกรม Fortran PowerStation 4.0 บนเครื่องคอมพิวเตอร์ PC โดยมีค่าฟังก์ชันความน่าจะเป็น ค่าคาดหวัง และค่าความแปรปรวนของการแจกแจงแต่ละรูปแบบดังนี้

การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นคือ

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



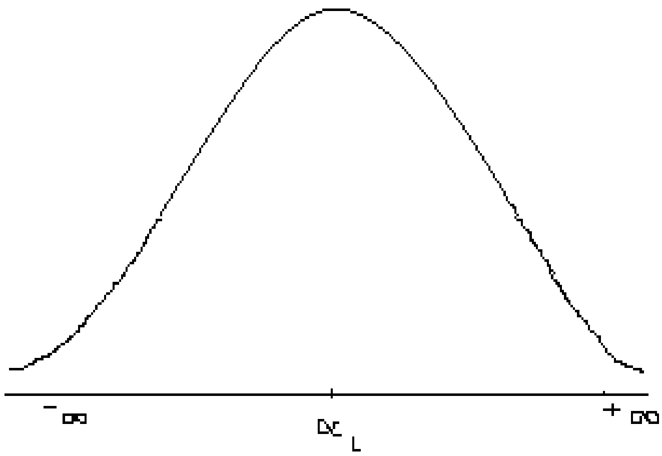
คุณสมบัติของการแจกแจงแบบปกติ

1. ลักษณะของโค้งเป็นรูประฆังคว่ำ (Bell Shaped) และมีลักษณะสมมาตร (Symmetry)
2. จุดที่เป็นค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมเป็นจุดเดียวกันหรือมีค่าเท่ากัน
3. ค่าคาดหวัง E(X) $= \mu$
4. ค่าความแปรปรวน V(X) $= \sigma^2$
5. ความเบ้ (skewness) = 0
6. ความโด่ง (kurtosis) = 3.0
7. ปลายทั้งสองข้างของเส้นโค้งจะค่อยๆ ลดต่ำลง แต่ไม่จรดกับฐานของโค้งหรือแกนนอน
8. ถ้าลากเส้นตั้งฉากจาก x (ซึ่งเป็นแกนนอน) ไปยังเส้นโค้งโดยที่เส้นดังกล่าวห่างจากจุดเฉลี่ย (μ) ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาด้วยระยะหนึ่งเท่า , สองเท่า และสามเท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) พื้นที่ที่ปิดกั้นเส้นตั้งฉากกับเส้นโค้งจะเท่ากับ 68% , 95.4% และ 99.7% ของพื้นที่ทั้งหมดตามลำดับ

การแจกแจงแบบโลจิสติก (Logistic Distribution)

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นคือ

$$f(x) = \frac{1}{\beta_L}\,\frac{e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}}{\left[1+e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}\right]^2} \qquad ; \quad -\infty < X < \infty \;;\; \beta_L > 0$$



คุณสมบัติของการแจกแจงแบบโลจิสติก

1. ลักษณะของโค้งเป็นรูประฆังคว่ำ (Bell Shaped) และมีลักษณะสมมาตร (Symmetry)
2. ค่าคาดหวัง E(X) $= \alpha_L$
3. ค่าความแปรปรวน V(X) $= 1/3\, \pi^2 \beta^2_L$
4. ความเบ้ (skewness) = 0
5. ความโด่ง (kurtosis) = 4.2
6. ปลายทั้งสองข้างของเส้นโค้งจะค่อยๆ ลดต่ำลง แต่ไม่จรดกับฐานของโค้งหรือแกนนอน

นิยามศัพท์ที่ใช้เฉพาะในการวิจัย

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) คือความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักนั้นเป็นจริง

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II Error) คือความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักนั้นเป็นเท็จ

อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error Rate) คือ สัดส่วนของจำนวนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริงในการทดสอบสมมติฐานของการทดลองกับจำนวนครั้งในการทดลอง

อำนาจการทดสอบ (Power of the test) คือความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักนั้นเป็นเท็จ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1- β เมื่อ β คือความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2

ความแกร่ง (Robustness) ของสถิติทดสอบ คือคุณสมบัติของการทดสอบที่ไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่ปัจจัยที่ต้องการทดสอบ เช่นการฝ่าฝืนข้อตกลงเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากรแบบปกติไปเป็นแบบอื่นจะต้องไม่ส่งผลต่ออัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1และอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ให้เพิ่มมากขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล จากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น และไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้เสนอแนวคิด ทฤษฎี ซึ่งได้จากการศึกษาเอกสาร ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์

ตอนที่ 2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ตอนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์

แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ เป็นแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ หมายความว่าในแต่ละบล็อกจะต้องมีครบทุกทรีทเมนต์ แผนการทดลองนี้เหมาะสำหรับกรณีที่ผู้วิจัยสามารถแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่มหรือประเภทได้ และกลุ่มดังกล่าวจะเรียกว่า บล็อก (Block) ซึ่งหลักในการจัดบล็อก คือพยายามจัดหน่วยทดลองที่อยู่ในบล็อกเดียวกันให้มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด และหน่วยทดลองที่อยู่ต่างบล็อกกันจะมีความแตกต่างกันมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อขจัดความผันแปร ซึ่งไม่ใช่อิทธิพลของทรีทเมนต์ออกไปจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ มีตัวแบบดังนี้

$$X_{ik} = \mu + \tau'_k + \beta'_i + \varepsilon_{ik} \qquad , k = 1,2,3,\ldots,t$$

$$i = 1,2,3,\ldots,b$$

โดยที่ X_{ki} คือค่าสังเกตจากหน่วยทดลองในบล็อกที่ i ที่ได้รับทรีทเมนต์ที่ k

μ คือค่าเฉลี่ยของประชากร

τ'_k คืออิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ k

β'_i คืออิทธิพลของบล็อกที่ i

ε_{ki} คือค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลองจากบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ k

สมมติฐานสำหรับทดสอบความไม่แตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

คือ H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

H_1 : มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ตารางที่ 2.1 ลักษณะข้อมูลจากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

บล็อก	**ทรีทเมนต์**							**รวม**
	1	2	3	.	.	.	t	
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}	.	.	.	X_{t1}	$X_{.1}$
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}	.	.	.	X_{t2}	$X_{.2}$
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}	.	.	.	X_{t3}	$X_{.3}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
b	X_{1b}	X_{2b}	X_{3b}	.	.	.	X_{tb}	$X_{.b}$
รวม	$X_{1.}$	$X_{2.}$	$X_{3.}$	.	.	.	$X_{t.}$	$X_{..}$

สถิติที่ใช้ในการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์และบล็อก แสดงไว้ในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากตารางที่ 2.1

SOV	df	SS	MS	F
Treatments	t-1	$[\sum_{k}^{t} X_{k.}^{2}/b] - [(\sum_{k}^{t}\sum_{i}^{b} X_{ki})^{2}/bt]$	MSTr = SSTr / t-1	MSTr/MSE
Blocks	b-1	$[\sum_{i}^{b} X_{.i}^{2}/t] - [(\sum_{k}^{t}\sum_{i}^{b} X_{ki})^{2}/ bt]$	MSB =SSB/b-1	MSB/MSE
Error	(b-1)(t-1)	SSTotal – SSB – SSTr = SSE	MSE =SSE/ (b-1)(t-1)	
Total	bt-1	$\sum_{k}^{t}\sum_{i}^{b} X_{ki}^{2} - [(\sum_{k}^{t}\sum_{i}^{b} X_{ki})^{2}/ bt]$		

<u>สมมติฐาน</u>

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

<u>เกณฑ์การตัดสินใจ</u>

ในการทดสอบ จะปฏิเสธสมมติฐาน เมื่อค่า F จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ (t-1) , (b-1)(t-1) หรือจะปฏิเสธสมมติฐาน เมื่อค่า P value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

<u>ข้อตกลงเบื้องต้น</u>

ความคลาดเคลื่อนของการทดลองเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกัน และมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีความแปรปรวนเป็น σ_{ε}^{2}

สถิติทดสอบฟรีดแมน (Friedman Test)

สถิติทดสอบฟรีดแมน (Marascuilo และ McSweeney,1977: 357-361) เป็นสถิติที่ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงของประชากร ข้อมูลที่นำมาทดสอบจะต้องถูกจัดให้อยู่ในตารางแจกแจงสองทาง (Two-way Table) โดยมีแถวนอน (Row) เป็นบล็อก และแถวตั้ง (Column) เป็น
ทรีทเมนต์ โดยรายละเอียดของการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ขั้นตอนในการทดสอบ

ให้ X_{ki} เป็นค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองที่ได้รับจากบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ k

k = 1,2,3,…,t

i = 1,2,3,...,b

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

$$\lambda_r^2 = \frac{12}{nK(K+1)} \sum_{k=1}^{K} R_k^2 - 3n(K+1)$$

โดยที่ n คือจำนวนบล็อก

K คือจำนวนทรีทเมนต์

R_k คือผลรวมของอันดับในทรีทเมนต์ที่ k

เกณฑ์ในการตัดสินใจ

เมื่อ K=3 ,n=2 ถึง 9 และ K=4, n= 2 ถึง 4 เปิดตารางที่ 22 ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวกของ Marascuilo และ McSweeney (1977: 521) และจะปฏิเสธสมมติฐาน เมื่อค่าสถิติฟรีดแมนที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตารางที่ 22

เมื่อ K และ n มีค่ามากกว่าที่มีในตารางที่ 22 จะใช้ตาราง Chi – square และจะปฏิเสธสมมติฐาน เมื่อค่าสถิติฟรีดแมนที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง Chi-square ที่ระดับองศาความเป็นอิสระเท่ากับ K-1 หรือจะปฏิเสธสมมติฐาน เมื่อค่า P value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

ข้อตกลงเบื้องต้น (Conover,1971: 266 และ Bradley, 1968: 125)

1. ค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกต้องมีค่าไม่ซ้ำกัน
2. บล็อกแต่ละบล็อกมีความเป็นอิสระต่อกัน

ตัวอย่างข้อมูลสำหรับการทดสอบด้วยสถิติทดสอบฟรีดแมนอยู่ในหน้าที่ 19

สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ (Terry-Hoeffding Normal –Scores Test)

เทอรี่และโฮฟฟ์ดิงเป็นผู้สร้างสถิติทดสอบนี้ขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1952 เขาสมมติว่าคะแนนที่ได้มาจากการสังเกตไม่มีคะแนนกึ่งกลางและจะใช้ค่า $E(V^{(ik)})$ (The expected normal order statistic or The expected normal scores) มาสร้างให้เกิดคะแนนกึ่งกลางขึ้นใหม่ โดยค่า $E(V^{(ik)})$ เป็นตัวแบ่งอันดับของคะแนนที่ได้มาจากการสังเกต โดยมีรายละเอียดของการทดสอบดังนี้

<u>สมมติฐาน</u>

H_0: ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

<u>ขั้นตอนในการทดสอบ</u>

ให้ X_{ki} เป็นค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองที่ได้รับจากบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ k

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

$i = 1,2,3,…,b$

1. แปลงคะแนนให้เป็น The Expected Normal Scores ($E(V^{(ik)})$) โดย $V^{(i1)}, V^{(i2)}, V^{(i3)}$,..., $V^{(ik)}$ เป็นค่าอันดับของคะแนนที่ได้มาจากการสังเกต ซึ่ง $E(V^{(ik)})$ เปรียบเสมือนค่าคะแนนมาตราฐานซี (Z score) ที่ประชากรมีลักษณะการแจกแจงเป็นปกติ สามารถคำนวณค่าของ $E(V^{(ik)})$ ได้โดยเปิดตารางที่ 15 ในภาคผนวกของ Marascuilo และ McSweeney (1977: 509-510)

2. หาผลรวมของค่า $E(V^{(ik)})$ ในแต่ละทรีทเมนต์ (T_k)

3. คำนวณ

$$\sigma^2 = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} (E(V^{(ik)}))^2$$

เมื่อ $E(V^{(ik)})$ แทนค่าคาดหวังของคะแนนในบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ k

K แทนจำนวนทรีทเมนต์

4. คำนวณตัวสถิติจากสูตร

$$\lambda^2 = \frac{K-1}{K}\sum_{k=1}^{K}\frac{T_k^2}{n\,\sigma^2}$$

<u>เกณฑ์ในการตัดสินใจ</u> จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่าสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง Chi-square ที่ระดับองศาความเป็นอิสระเท่ากับ K-1 หรือจะปฏิเสธสมมติฐาน เมื่อค่า P value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

<u>ข้อตกลงเบื้องต้น</u> (Bradley,1968: 150)

1. ข้อมูลจะต้องมีความเป็นอิสระและได้จากการสุ่มจากประชากร
2. ค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกต้องมีค่าไม่ซ้ำกัน

ตัวอย่างข้อมูลสำหรับการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์อยู่ในหน้าที่ 20

สถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ (Van der Waerden Normal –Scores Test)

แวน เดอ แวร์เดน เป็นผู้สร้างสถิติทดสอบนี้ขึ้นเมื่อค.ศ. 1953 โดยใช้ค่า inverse-normal scores (Z_{ik}) แทนค่าที่ได้จากการสังเกต โดยมีรายละเอียดของการทดสอบดังนี้

<u>สมมติฐาน</u>

H_0: ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

<u>ขั้นตอนในการทดสอบ</u>

ให้ X_{ki} เป็นค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองที่ได้รับจากบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ k

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

$i = 1,2,3,\ldots,b$

1. แปลงคะแนนให้เป็น inverse-normal scores (Z_{ik}) โดย r_{i1} , r_{i2} , r_{i3} ,…, r_{ik} เป็นค่าอันดับของคะแนนที่ได้มาจากการสังเกต และให้ p_{ik} เป็นเปอร์เซ็นไทล์แรงค์ (percentile rank) ซึ่งสัมพันธ์กับ normalized observation ในบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ k จะได้ว่า

$$p_{ik} = r_{ik} /K +1 = \phi(Z_{ik})$$ เมื่อ K แทนจำนวนทรีทเมนต์

แล้ว
$$Z_{ik} = \phi^{-1} (p_{ik})$$
$$= \phi^{-1} [r_{ik} /K +1]$$

ซึ่งเราอาจจะคำนวณค่าของ Z_{ik} ได้โดยใช้สูตรนี้ หรือเปิดค่า Z_{ik} จากตารางที่ได้คำนวณค่า Z_{ik} เมื่อทราบค่า p_{ik} (Marascuilo และ McSweeney,1977: 484-485) หรือเมื่อทราบค่า r_{ik} สามารถคำนวณค่า Z_{ik} ได้โดยเปิดตารางที่ 16 ในภาคผนวกของ Marascuilo และ McSweeney (1977: 511-512)

2. หาผลรวมของค่า Z_{ik} ในแต่ละทรีทเมนต์ (T_k)
3. คำนวณ

$$\sigma^2 = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K} Z_{ik}^{2}$$

เมื่อ Z_{ik} แทนคะแนนมาตราฐานบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ k

K แทนจำนวนทรีทเมนต์

4. คำนวณตัวสถิติจากสูตร

$$\lambda^2 = \frac{K-1}{K}\sum_{k=1}^{K}\frac{T_k^2}{n\sigma^2}$$

เกณฑ์ในการตัดสินใจ จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่าสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง Chi-square ที่ระดับองศาความเป็นอิสระเท่ากับ K-1 หรือจะปฏิเสธสมมติฐาน เมื่อค่า P value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

ข้อตกลงเบื้องต้น (Bradley,1968: 150)

1. ข้อมูลจะต้องมีความเป็นอิสระและได้จากการสุ่มจากประชากร
2. ค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อกต้องมีค่าไม่ซ้ำกัน

ตัวอย่างข้อมูลสำหรับการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์อยู่ในหน้าที่ 22

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี

จากการทดสอบวัดความรู้ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องลิมิตและฟังก์ชัน คะแนนเต็ม 10 คะแนน โดยครูมีวิธีสอน 4 วิธีดังนี้ แบบที่ 1 สอนตามหนังสือ แบบที่ 2 สอนตามหนังสือแต่เน้นทฤษฎี แบบที่ 3 สอนตามหนังสือแต่เน้นคำนวณ และแบบที่ 4 สอนตามหนังสือแต่เน้นทั้งทฤษฎีและคำนวณ และคะแนน PR แตกต่างกัน 10 ระดับ อยากทราบว่าวิธีสอนทั้ง 4 วิธีแตกต่างกันหรือไม่

คะแนน PR	**วิธีสอน**			
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
1-10	10	9	8	7
11-20	9	8	7	5
21-30	8	7	6	4
31-40	8	9	7	6
41-50	7	8	6	5
51-60	9	8	7	6
61-70	10	7	8	6
71-80	10	8	7	5
81-90	8	10	5	7
91-100	10	8	6	7

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : วิธีสอนทั้ง 4 วิธี ไม่แตกต่างกัน

H_1 : วิธีสอนทั้ง 4 วิธี แตกต่างกัน

วิธีที่2 วิธีทดสอบของฟรีดแมน

1.จัดอันดับข้อมูล ในแต่ละบล็อกแยกจากกันจาก 1 ถึง 10 บล็อก

2.หาผลรวมของอันดับในแต่ละทรีทเมนต์ จะได้ตารางดังนี้

คะแนน PR	วิธีสอน							
	แบบที่				อันดับ			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1-10	10	9	8	7	1	2	3	4
11-20	9	8	7	5	1	2	3	4
21-30	8	7	6	4	1	2	3	4
31-40	8	9	7	6	2	1	3	4
41-50	7	8	6	5	2	1	3	4
51-60	9	8	7	6	1	2	3	4
61-70	10	7	8	6	1	3	2	4
71-80	10	8	7	5	1	2	3	4
81-90	8	10	5	7	2	1	4	3
91-100	10	8	6	7	1	2	3	4
รวม					13	18	31	38

3. คำนวณค่าสถิติ

$$\lambda_r^2 = \frac{12}{nK(K+1)}\sum_{k=1}^{K} R_k^2 \text{ -3n(K+1)}$$

$$= [12 / (10)(4)(5)][13^2+18^2+31^2+38^2] – 3(10)(5)$$

$$= 23.88$$

4. หาค่าวิกฤตจากตาราง Chi-square ที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ 3 ระดับนัยสำคัญ .05 จะได้ $X^2_{3,.95}$ = 7.81 พบว่าสถิติที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่าที่ได้จาตาราง จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่าวิธีสอนทั้ง 4 วิธี แตกต่างกัน

หรือในการวิเคราะห์สถิติทดสอบฟรีดแมน อาจใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 2.3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์วิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบฟรีดแมน

วิธีสอน	Mean Rank
แบบที่ 1	3.700
แบบที่ 2	3.200
แบบที่ 3	1.900
แบบที่ 4	1.200
N	10
Chi-Square	23.88
df	3
Sig.	0.00003

จากตารางพบว่า สถิติทดสอบฟรีดแมนที่คำนวณได้มีค่า P value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ .05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่าวิธีสอนทั้ง 4 วิธี แตกต่างกัน

วิธีที่3 วิธีทดสอบของเทอรี่ - โฮฟฟ์ดิง

1.จัดอันดับข้อมูล ในแต่ละบล็อกแยกจากกันจาก 1 ถึง 10 บล็อก และเปิดตารางที่ 15 ในภาคผนวก เพื่อคำนวณค่า $E(V^{(ik)})$

2.หาผลรวมของ $E(V^{(ik)})$ ในแต่ละทรีทเมนต์ (T_k) จะได้ตารางดังนี้

คะแนน PR	วิธีสอน							
	อันดับ (Rank)				Expected normal scores $E(V^{(ik)})$			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1-10	1	2	3	4	1.03	0.30	-0.30	-1.03
11-20	1	2	3	4	1.03	0.30	-0.30	-1.03
21-30	1	2	3	4	1.03	0.30	-0.30	-1.03
31-40	2	1	3	4	0.30	1.03	-0.30	-1.03
41-50	2	1	3	4	0.30	1.03	-0.30	-1.03
51-60	1	2	3	4	1.03	0.30	-0.30	-1.03
61-70	1	3	2	4	1.03	-0.30	0.30	-1.03
71-80	1	2	3	4	1.03	0.30	-0.30	-1.03
81-90	2	1	4	3	0.30	1.03	-1.03	-0.30
91-100	1	2	3	4	1.03	0.30	-1.03	-0.30
T_k					8.11	4.59	-3.86	-8.84

3. คำนวณ

$$\sigma^2 = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} (E(V^{(ik)}))^2$$

$$= [1 / 4][(1.03)^2 + (0.30)^2 + (-0.30)^2 + (-1.03)^2]$$

$$= 0.5755$$

4. คำนวณตัวสถิติจากสูตร

$$\lambda^2 = \frac{K-1}{K}\sum_{k=1}^{K}\frac{T_k^2}{n\sigma^2}$$

$$= [(4 -1)/4] \left\{ [(8.11)^2 + (4.59)^2 + (-3.86)^2 + (-8.84)^2] \ / \ 10(0.5755) \right\}$$

$$= 23.44$$

5. หาค่าวิกฤตจากตาราง Chi-square ที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ 3 ระดับนัยสำคัญ .05 จะได้ $X^2_{3,.95}$ = 7.81 พบว่าสถิติที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่าที่ได้จาตาราง จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่าวิธีสอนทั้ง 4 วิธี แตกต่างกัน

วิธีที่4 วิธีทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน

1.จัดอันดับข้อมูล ในแต่ละบล็อกแยกจากกันจาก 1 ถึง 10 บล็อก และเปิดตารางที่ 16 ในภาคผนวก เพื่อคำนวณค่า Z_{ik}

2.หาผลรวมของ Z_{ik} ในแต่ละทรีทเมนต์ (T_k) จะได้ตารางดังนี้

คะแนน PR	วิธีสอน							
	อันดับ (Rank)				Inverse -normal scores Z_{ik}			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1-10	1	2	3	4	-0.82	-0.25	0.25	0.82
11-20	1	2	3	4	-0.82	-0.25	0.25	0.82
21-30	1	2	3	4	-0.82	-0.25	0.25	0.82
31-40	2	1	3	4	-0.25	-0.82	0.25	0.82
41-50	2	1	3	4	-0.25	-0.82	0.25	0.82
51-60	1	2	3	4	-0.82	-0.25	0.25	0.82
61-70	1	3	2	4	-0.82	0.25	-0.25	0.82
71-80	1	2	3	4	-0.82	-0.25	0.25	0.82
81-90	2	1	4	3	-0.25	-0.82	0.82	0.25
91-100	1	2	3	4	-0.82	-0.25	0.25	0.82
T_k					-6.49	-3.71	3.14	7.06

3. คำนวณ

$$\sigma^2 = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} Z_{ik}^2$$

$$= [1 / 4][(-0.82)^2 + (-0.25)^2 + (0.25)^2 + (0.82)^2]$$

$$= 0.3675$$

4. คำนวณตัวสถิติจากสูตร

$$\lambda^2 = \frac{K-1}{K}\sum_{k=1}^{K}\frac{T_k^2}{n\sigma^2}$$

$$= [(4 -1)/4] \left\{ [(-6.49)^2 + (-3.71)^2 + (3.14)^2 + (7.06)^2] \ / \ 10(0.3675) \right\}$$

$$= 23.59$$

5. หาค่าวิกฤตจากตาราง Chi-square ที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ 3 ระดับนัยสำคัญ .05 จะได้ $X^2_{3,.95}$ = 7.81 พบว่าสถิติที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่าที่ได้จาตาราง จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่าวิธีสอนทั้ง 4 วิธี แตกต่างกัน

หรือในการวิเคราะห์สถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ อาจใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 2.4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ วิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์

วิธีสอน	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	S.D Under H_0	Mean Score
แบบที่ 1	10	8.747	0.000	2.500	0.875
แบบที่ 2	10	4.736	0.000	2.500	0.474
แบบที่ 3	10	-4.107	0.000	2.500	-0.411
แบบที่ 4	10	-9.376	0.000	2.500	-0.938
Chi-Square	24.451				
df	3				
Sig.	0.0001				

จากตารางพบว่า สถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ที่คำนวณได้มีค่า P value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ .05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่าวิธีสอนทั้ง 4 วิธี แตกต่างกัน

ตอนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไปรมา พจนพิมล (2525: 69–75) ศึกษาเรื่องการศึกษาแบบมอนติคาร์โล : การเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของที-เทส ,วิลค๊อกซอน เทส ,เทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ เทส และแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เทสภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากร 3 แบบ โดยลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ แบบยูนิฟอร์ม และแบบโลจิสติก กลุ่มทั้งตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีขนาดเท่ากันเป็น 5, 10 และ 15 และความแปรปรวนของประชากรเท่ากันทั้ง 2 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ปรากฏว่าสถิติทดสอบที สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้และมีอำนาจการทดสอบเหนือกว่าสถิติทดสอบอื่น เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี

สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบได้ใกล้เคียงกันที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .01 นอกจากนี้สถิติทดสอบทีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี และเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กสถิติทดสอบทีมีอำนาจน้อยกว่าสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี แต่เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้นสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธีมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันที่ระดับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ .05 เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก

เจิดพร หัชชะวณิช (2529: 116-118) ทำการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรโดยวิธีพาราเมตริกและวิธีนอนพาราเมตริกบางวิธีกับแรงค์ทรานสฟอร์เมชั่น โดยเปรียบเทียบระหว่างสถิติทดสอบเอฟ กับแรงค์ทรานสฟอร์เมชั่น เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ และสถิติทดสอบแมน-วิทนีย์ สถิติทดสอบครัสคัล-แวลิส กับแรงค์ทรานสฟอร์เมชั่น เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติก และแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล กำหนดให้สัมประสิทธิ์ความผันแปรของประชากรที่ทำการศึกษา มีค่าเท่ากับ 5% 10% 20% และ 30% ขนาดตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 4, 6, 8, 10, 20 และ 40 ผลการวิจัยพบว่า เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 3 ประชากร ผลจากการใช้สถิติทดสอบเอฟ และแรงค์ทรานสฟอร์เมชั่น จะไม่แตกต่างกัน เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบทั้งสองวิธีที่ได้ผลตรงกัน จะมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำการวิจัย เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 8 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.90 ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ผลจากการใช้สถิติทดสอบแบบครัสคัล-แวลิสและแรงค์ทรานสฟอร์เมชั่นจะไม่แตกต่างกัน ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันของทั้งสองวิธีนี้จะมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำการวิจัย เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 10 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันของทั้งสองวิธีจะมีค่ามากกว่า 0.85

เกษร วัฒนาชัยวณิช (2532: 100-105) ทำการทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก คือสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบนอนพาราเมตริก 3 วิธี คือสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเควดและสถิติทดสอบโคโนเวอร์และไอแมน จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 5 และ 7 จำนวนบล็อกเป็น 3, 5, 7 และ 10 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเป็น 0 และความแปรปรวนเป็น 25, 100 และ 225 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ แบบโลจิสติก แบบดับเบิ้ลซ์โปเนนเชียล แบบลอกนอร์มอล และแบบปกติปลอมปน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อลักษณะการแจงแจกของความคลาดเคลื่อน (ε_{ki}) มีการแจกแจงแบบปกติ สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบฟรีดแมน แต่เมื่อบล็อกมีจำนวนตั้งแต่ 5 บล็อกขึ้นไปและความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มมากขึ้น สถิติทดสอบเอฟและสถิติทดสอบฟรีดแมนมีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน และเมื่อลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ สถิติทดสอบโคโนเวอร์และไอแมนมีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด ยกเว้นการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบ

ลอกนอร์มอล สถิติทดสอบฟรีดแมนมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบโคโนเวอร์และไอแมนเป็นส่วนมาก เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์น้อย ณ ระดับนัยสำคัญ .05

Conover และ Iman (1981: 124–132) ทำการศึกษาการนำแรงค์ทรานสฟอร์เมชั่นไปใช้ในสถิติทดสอบแบบพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก โดยเสนอว่าถ้าข้อมูลที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบควรจะแปลงข้อมูลนั้นเป็นอันดับ สำหรับแผนการสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ โดยในแต่ละเซลมีค่าสังเกต (X_{ij}) เพียงหนึ่งตัว สำหรับ X_{ij} เป็นตัวแปรสุ่ม เมื่อ i แทนบล็อก และ j แทนทรีทเมนต์ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มสถิติทดสอบแบบพาราเมตริกที่ใช้ คือ สถิติทดสอบเอฟ ส่วนสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกที่ใช้ คือ สถิติทดสอบฟรีดแมน โดยค่าของเขตวิกฤตเปิดจากตาราง chi-squared ที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ k – 1 และถ้าข้อมูลมีการจัดอันดับ หรือหลังจากที่ได้แปลงข้อมูลเป็นอันดับแล้ว สามารถใช้สถิติทดสอบเอฟกับอันดับของข้อมูลนั้นได้

Zimmerman และ Zumbo (1993: 75-86) ทำการศึกษาเกี่ยวกับอำนาจความสัมพันธ์ของเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ เมื่อข้อมูลเป็นอันดับ เมื่อการแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ แบบยูนิฟอร์ม แบบมิซ-นอร์มอล แบบเอกซ์โปเนนเชียล แบบลาเพสซ และแบบคอว์ชี จำนวนทรีทเมนต์เป็น 2, 3 และ 4 หน่วยตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเป็น 14 ผลการวิจัยพบว่า เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ สถิติทดสอบฟรีดแมนสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น และเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบมิซ-นอร์มอล และแบบคอว์ชี สถิติทดสอบฟรีดแมน สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากกว่าสถิติทดสอบเอฟ ส่วนประชากรที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม แบบเอกซ์โปเนนเชียล และแบบลาเพสซ สถิติทดสอบฟรีดแมนสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ

Rheinheimer และ Penfield (2001: 373-391) ศึกษาอิทธิพลของค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ภายใต้การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบสูงกว่าปกติ การแจกแจงแบบแบนกว่าปกติ การแจกแจงแบบสูงกว่าปกติปรับเบ้ และการแจกแจงแบบสูงกว่าปกติเบ้สูงสุด และอัตราความแปรปรวนเป็น 1:1:1 1:1:1:1:1 , 1:1:4 , 4:1:1 , 1:1:4:4:4 และ 4:4:4:1:1 โดยสถิติที่ใช้มี 7 วิธี คือการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม สถิติทดสอบเควดสถิติการแก้ปัญหาของPuri และ Sen สถิติคะแนนความแตกต่างของอันดับของBurnett และBarr แรงค์ทรานสฟอร์เมชั่นของConover และIman สถิติกระบวนการของHettmansperger และสถิติทดสอบของPur-Sen-Harweli-Serlin และจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และ 5 โดยกำหนดอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 เป็น -0.5 0 0.5 และอิทธิพลของทรีทเมนต์เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 เป็น -0.5 -0.25 0 0.25 0.5 ขนาดตัวอย่างเป็น 5, 10, 15, 20 และ 25 ผลการวิจัยพบว่า เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ และความแปรปรวนเท่ากัน ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และแรงค์ทรานสฟอร์เมชั่นมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่า

อำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมีค่ามากกว่าแรงค์ทรานสฟอร์เมชั่น ทั้ง 3 กลุ่ม และ 5 กลุ่ม

จากงานวิจัยต่างๆดังกล่าวข้างต้น พอสรุปได้ว่า สถิติทดสอบนอนพาราเมตริกที่เหมาะกับลักษณะข้อมูลที่อยู่ในรูปของอันดับ (Ranked Data) ได้แก่ สถิติทดสอบของฟรีดแมน ,สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ด้วยสถิติทดสอบ 4 วิธี คือสถิติทดสอบแบบพาราเมตริก ได้แก่สถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก ได้แก่ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ โดยศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี โดยใช้วิธีจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) และใช้โปรแกรม Fortran PowerStation 4.0 ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับแผนการดำเนินงาน และรายละเอียดการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยจะนำเสนอตามลำดับดังนี้

แผนการดำเนินงาน

การวิจัยในครั้งนี้ กำหนดสถานการณ์ต่างๆ สำหรับเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบดังกล่าว โดยสร้างประชากรที่มีการแจกแจงแบบเดียวกัน คือการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2 สำหรับขนาดของการทดลอง สามารถแบ่งตามจำนวนทรีทเมนต์และจำนวนบล็อก โดยที่กำหนดจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 4 และ 5 จำนวนบล็อกเป็น 4, 7 และ 10 ดังนั้นขนาดของการทดลองทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ

(3,4)	(3,7)	(3,10)
(4,4)	(4,7)	(4,10)
(5,4)	(5,7)	(5,10)

โดยที่ (3,4) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 4
(3,7) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 7
(3,10) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 10
(4,4) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 4 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 4
(4,7) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 4 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 7
(4,10) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 4 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 10
(5,4) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 4
(5,7) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 7
(5,10) หมายถึง จำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 5 และจำนวนบล็อกเท่ากับ 10

ขั้นตอนในการวิจัย

1. สร้างความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงตามที่กำหนด โดยเรียกใช้โปรแกรมย่อย NORMAL (หรือ LOGISTIC)

2. สร้างข้อมูล (X) ให้เป็นไปตามแบบของแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

3. สร้างโปรแกรมย่อยสำหรับคำนวณค่าสถิติทดสอบเอฟ, สถิติทดสอบฟรีดแมน, สถิติแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล – สกอร์ และสถิติทดสอบเทอรี่ – โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์

4. หาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจของการทดสอบ สำหรับสถิติทดสอบดังกล่าว

ซึ่งรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การสร้างความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงตามที่กำหนด

การสร้างลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ และแบบโลจิสติก จะต้องใช้ตัวเลขสุ่มซึ่งมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง (0,1) เป็นพื้นฐานในการสร้าง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการสร้างตัวเลขสุ่ม (Random number) ตามวิธีของ White และ Schmidt (1975) ซึ่งแสดงเป็นโปรแกรมย่อยได้ดังนี้

```
subroutine random (ix,iy,y)
        iy = ix*65539
        if(iy.lt.0) iy=iy+2147183647+1
        y= iy
        y= y*0.465661e-9
        ix=iy
end subroutine
```

โดยที่ ix คือเลขสุ่มตัวแรกซึ่งจะต้องเป็นจำนวนเต็มบวกที่เป็นเลขคี่ และน้อยกว่า 2147183647 ในที่นี้ค่าเริ่มต้นที่ใช้ ix = 65539 ซึ่ง ix นี้เป็นค่าเริ่มต้นที่จะให้โปรแกรมย่อยคำนวณ iy ออกมาให้ iy ถือเป็นเลขสุ่มจำนวนเต็มของโปรแกรมย่อยนี้ และจะใช้เป็นตัวคำนวณ iy ตัวต่อไปส่วนผลลัพธ์ของตัวเลขสุ่มที่ได้คือ y ซึ่งมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

สำหรับรายละเอียดในการสร้างการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติ และแบบโลจิสติกเป็นดังนี้

<u>การแจกแจงแบบปกติ</u>

การสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ จะประมาณค่าโดยพิจารณาจากสูตร (มยุรี จิรธนสมบัติ,2531: 26)

$$\varepsilon' = \frac{\sum_{m=1}^{n} y_m - \frac{n}{2}}{\frac{n}{12}}$$

โดยที่ ε' เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเป็น 1

y_m เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ ; $0< y_m <1$

n เป็นจำนวนค่าของ y_m ที่จะถูกนำมาใช้

ตัวเลขสุ่ม ε' จะเข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติจริงๆ เมื่อ n มีขนาดเพิ่มขึ้น คือเข้าใกล้อนันต์ สำหรับโปรแกรมที่ใช้จะใช้ n = 12 เพื่อลดเวลาในการคำนวณ ดังนั้นสูตรการคำนวณจึงเป็น

$$\varepsilon' = \sum_{m=1}^{12} y_m - 6$$

ในการปรับเพื่อให้ได้ค่า ε ซึ่งมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่กำหนดสูตรการคำนวณตัวเลขสุ่ม ε เป็น

ε = (ε') SD + SMEAN

เมื่อ SD เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำหนด

SMEAN เป็นค่าเฉลี่ยที่กำหนด

ดังนั้นโปรแกรมย่อยซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบปกติแสดงได้ดังนี้

```
subroutine normal (smean,sd,err)
        a = 0.0
        do l = 1,12
                call random (ix,iy,y)
                a = a + y
                err = (a-6.0)*sd+smean
        end do
end subroutine
```

<u>การแจกแจงแบบโลจิสติก</u>

การสร้างความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงแบบโลจิสติก อาศัยเทคนิคการแปลงผกผัน (Inverse Transformation) จาก

$$f(x) = \frac{1}{\beta_L} \frac{e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}}{\left[1+e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}\right]^2} \quad ; \quad -\infty < X < \infty \; ; \; \beta_L > 0$$

เป็น
$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}}{\beta_L\left[1+e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}\right]^2} dx$$

$$= \int_{-\infty}^{x} \frac{e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}}{\left[1+e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}\right]^2} d\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)$$

$$= \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\left[1+e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}\right]^2} d\left(1+e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}\right)$$

$$= \left.\frac{1}{\left[1+e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}\right]}\right|_{-\alpha_L}^{x}$$

$$= \frac{1}{\left[1+e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)}\right]}$$

ดังนั้น
$$1+e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)} = \frac{1}{F(x)}$$

$$e^{-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right)} = \frac{1}{F(x)}-1$$

$$= \frac{1-F(x)}{F(x)}$$

$$-\left(\frac{x-\alpha_L}{\beta_L}\right) = \ln\left[\frac{1-F(x)}{F(x)}\right]$$

$$-x+\alpha_L = \beta_L \ln\left[\frac{1-F(x)}{F(x)}\right]$$

$$-x+\alpha_L = \beta_L\,[\ln(1-F(x)) - \ln F(x)]$$

$$x = \alpha_L - \beta_L\,[\ln(1-F(x)) - \ln F(x)]$$

$$= \alpha_L + \beta_L\,[\ln F(x) - \ln(1-F(x))]$$

หรือ $x = \alpha_L + \beta_L\,[\ln Y - \ln(1-Y)]$ เมื่อ Y มีการแบบยูนิฟอร์มในช่วง (0,1)

ดังนั้นโปรแกรมย่อยซึ่งใช้สร้างการแจกแจงแบบปกติแสดงได้ดังนี้

```
subroutine logistic (alpha_L, beta_L, err)
      common ix,nt,nb
            call random(ix, iy, y)
            if(y.ge.0) s = alog(y) - alog(1.0-y)
            err = alpha_L + beta_L *s
end subroutine
```

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> การสร้างข้อมูล (X) ให้เป็นไปตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

สร้างความคลาดเคลื่อน (ε_{ik}) ตามลักษณะการแจกแจงตามที่กำหนดก่อน แล้วจึงสร้างค่า X ตามตัวแบบ คือ $X_{ik} = \mu + \tau'_k + \beta'_i + \varepsilon_{ik}$ เมื่อ τ'_k และ β'_i เป็นอิทธิพลของทรีทเมนต์ และอิทธิพลของบล็อกที่กำหนดขึ้น โดยมีรูปแบบการแจกแจงต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะได้ข้อมูลครบทุกทรีทเมนต์และทุกบล็อก

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> สร้างโปรแกรมย่อยสำหรับคำนวณค่าสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี

สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ด้วยสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี มีดังนี้

ชื่อโปรแกรมย่อย	การใช้งาน
SUBROUTINE ANOVA	ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือคำนวณด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-test) การเรียกใช้โปรแกรมย่อยนี้ ใช้คำสั่ง call anova (x,ftr,fbk) โดยที่ x เป็นค่าของข้อมูลที่ถูกส่งมาจากโปรแกรมหลักผลลัพธ์ที่ได้คือ ftr และ fbk เป็นค่าสถิติทดสอบเอฟที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของบล็อกตามลำดับ
SUBROUTINE FRIEDMAN	ใช้ในการคำนวณสถิติทดสอบฟรีดแมน การเรียกใช้โปรแกรมย่อยนี้ใช้คำสั่ง call friedman (x,fm) โดยที่ x เป็นค่าที่ถูกส่งมาจากโปรแกรมหลัก และผลลัพธ์ที่ได้คือ fm เป็นค่าสถิติทดสอบของฟรีดแมน
SUBROUTINE TERRY	ใช้ในการคำนวณสถิติทดสอบสถิติทดสอบเทอรี่ – โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ การเรียกใช้โปรแกรมย่อยนี้ใช้คำสั่ง call terry (x,thd) โดยที่ x เป็นค่าที่ถูกส่งมาจากโปรแกรมหลัก และผลลัพธ์ที่ได้คือ thd เป็นค่าสถิติทดสอบของเทอรี่ – โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์
SUBROUTINE VANDER	ใช้ในการคำนวณสถิติทดสอบสถิติแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล – สกอร์ การเรียกใช้โปรแกรมย่อยนี้ใช้คำสั่ง call vander (x,vdw) โดยที่ x เป็นค่าที่ถูกส่งมาจากโปรแกรมหลัก และผลลัพธ์ที่ได้คือ vdw เป็นค่าสถิติทดสอบของแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล – สกอร์

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> การหาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจของการทดสอบ

เมื่อสร้างข้อมูล (X) ตามรูปแบบที่ต้องการแล้ว ขั้นต่อไปคือการหาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจของการทดสอบ ซึ่งสรุปได้เป็นขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดค่าอิทธิพลของทรีทเมนต์ (τ'_k) อิทธิพลของบล็อก (β'_i) และค่าคงที่ (μ) โดยกำหนดค่า τ'_k ให้มีค่าเป็น 0 ทุกค่า เมื่อพิจารณาค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ส่วนการกำหนดค่า β'_i ให้มีค่าไม่เท่ากับ 0 ในบางค่า (แต่ $\sum_{i}^{b} \beta'_i = 0$) เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้เป็นบล็อกที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

2. กำหนดขนาดตัวอย่าง สร้างค่า ε_{ik} ตามลักษณะการแจกแจงตามที่กำหนดก่อน แล้วจึงสร้างค่าข้อมูลตามตัวแบบ $X_{ik} = \mu + \tau'_k + \beta'_i + \varepsilon_{ik}$

3. คำนวณค่าสถิติทดสอบของแต่ละวิธีแล้วนำค่าสถิติทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต หรือนำค่า P value ที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด เพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน (H_0) ทำซ้ำ 10,000 ครั้ง จะได้ค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยหารจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานด้วย 10,000

4. กำหนดค่าอิทธิพลของทรีทเมนต์ (τ'_k) อิทธิพลของบล็อก (β'_i) และค่าคงที่ (μ) โดยกำหนดค่า τ'_k ให้มีค่าไม่เท่ากับ 0 ในบางค่า (แต่ $\sum_{k}^{t} \tau'_k = 0$) เมื่อพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ โดยกำหนดค่า τ'_k ดังนี้

4.1 -0.25 0 0.25 , -0.5 0 0.5 , -1 0 1 และ -2 0 2 เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3

4.2 -5 0 0 5 , -1 0 0 1 , -2 0 0 2 และ -4 0 0 4 เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เป็น 4

4.3 -0.5 -0.25 0 0.25 0.5 , -1 -0.5 0 0.5 1 , -2 -1 0 1 2 และ -4 -2 0 2 4 เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เป็น 5

ส่วนการกำหนดค่า β'_i ให้มีค่าไม่เท่ากับ 0 ในบางค่า (แต่ $\sum_{i}^{b} \beta'_i = 0$) เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้เป็นบล็อกที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

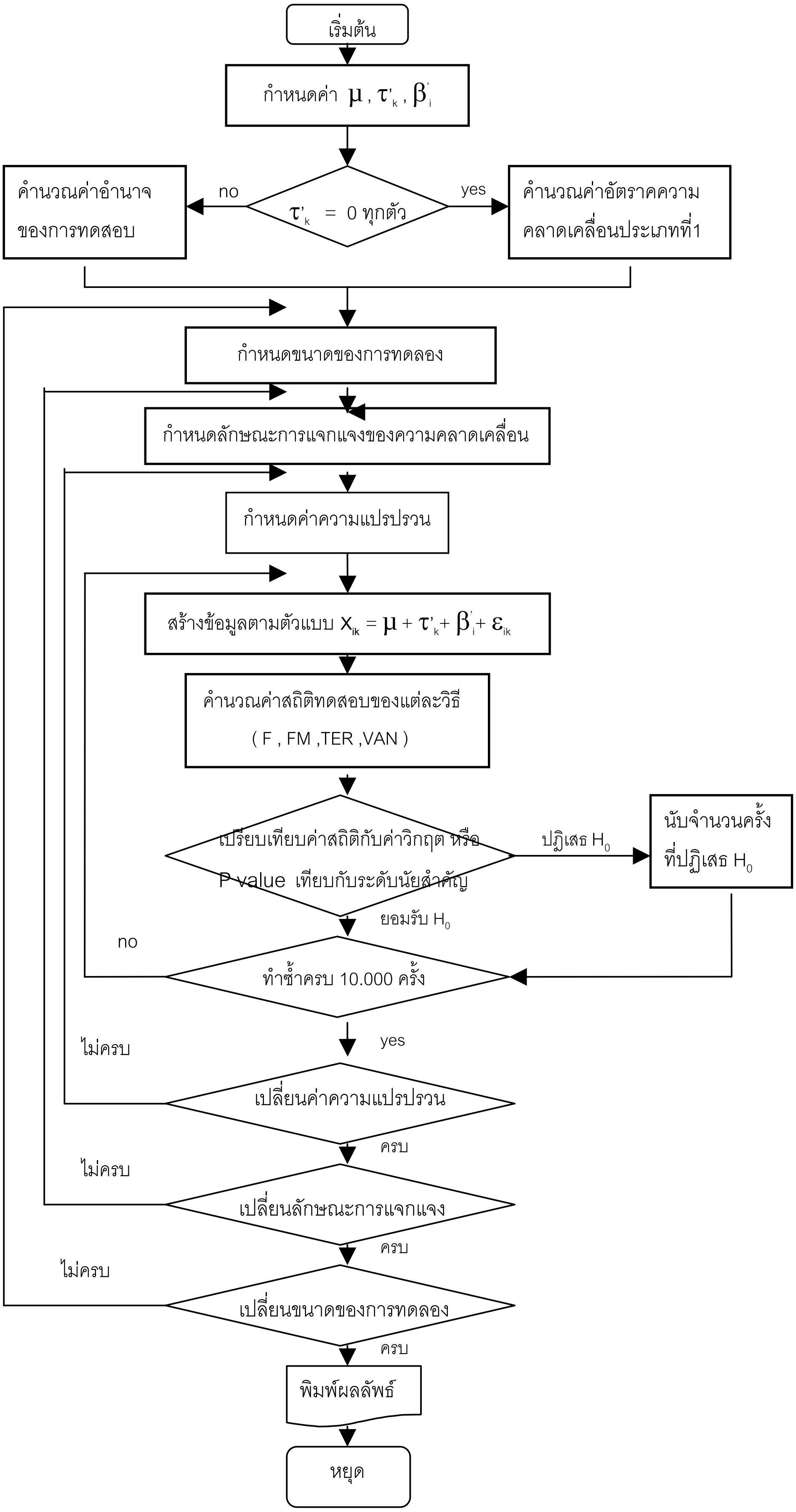
5. กำหนดขนาดตัวอย่าง สร้างค่า ε_{ik} ตามลักษณะการแจกแจงตามที่กำหนดก่อน แล้วจึงสร้างค่าข้อมูลตามตัวแบบ $X_{ik} = \mu + \tau'_k + \beta'_i + \varepsilon_{ik}$

6. คำนวณค่าสถิติทดสอบของแต่ละวิธีแล้วนำค่าสถิติทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต หรือนำค่า P value ที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด เพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน (H_0) ทำซ้ำ 10,000 ครั้ง จะได้ค่าอำนาจการทดสอบ โดยหารจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานด้วย 10,000

7. เปลี่ยนค่าความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน ซึ่งความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 และ 100 จนครบทุกค่าที่ต้องการ โดยในแต่และค่าจะสร้างข้อมูลซ้ำ ๆ กัน

10,000 ครั้ง เมื่อความแปรปรวนครบทุกค่าแล้ว เปลี่ยนลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จนครบทุกการแจกแจง จากนั้นเปลี่ยนขนาดของการทดลองจนครบทุกขนาด โดยแต่ละขนาดของการทดลองจะคำนวณค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบจนครบทุกค่าของการแจกแจงที่ต้องการศึกษา

จากขั้นตอนเหล่านี้สามารถสรุปเป็นผังงานได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 3.1 ผังงานสำหรับการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสถิติทดสอบสำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อข้อมูลที่ต้องการทดสอบได้จากแผนการทดสอบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้สถิติทดสอบ 4 วิธี คือสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิตินอร์มอล-สกอร์ ประกอบด้วยสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ โดยศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก ซึ่งแผนการทดลองที่ศึกษาในครั้งนี้กำหนดจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 4 และ 5 และจำนวนบล็อกเป็น 4, 7 และ 10

การนำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ

สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการเสนอผลงานวิจัยมีดังนี้

τ หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

α หมายถึง ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ หรืออัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

F หมายถึง สถิติทดสอบเอฟ

FM หมายถึง สถิตทดสอบฟรีดแมน

THD หมายถึง สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์

VDW หมายถึง สถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ความแกร่ง (Robustness) นั้นเป็นสิ่งซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติของการทดสอบทางสถิติที่ว่า สถิติทดสอบจะไม่แสดงความไว (Sensitive) เมื่อมีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบนั้น ซึ่งจะมีผลโดยตรงกับค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error Rate) จึงต้องพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบ โดยทำการเปรียบเทียบค่าอัตราความเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ได้จากการทดลอง (τ) ว่าอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ (α) เท่ากับ .01 และ .05 ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะใช้เกณฑ์ของ Bradley (1978: อ้างถึงใน Rheinheimer,D.C. และ Penpield,D.A. 2001: 373-391) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ถ้าค่า τ เป็นอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่เกิดจากการทดลอง เมื่อ τ อยู่ในช่วง (0.5α ,1.5α) จะถือว่าการทดสอบนั้นสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ หมายความว่า

ที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .01 ค่า τ จะต้องอยู่ในช่วง (0.005,0.015)

ที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .05 ค่า τ จะต้องอยู่ในช่วง (0.025,0.075)

จึงจะถือว่าการทดสอบนั้นสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ

จากผลการทดลองถ้าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบอยู่นอกขอบเขตที่ระบุจะถือว่าการทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ซึ่งแยกเป็น 2 กรณี คือ

1. กรณีที่ค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่ามากกว่าขอบเขตบนของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ระบุ ($\tau > \alpha$)

2. กรณีที่ค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าน้อยกว่าขอบเขตล่างของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ระบุ ($\tau < \alpha$)

ส่วนกรณีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จะถือว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่1 ที่ระบุ ($\tau = \alpha$)

สำหรับค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของแต่ละวิธีนั้นจะนำเสนอดังนี้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองโดยใช้สถิติทดสอบ 4 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน และระดับนัยสำคัญ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จากการทดลองทั้งหมด 18 กรณี

ความแปรปรวน	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01									ระดับนัยสำคัญ = .05								
		3 ทรีทเมนต์			4 ทรีทเมนต์			5 ทรีทเมนต์			3 ทรีทเมนต์			4 ทรีทเมนต์			5 ทรีทเมนต์		
		4	7	10	4	7	10	4	7	10	4	7	10	4	7	10	4	7	10
1	F	0.013	0.007	0.004	0.009	0.007	0.000	0.008	0.001	0.009	0.045	0.046	0.049	0.043	0.051	0.032	0.046	0.027	0.040
	FM	0.000	0.001	0.003	0.003	0.002	0.000	0.000	0.003	0.003	0.006	0.023	0.044	0.026	0.037	0.038	0.019	0.035	0.033
	THD	0.000	0.001	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.003	0.001	0.059	0.047	0.044	0.027	0.038	0.032	0.021	0.038	0.036
	VDW	0.000	0.001	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.003	0.001	0.059	0.047	0.044	0.027	0.039	0.032	0.021	0.038	0.036
100	F	0.013	0.007	0.005	0.009	0.007	0.000	0.008	0.003	0.009	0.045	0.047	0.051	0.044	0.051	0.032	0.046	0.025	0.041
	FM	0.000	0.001	0.003	0.003	0.002	0.000	0.000	0.004	0.003	0.006	0.023	0.044	0.026	0.037	0.038	0.019	0.038	0.033
	THD	0.000	0.001	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.005	0.001	0.059	0.047	0.044	0.027	0.038	0.032	0.021	0.041	0.036
	VDW	0.000	0.001	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.004	0.001	0.059	0.047	0.044	0.027	0.039	0.032	0.021	0.040	0.036

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley สรุปผลได้ดังนี้

สถิติทดสอบเอฟ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี ยกเว้นที่ขนาดทดลองเป็น (3,10), (4,10) และ (5,7) เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 และขนาดทดลองเป็น (4,10) และ (5,7) เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีทุกกรณีที่ระดับนัยสำคัญ .05

สถิติทดสอบฟรีดแมน ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณีที่ระดับนัยสำคัญ .01 แต่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลองเป็น (3,4), (3,7) และ (5,4) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .05

สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลอง (5,7) เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลองเป็น (5,4) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .05

สถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณีที่ระดับนัยสำคัญ .01 แต่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลองเป็น (5,4) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .05

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองโดยใช้สถิติทดสอบ 4 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน และระดับนัยสำคัญ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จากการทดลองทั้งหมด 18 กรณี

ความแปรปรวน	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01									ระดับนัยสำคัญ = .05								
		3 ทรีทเมนต์			4 ทรีทเมนต์			5 ทรีทเมนต์			3 ทรีทเมนต์			4 ทรีทเมนต์			5 ทรีทเมนต์		
		4	7	10	4	7	10	4	7	10	4	7	10	4	7	10	4	7	10
1	F	0.009	0.009	0.013	0.010	0.009	0.011	0.011	0.003	0.010	0.045	0.048	0.056	0.046	0.050	0.054	0.047	0.025	0.057
	FM	0.000	0.004	0.009	0.005	0.004	0.007	0.001	0.004	0.007	0.005	0.025	0.049	0.037	0.038	0.038	0.024	0.038	0.044
	THD	0.000	0.004	0.009	0.000	0.004	0.007	0.001	0.005	0.008	0.066	0.047	0.049	0.041	0.041	0.038	0.030	0.041	0.043
	VDW	0.000	0.004	0.009	0.000	0.004	0.007	0.001	0.004	0.008	0.066	0.047	0.049	0.041	0.040	0.039	0.030	0.040	0.044
100	F	0.009	0.009	0.012	0.010	0.009	0.011	0.011	0.003	0.010	0.045	0.048	0.056	0.045	0.050	0.053	0.047	0.025	0.056
	FM	0.000	0.004	0.009	0.005	0.004	0.007	0.001	0.004	0.007	0.005	0.025	0.049	0.037	0.038	0.038	0.024	0.038	0.044
	THD	0.000	0.004	0.009	0.000	0.004	0.007	0.001	0.005	0.008	0.066	0.047	0.049	0.041	0.041	0.038	0.030	0.041	0.043
	VDW	0.000	0.004	0.009	0.000	0.004	0.007	0.001	0.004	0.008	0.066	0.047	0.049	0.041	0.040	0.039	0.030	0.040	0.044

จากตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley สรุปผลได้ดังนี้

สถิติทดสอบเอฟ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลองเป็น (5,7) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .01 และสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .05

สถิติทดสอบฟรีดแมน สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลอง (3,4), (3,7), (4,7), (5,4) และ (5,7) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .01 และสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลอง (3,4) และ (5,4) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .05

สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลอง (3,4), (3,7), (4,4), (4,7) และ (5,4) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .01 และสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีทุกกรณี ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .05

สถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นที่ขนาดทดลอง (3,4), (3,7), (4,4), (4,7), (5,4) และ (5,7) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .01 และสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีทุกกรณี ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .05

ตารางที่ 4.3 สถิติทดสอบที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ระดับ .01 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน จากการทดลองทั้งหมด 18 กรณี

ความแปรปรวน	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน	
			ปกติ	โลจิสติก
1	3	4	F	F
		7	F	F
		10	-	F, FM,THD,VDW
	4	4	F	F, FM
		7	F	F
		10	-	F, FM,THD,VDW
	5	4	F	F
		7	-	THD
		10	F	F, FM,THD,VDW
100	3	4	F	F
		7	F	F
		10	F	F, FM,THD,VDW
	4	4	F	F, FM
		7	F	F
		10	-	F, FM,THD,VDW
	5	4	F	F
		7	THD	THD
		10	F	F, FM,THD,VDW

ตารางที่ 4.4 สถิติทดสอบที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ระดับ .05 จำแนกตามลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก และระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน จากการทดลองทั้งหมด 18 กรณี

ความแปรปรวน	จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน	
			ปกติ	โลจิสติก
1	3	4	F,THD,VDW	F, THD,VDW
		7	F,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
		10	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
	4	4	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
		7	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
		10	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
	5	4	F	F, THD,VDW
		7	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
		10	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
100	3	4	F,THD,VDW	F, THD,VDW
		7	F,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
		10	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
	4	4	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
		7	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
		10	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
	5	4	F	F, THD,VDW
		7	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW
		10	F,FM,THD,VDW	F, FM,THD,VDW

จากตารางที่ 4.3-4.4 สรุปผลได้ดังนี้

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด โดยสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดเป็น (3,10), (4,10) และ (5,7) เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 และที่ขนาดการทดลองเป็น (4,10) และ (5,7) เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 ส่วนสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลองเป็น (5,7) สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด โดยสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่ากันทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลองเป็น (5,4) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน และสถิติทดสอบฟรีดแมน สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลองเป็น (3,4), (3,7) และ (5,4) ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด โดยสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดเป็น (5,7) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่ากันทุกกรณี ยกเว้นที่ขนาดทดลองเป็น (3,4), (3,7), (4,7), (5,4) และ (5,7) ที่สถิติทดสอบฟรีดแมนไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน และที่ขนาดทดลองเป็น (3,4), (3,7), (4,4), (4,7) และ (5,4) ที่สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน รองลงมาเป็นสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ไม่สามารถ

ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดทดลองเป็น (3,4), (3,7), (4,4), (4,7), (5,4) และ (5,7) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีเท่ากับ สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ โดยสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน ซึ่งไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดการทดลองเป็น (3,4) และ (5,4) ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ

การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อข้อมูลได้จากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วย สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน โดยที่แผนการทดลองมีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 จำนวนบล็อกเท่ากับ 4, 7 และ 10 การนำเสนออำนาจการทดสอบจะพิจารณาจากความแกร่งของสถิติทดสอบ คือความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น ซึ่งรูปแบบการนำเสนอแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบตาราง โดยแยกเป็นกรณีเปรียบเทียบ 3 ทรีทเมนต์ 4 ทรีทเมนต์ และ 5 ทรีทเมนต์ และแบบกราฟ โดยกำหนดให้แกนตั้ง (Y) แทนค่าอำนาจการทดสอบ แกนนอน (X) แทนความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ ณ จำนวนบล็อกเท่ากับ 4, 7 และ 10 ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 และ .05 ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน ผลการวิเคราะห์ภายใต้สถานการณ์ต่างๆ มีดังนี้

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 3 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.25 0 0.25	F	0.020	0.024	-	0.069	0.104	0.146
	FM	-	-	-	-	-	0.105
	THD	-	-	-	0.102	0.095	0.105
	VDW	-	-	-	0.102	0.095	0.105
-0.5 0 0.5	F	0.036	0.101	-	0.162	0.289	0.452
	FM	-	-	-	-	-	0.334
	THD	-	-	-	0.190	0.234	0.334
	VDW	-	-	-	0.190	0.234	0.334
-1 0 1	F	0.197	0.576	-	0.492	0.841	0.979
	FM	-	-	-	-	-	0.891
	THD	-	-	-	0469	0.719	0.891
	VDW	-	-	-	0.469	0.719	0.891
-2 0 2	F	0.780	1.000	-	0.976	1.000	1.000
	FM	-	-	-	-	-	1.000
	THD	-	-	-	0.934	0.999	1.000
	VDW	-	-	-	0.934	0.999	1.000

จากตารางที่ 4.5 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 และ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

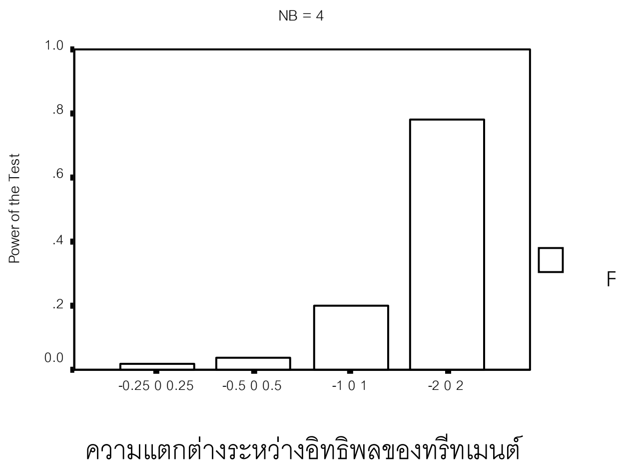
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก ที่ระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เป็น -0.25 0 0.25 และ -0.5 0 0.5 อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์สูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเอฟ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์

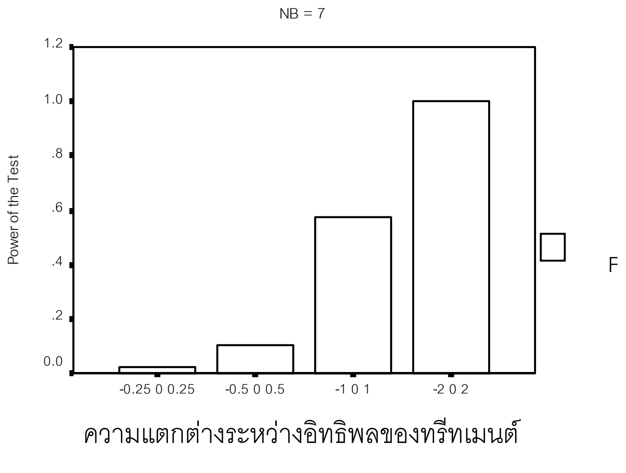
จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน มีอำนาจการทดสอบเท่ากันกับสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ แต่เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มากสุด สถิติทดสอบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี มีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

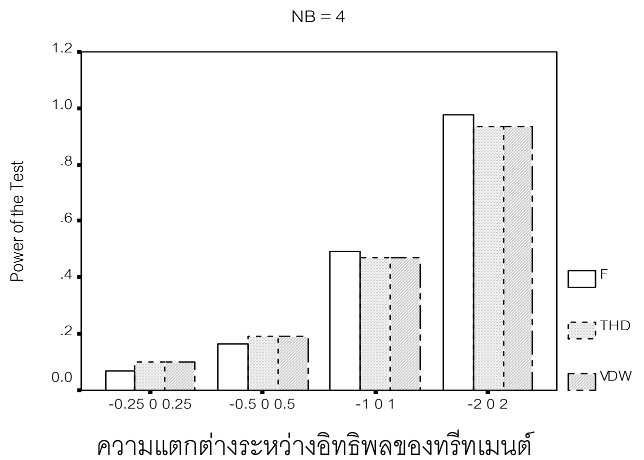
จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

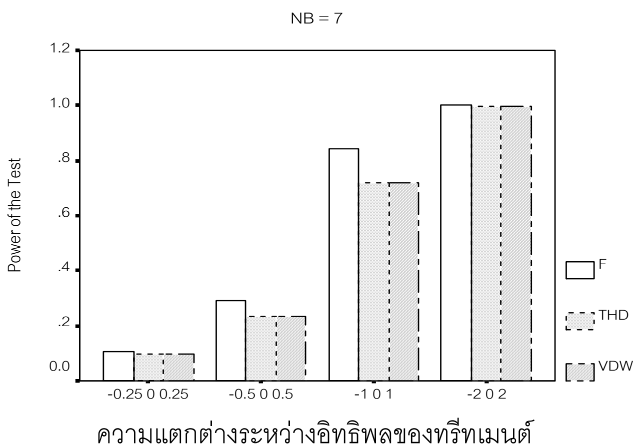
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01

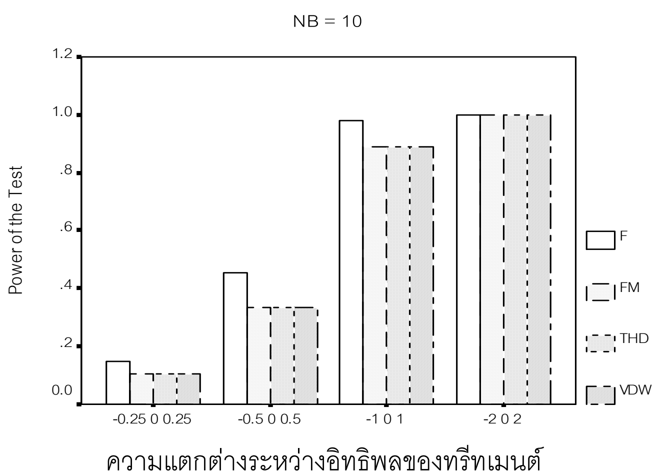




รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05







ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 3 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.25 0 0.25	F	0.013	0.007	0.003	0.048	0.047	0.051
	FM	-	-	-	-	-	0.042
	THD	-	-	-	0.059	0.048	0.042
	VDW	-	-	-	0.059	0.048	0.042
-0.5 0 0.5	F	0.013	0.008	0.004	0.046	0.048	0.049
	FM	-	-	-	-	-	0.046
	THD	-	-	-	0.062	0.049	0.046
	VDW	-	-	-	0.062	0.049	0.046
-1 0 1	F	0.012	0.009	0.008	0.047	0.054	0.067
	FM	-	-	-	-	-	0.055
	THD	-	-	-	0.066	0.053	0.055
	VDW	-	-	-	0.066	0.053	0.055
-2 0 2	F	0.015	0.017	0.021	0.063	0.080	0.112
	FM	-	-	-	-	-	0.088
	THD	-	-	-	0.088	0.077	0.088
	VDW	-	-	-	0.088	0.077	0.088

จากตารางที่ 4.6 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 , 7 และ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

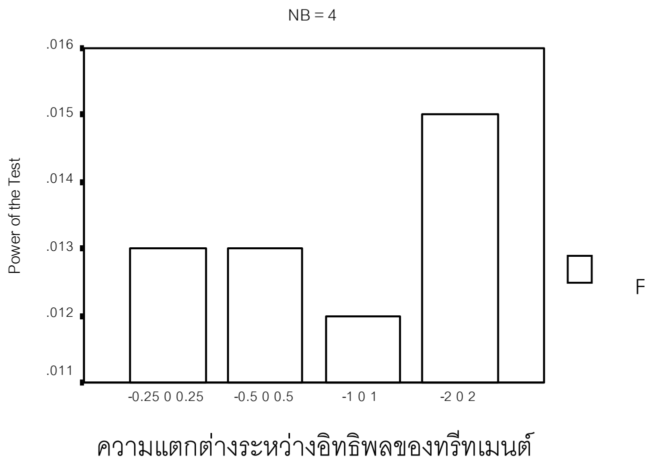
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ มีอำนาจการทดสอบของสูงสุด โดยที่อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เท่ากันทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเอฟ

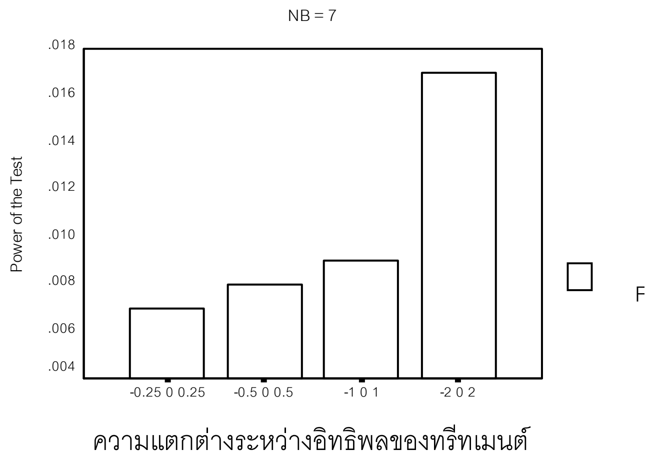
จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟ มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

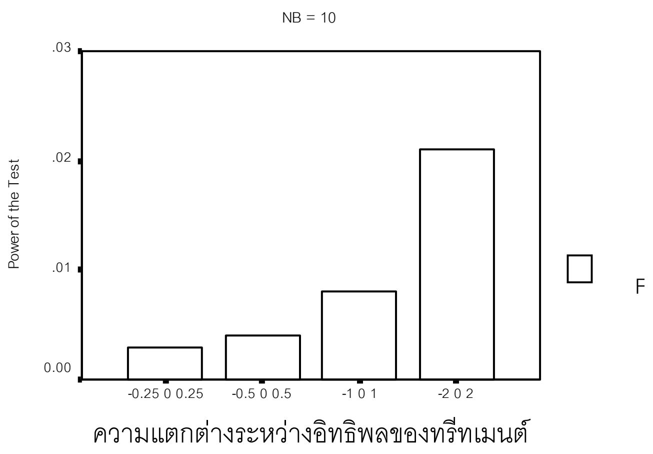
จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟ มีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน ซึ่งมีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

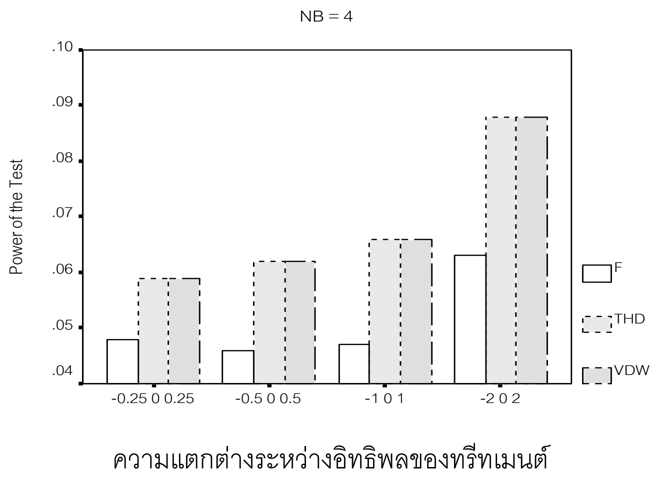
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01

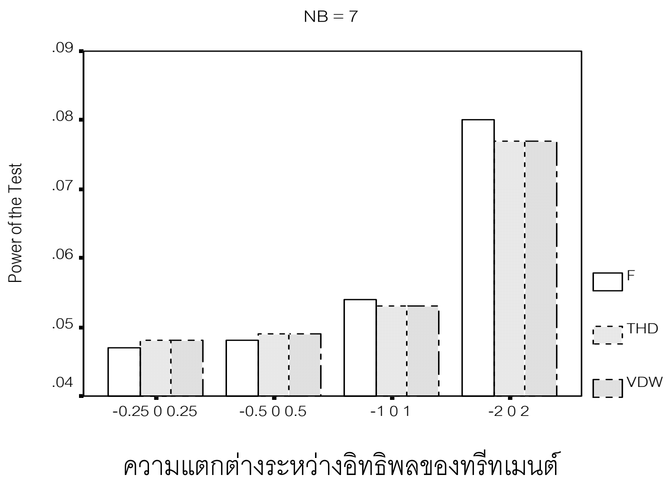


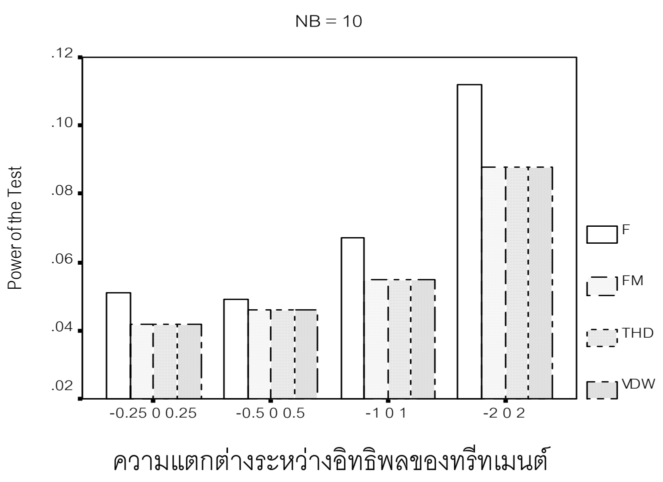




รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05







ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 4 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.5 0 0 0.5	F	0.028	0.078	-	0.131	0.249	0.369
	FM	-	-	-	0.082	0.156	0.294
	THD	-	-	-	0.084	0.166	0.294
	VDW	-	-	-	0.084	0.163	0.294
-1 0 0 1	F	0.190	0.556	-	0.467	0.816	0.974
	FM	-	-	-	0.266	0.650	0.845
	THD	-	-	-	0.279	0.661	0.850
	VDW	-	-	-	0.279	0.656	0.850
-2 0 0 2	F	0.841	1.000	-	0.980	1.000	1.000
	FM	-	-	-	0.844	0.999	1.000
	THD	-	-	-	0.860	0.999	1.000
	VDW	-	-	-	0.860	0.999	1.000
-4 0 0 4	F	1.000	1.000	-	1.000	1.000	1.000
	FM	-	-	-	1.000	1.000	1.000
	THD	-	-	-	1.000	1.000	1.000
	VDW	-	-	-	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 4.7 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 และ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

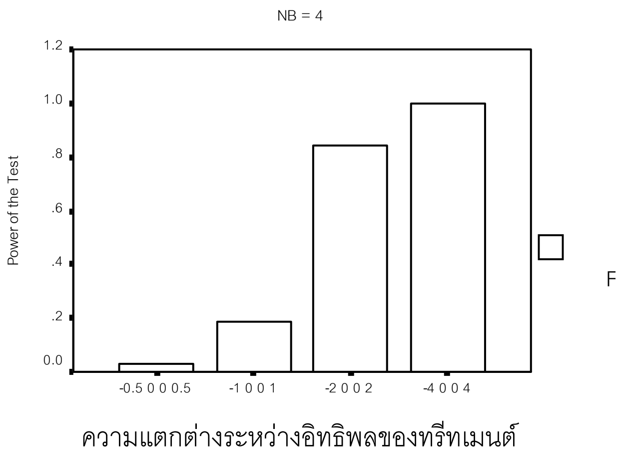
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากันทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มากสุด สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

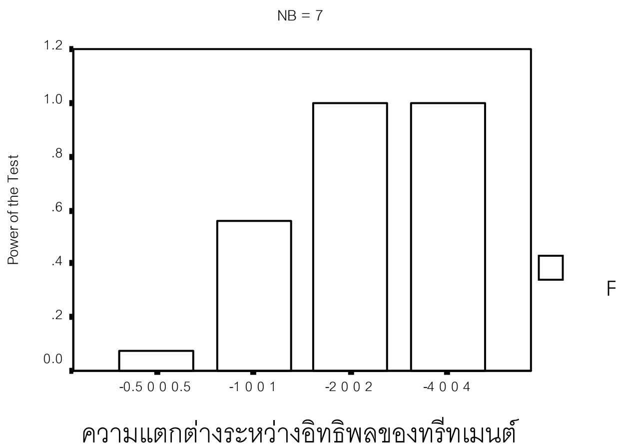
จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน มีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

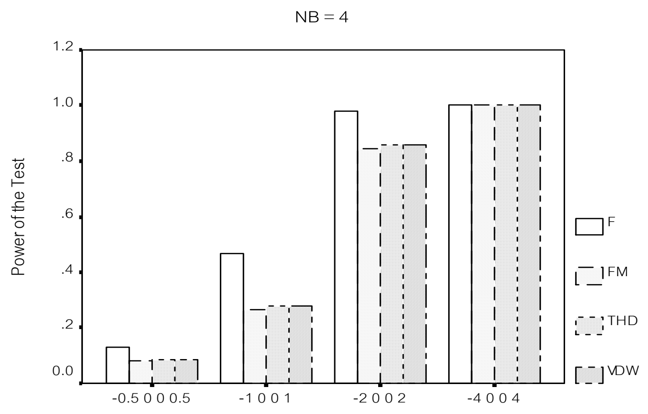
จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01

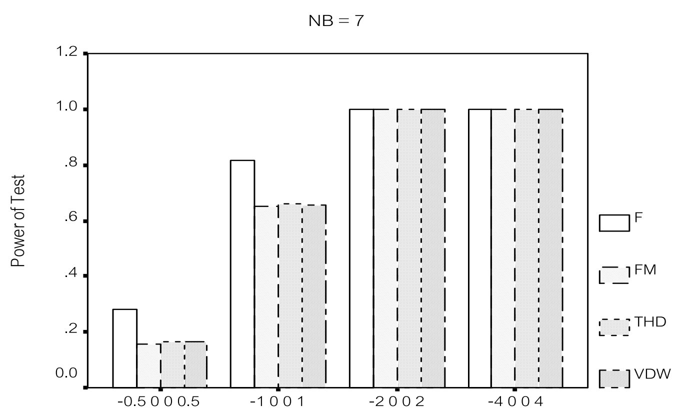




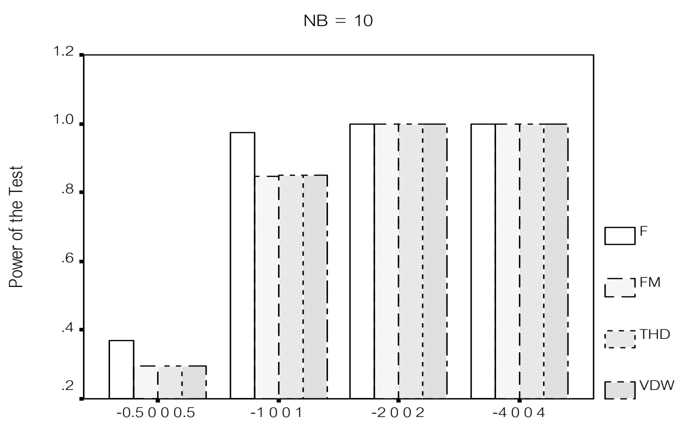
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 4 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.5 0 0 0.5	F	0.009	0.009	-	0.045	0.049	0.043
	FM	-	-	-	0.027	0.036	0.043
	THD	-	-	-	0.027	0.039	0.038
	VDW	-	-	-	0.027	0.038	0.038
-1 0 0 1	F	0.009	0.010	-	0.046	0.051	0.048
	FM	-	-	-	0.028	0.035	0.043
	THD	-	-	-	0.028	0.037	0.043
	VDW	-	-	-	0.028	0.036	0.043
-2 0 0 2	F	0.011	0.019	-	0.055	0.065	0.064
	FM	-	-	-	0.033	0.047	0.043
	THD	-	-	-	0.033	0.050	0.043
	VDW	-	-	-	0.033	0.049	0.043
-4 0 0 4	F	0.017	0.042	-	0.094	0.163	0.241
	FM	-	-	-	0.060	0.096	0.155
	THD	-	-	-	0.060	0.103	0.171
	VDW	-	-	-	0.060	0.102	0.161

จากตารางที่ 4.8 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 และ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

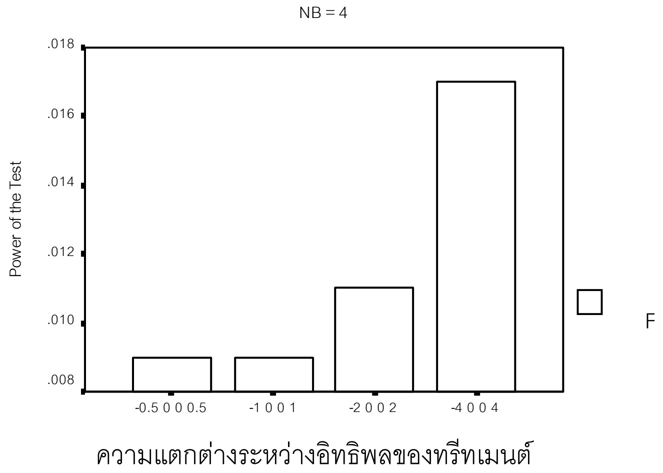
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากันทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

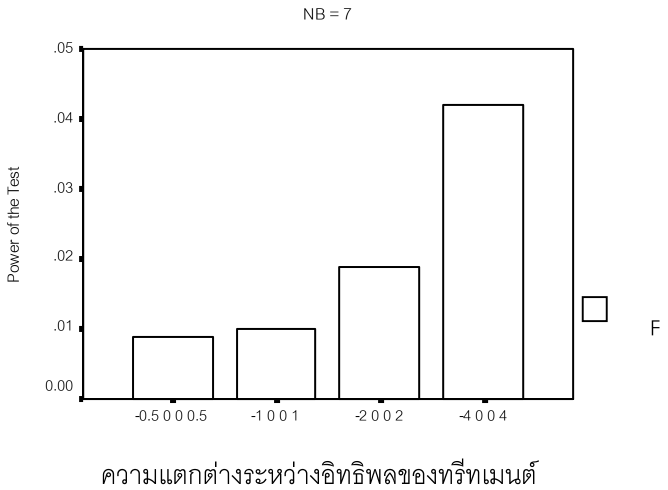
จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดนนอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ

จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

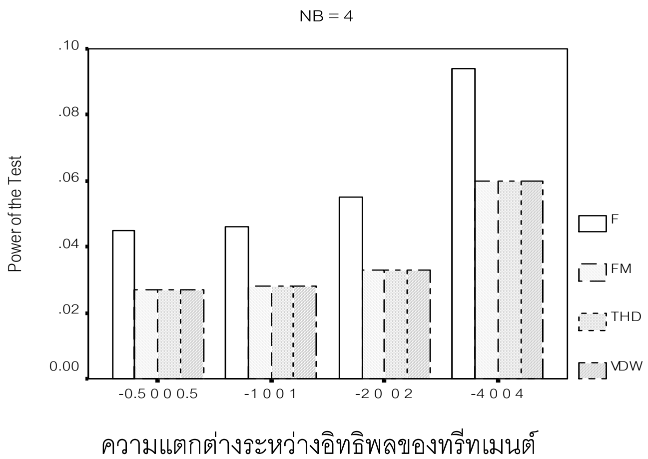
จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

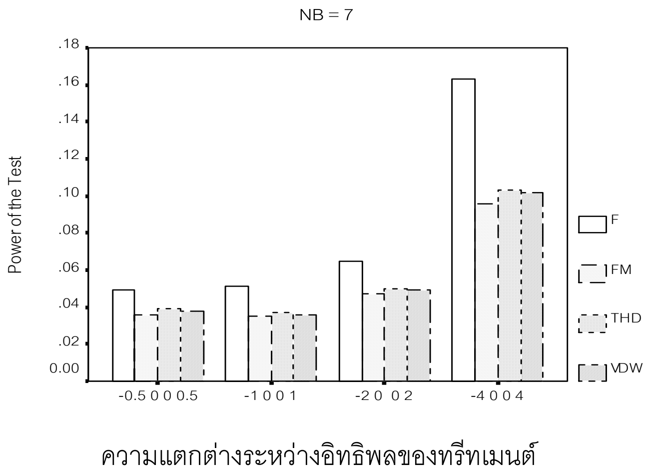
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01

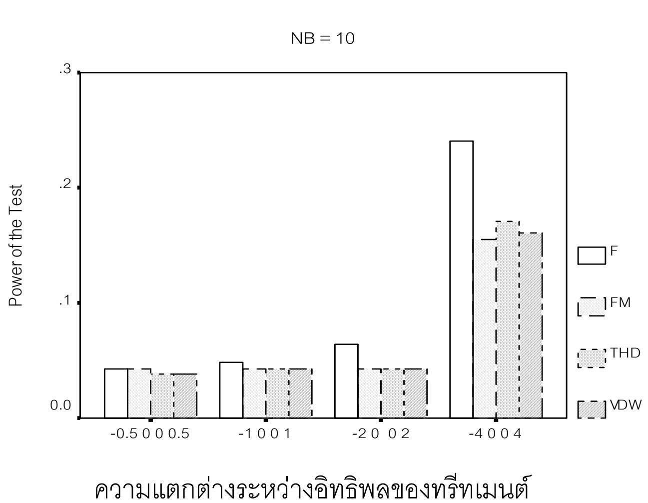




รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05







ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 5 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.5 -0.25 0 0.25 0.5	F	0.040	-	0.183	0.137	0.189	0.425
	FM	-	-	-	-	0.179	0.320
	THD	-	-	-	-	0.189	0.325
	VDW	-	-	-	-	0.191	0.329
-1 -0.5 0 0.5 1	F	0.257	-	0.908	0.549	0.817	0.985
	FM	-	-	-	-	0.742	0.945
	THD	-	-	-	-	0.752	0.944
	VDW	-	-	-	-	0.750	0.947
-2 –1 0 1 2	F	0.928	-	1.000	0.989	1.000	1.000
	FM	-	-	-	-	1.000	1.000
	THD	-	-	-	-	1.000	1.000
	VDW	-	-	-	-	1.000	1.000
-4 -2 0 2 4	F	1.000	-	1.000	1.000	1.000	1.000
	FM	-	-	-	-	1.000	1.000
	THD	-	-	-	-	1.000	1.000
	VDW	-	-	-	-	1.000	1.000

จากตารางที่ 4.9 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 และ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

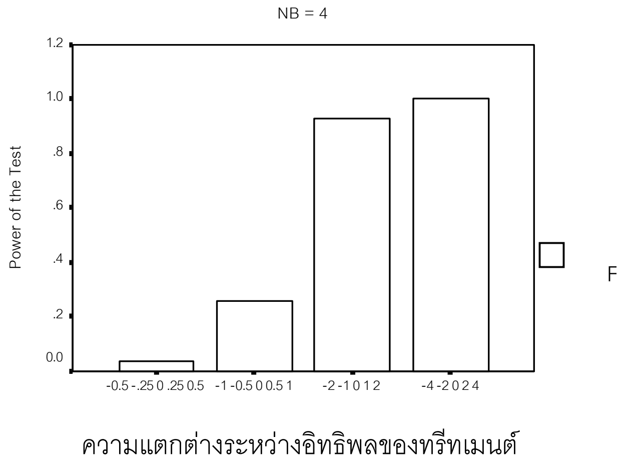
ที่ระดับนัยสำคัญ .05

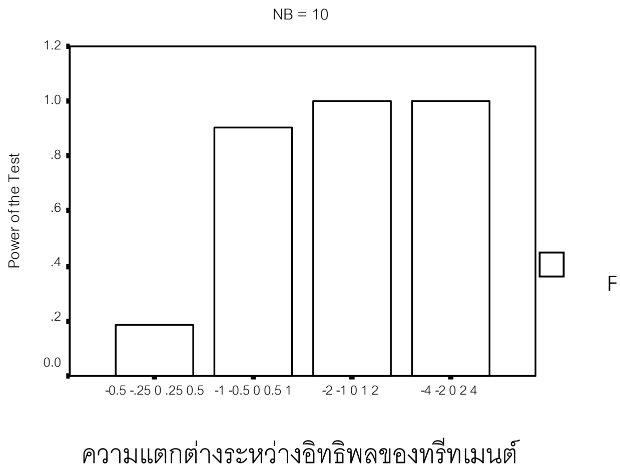
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 และ10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

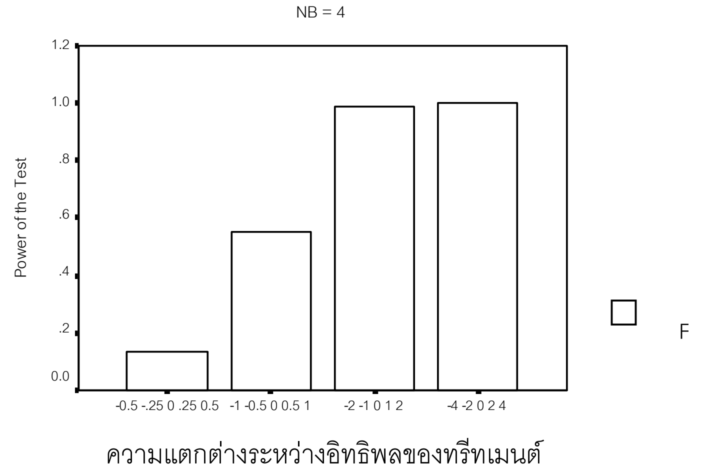
จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

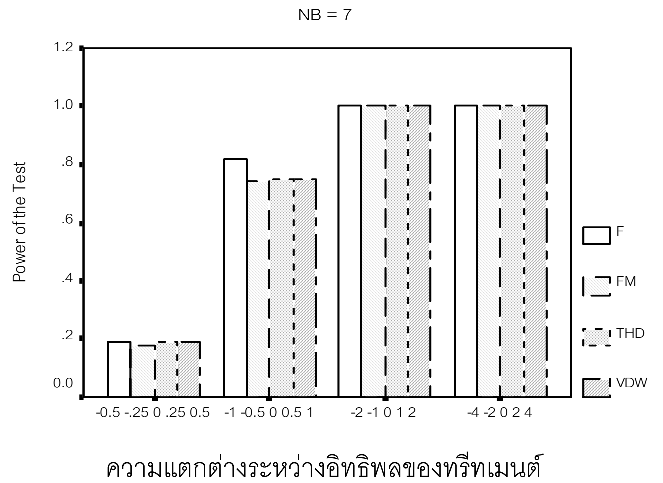
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01

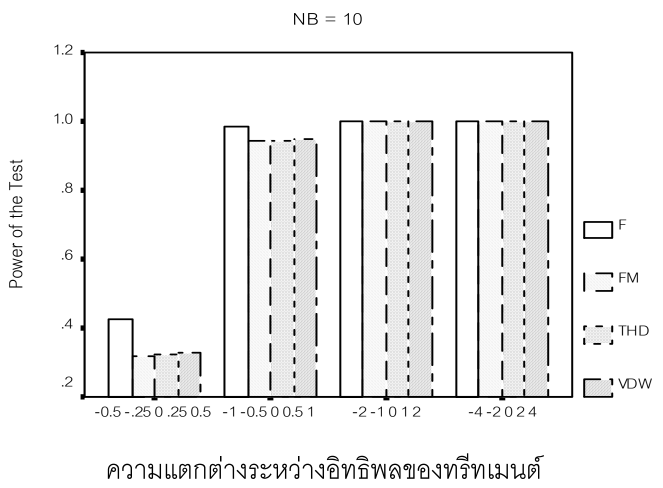




รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05







ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 5 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.5 -0.25 0 0.25 0.5	F	0.008	-	0.011	0.046	0.029	0.043
	FM	-	-	-	-	0.036	0.029
	THD	-	0.004	-	-	0.037	0.025
	VDW	-	-	-	-	0.038	0.028
-1 -0.5 0 0.5 1	F	0.005	-	0.013	0.049	0.032	0.060
	FM	-	-	-	-	0.039	0.041
	THD	-	0.005	-	-	0.038	0.038
	VDW	-	-	-	-	0.038	0.037
-2 –1 0 1 2	F	0.008	-	0.020	0.054	0.046	0.091
	FM	-	-	-	-	0.048	0.069
	THD	-	0.007	-	-	0.050	0.064
	VDW	-	-	-	-	0.052	0.068
-4 -2 0 2 4	F	0.022	-	1.000	0.108	0.118	1.000
	FM	-	-	-	-	0.113	1.000
	THD	-	0.029	-	-	0.123	1.000
	VDW	-	-	-	-	0.124	1.000

จากตารางที่ 4.10 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 และ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์มีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

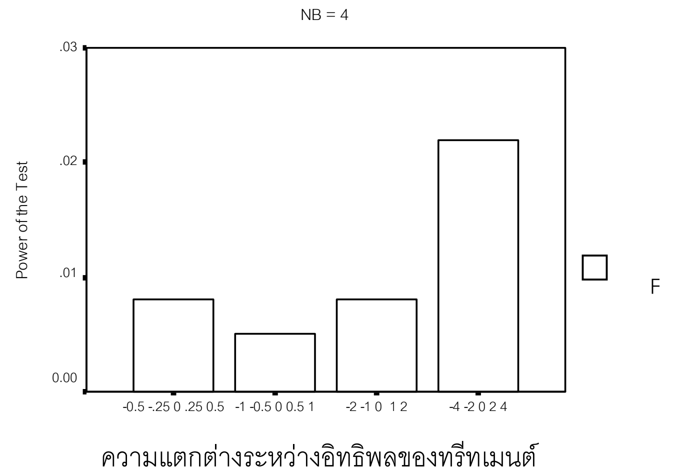
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

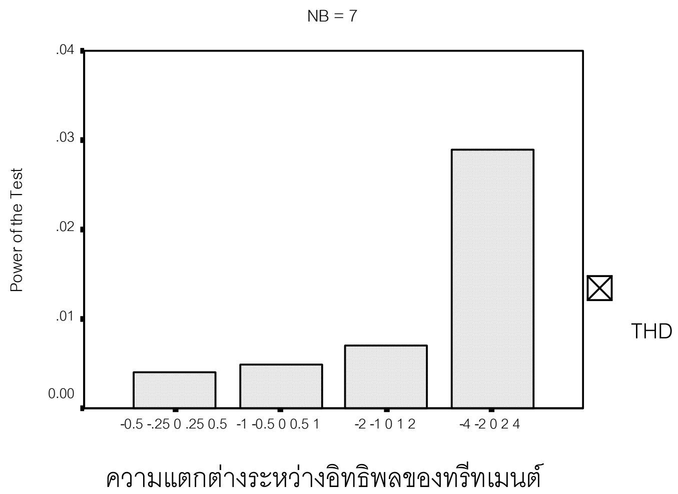
จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดนนอร์มอล-สกอร์ มีอำนาจการทดสอบสูงสุด โดยมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเอฟ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลมากสุด สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดนนอร์มอล-สกอร์ มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน และมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ

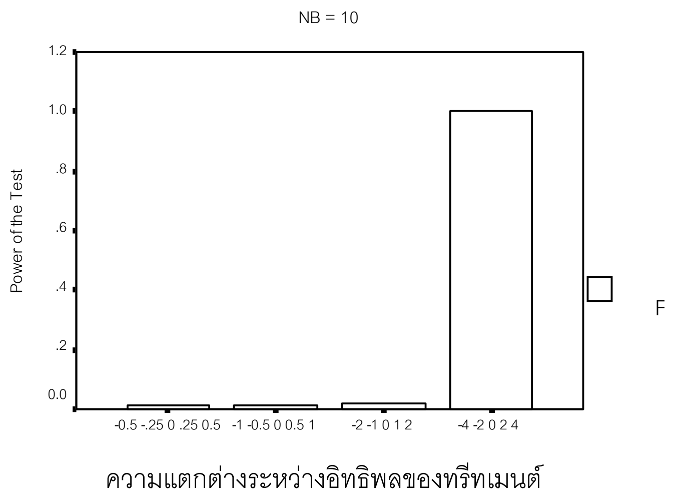
จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดนนอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มากสุด สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีมีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

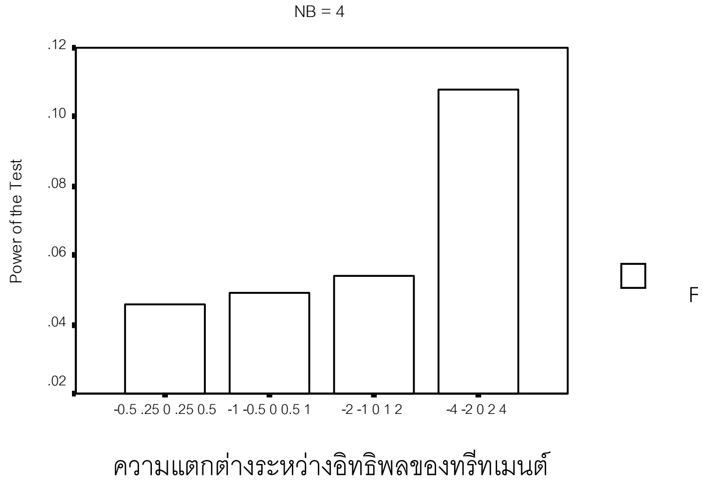
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01

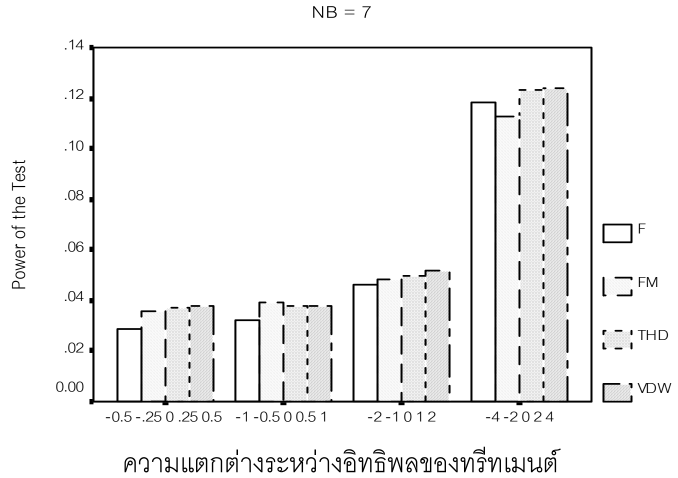


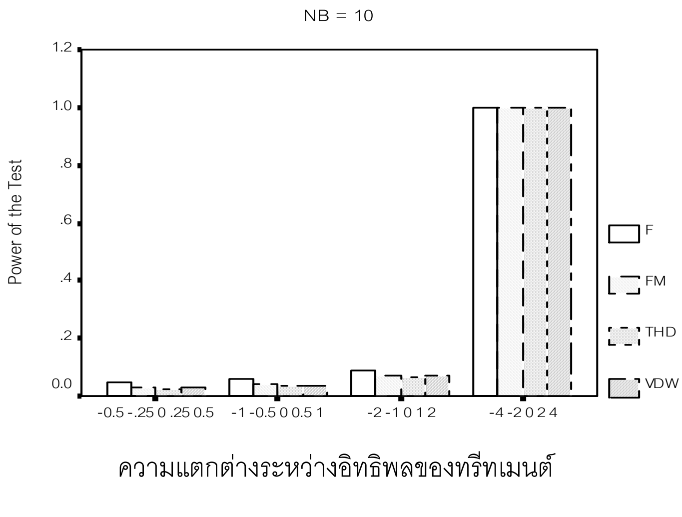




รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05







ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 3 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.25 0 0.25	F	0.014	0.025	0.046	0.074	0.102	0.149
	FM	-	-	0.280	-	0.056	0.105
	THD	-	-	0.280	0.102	0.095	0.105
	VDW	-	-	0.280	0.102	0.095	0.105
-0.5 0 0.5	F	0.040	0.108	0.204	0.160	0.313	0.449
	FM	-	-	0.143	-	0.185	0.361
	THD	-	-	0.143	0.193	0.268	0.361
	VDW	-	-	0.143	0.193	0.268	0.361
-1 0 1	F	0.204	0.592	0.846	0.515	0.847	0.962
	FM	-	-	0.663	-	0.655	0.903
	THD	-	-	0.663	0.521	0.756	0.903
	VDW	-	-	0.663	0.521	0.756	0.903
-2 0 2	F	0.787	0.995	0.999	0.967	0.999	1.000
	FM	-	-	0.997	-	0.991	1.000
	THD	-	-	0.997	0.932	0.997	1.000
	VDW	-	-	0.997	0.932	0.997	1.000

จากตารางที่ 4.11 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 และ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก ที่ระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เป็น -0.25 0 0.25 อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี มีค่ามากกว่าสถิติทดสอบเอฟ เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากัน

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

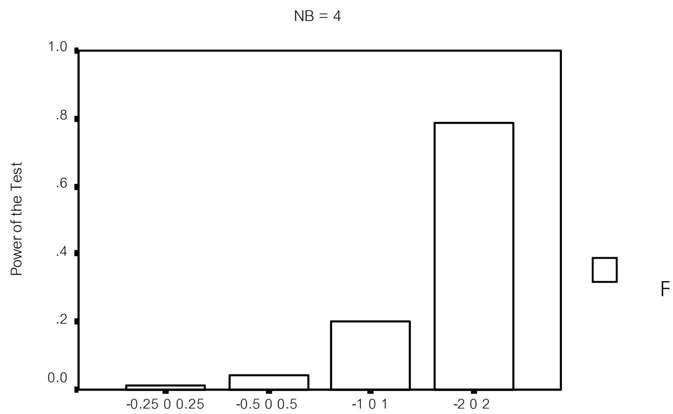
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก ที่ระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เป็น -0.25 0 0.25, -0.5 0 0.5 และ -1 0 1 อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์สูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเอฟ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มากสุด อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากัน

จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากัน และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มากสุด สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ

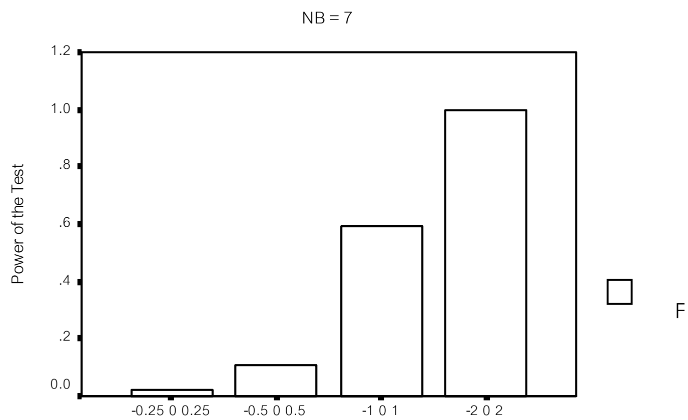
จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติฟรีดแมน มีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มากสุด สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.13 และ 4.14 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

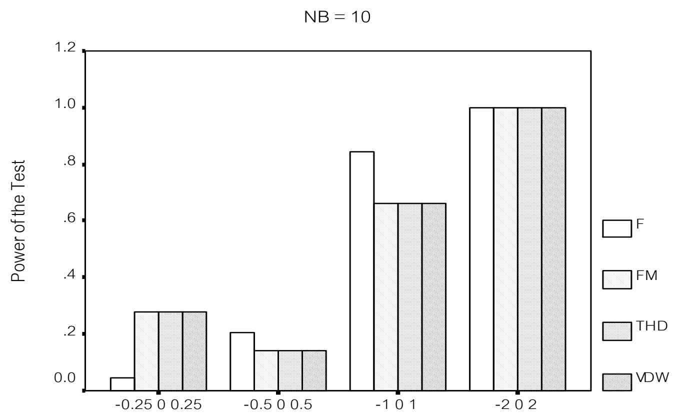
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

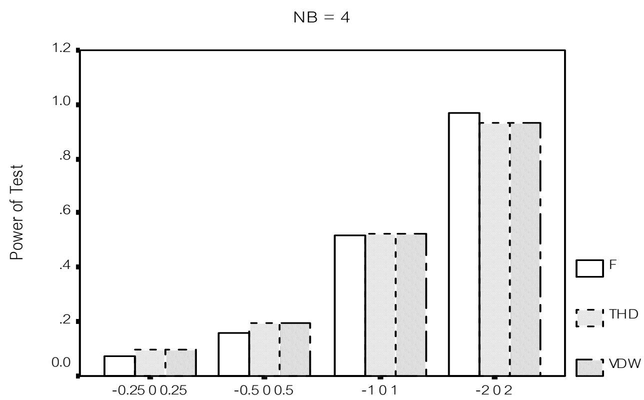


ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

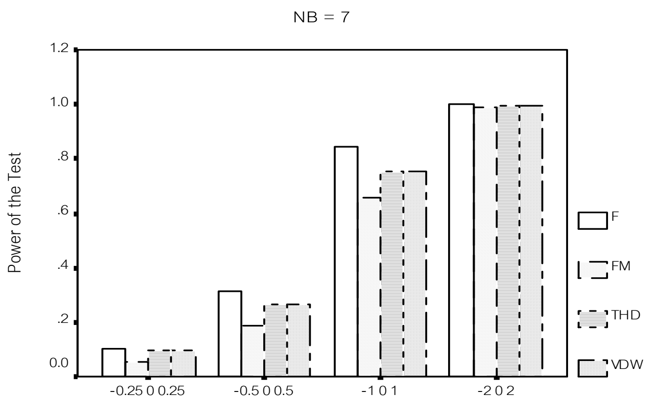


ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

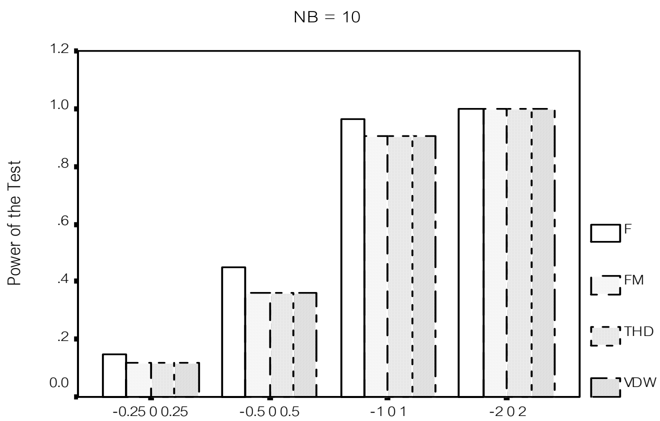
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 3 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.25 0 0.25	F	0.009	0.009	0.012	0.045	0.048	0.056
	FM	-	-	0.009	-	0.025	0.050
	THD	-	-	0.009	0.066	0.047	0.050
	VDW	-	-	0.009	0.066	0.047	0.050
-0.5 0 0.5	F	0.009	0.009	0.012	0.045	0.048	0.056
	FM	-	-	0.009	-	0.025	0.049
	THD	-	-	0.009	0.067	0.048	0.049
	VDW	-	-	0.009	0.067	0.048	0.049
-1 0 1	F	0.009	0.009	0.012	0.045	0.048	0.056
	FM	-	-	0.009	-	0.024	0.049
	THD	-	-	0.009	0.066	0.047	0.049
	VDW	-	-	0.009	0.066	0.047	0.049
-2 0 2	F	0.009	0.009	0.013	0.045	0.048	0.055
	FM	-	-	0.009	-	0.025	0.038
	THD	-	-	0.009	0.066	0.048	0.042
	VDW	-	-	0.009	0.066	0.048	0.042

จากตารางที่ 4.12 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 และ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบคงที่ ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน มีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

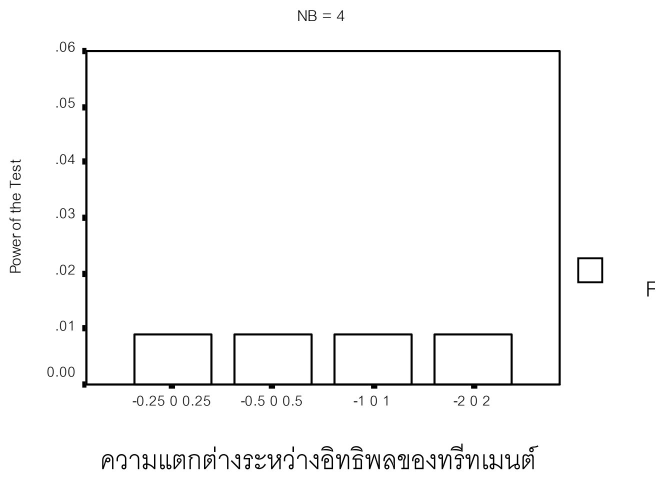
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากัน รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเอฟ ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

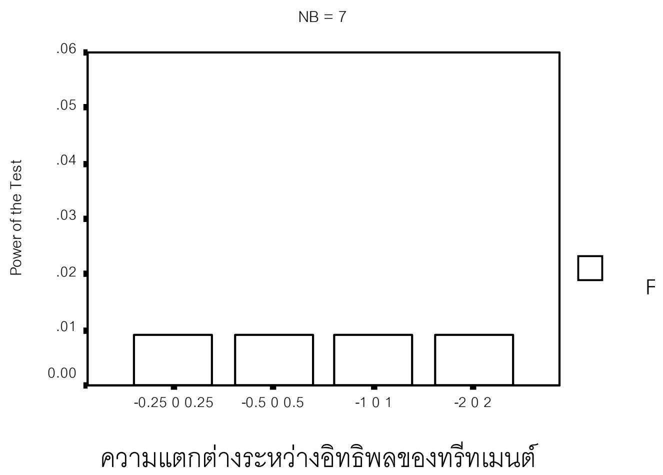
จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

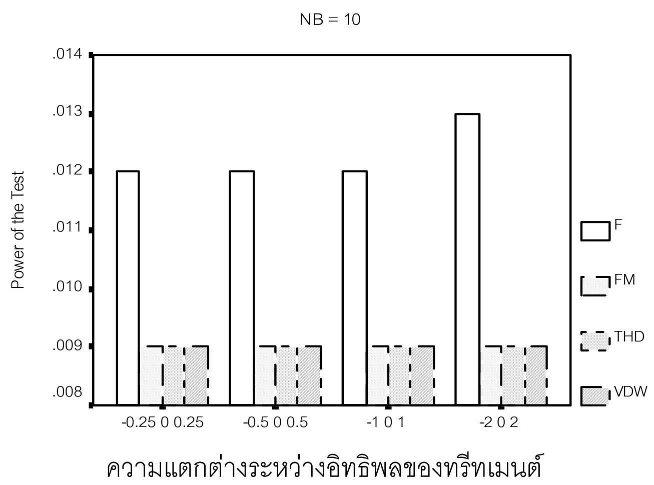
จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน มีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ และมีค่าอำนาจการทดสอบลดลง เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.15 และ 4.16 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

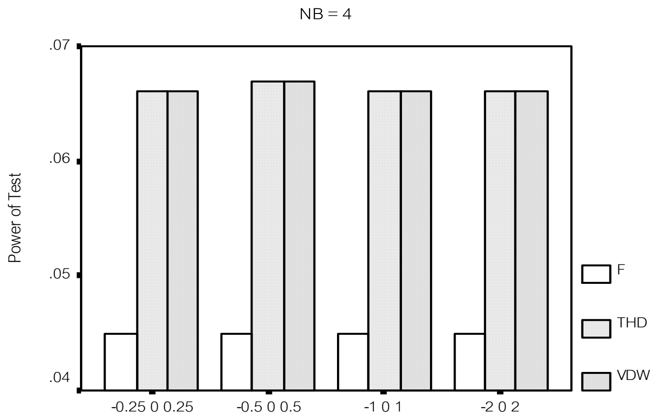
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01



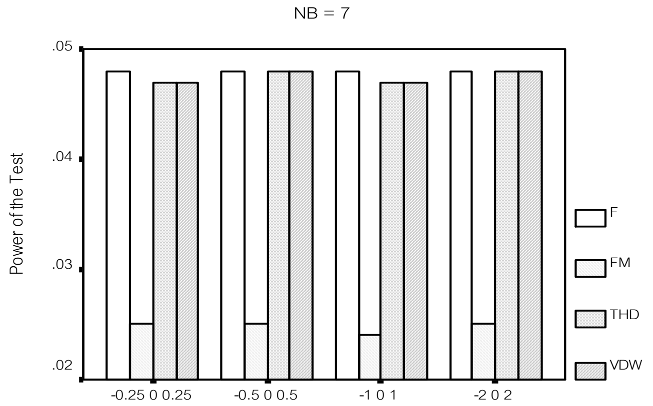




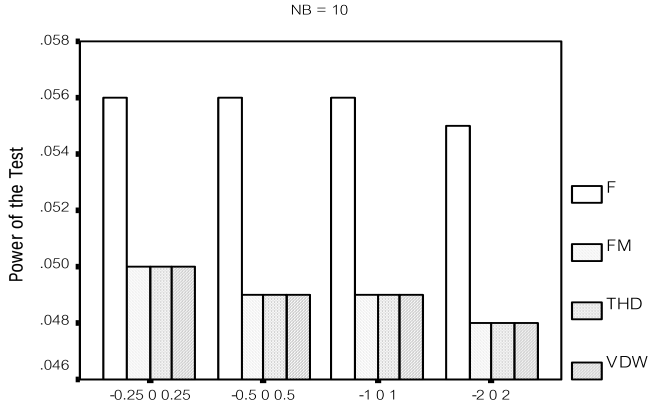
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 4 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.5 0 0 0.5	F	0.031	0.100	0.168	0.141	0.265	0.387
	FM	0.023	-	0.113	0.093	0.197	0.323
	THD	-	-	0.113	0.097	0.203	0.320
	VDW	-	-	0.113	0.097	0.202	0.322
-1 0 0 1	F	0.195	0.564	0.832	0.495	0.816	0.954
	FM	0.101	-	0.655	0.349	0.689	0.886
	THD	-	-	0.655	0.359	0.699	0.887
	VDW	-	-	0.656	0.359	0.695	0.889
-2 0 0 2	F	0.827	0.997	1.000	0.973	1.000	1.000
	FM	0.537	-	1.000	0.858	0.996	1.000
	THD	-	-	1.000	0.871	0.996	1.000
	VDW	-	-	1.000	0.871	0.996	1.000
-4 0 0 4	F	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	FM	0.964	-	1.000	0.999	1.000	1.000
	THD	-	-	1.000	0.999	1.000	1.000
	VDW	-	-	1.000	0.999	1.000	1.000

จากตารางที่ 4.13 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน และมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น ทุกระดับความความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น ทุกระดับความความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี จะมีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

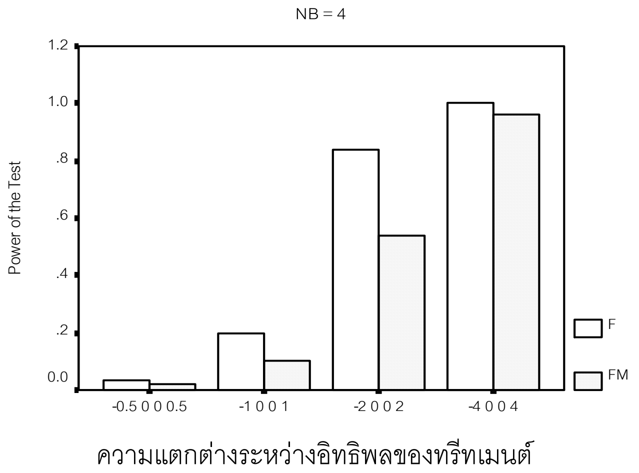
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากัน และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี จะมีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ

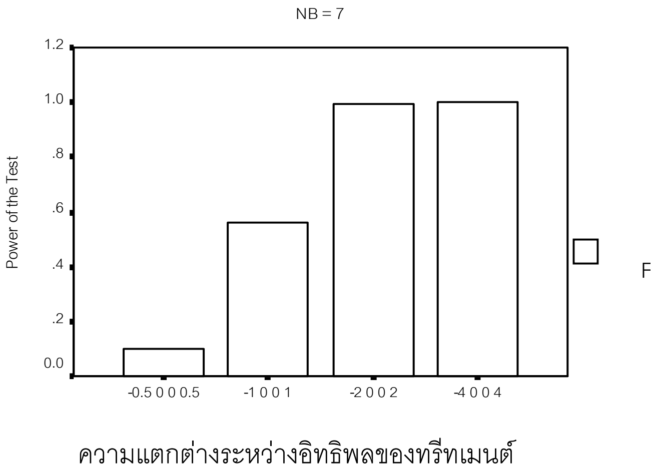
จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี จะมีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับ หรือเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

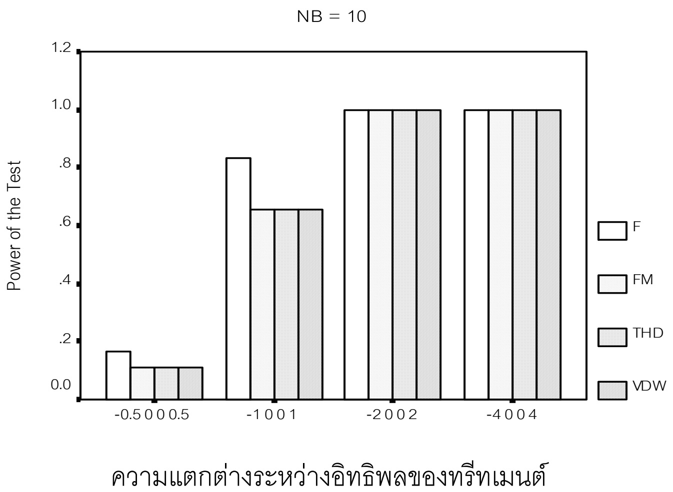
จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี จะมีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

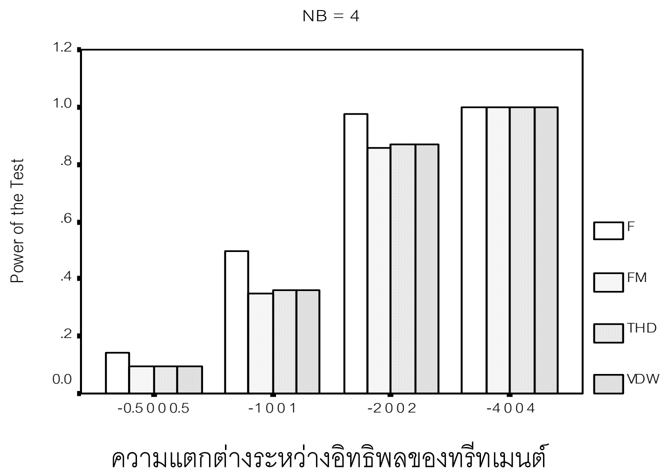
รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01

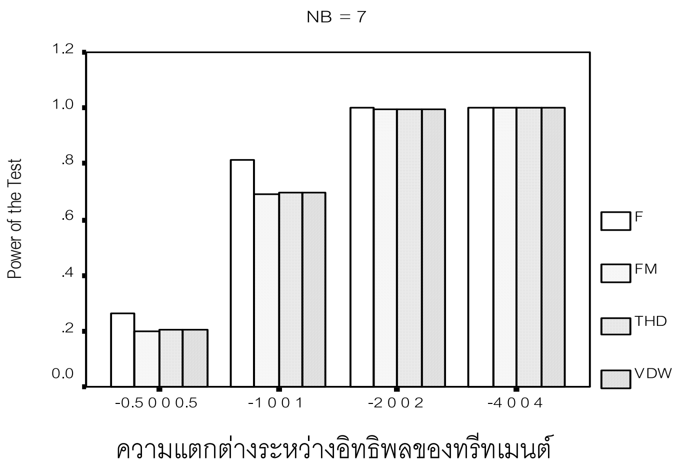


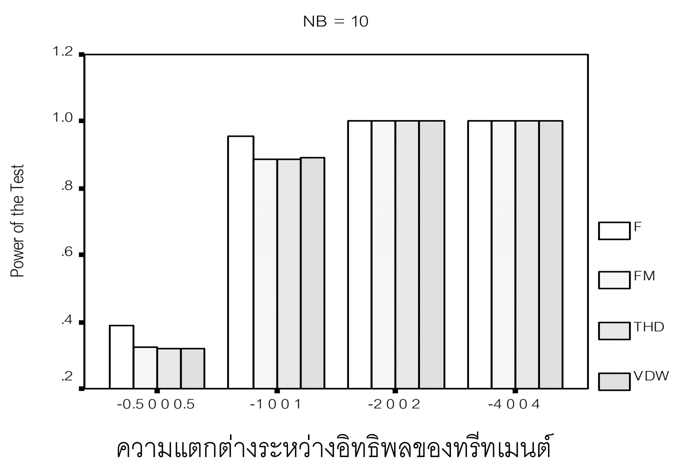




รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05







ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 4 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.5 0 0 0.5	F	0.010	0.009	0.013	0.044	0.049	0.056
	FM	0.005	-	0.009	0.038	0.038	0.043
	THD	-	-	0.009	0.041	0.040	0.043
	VDW	-	-	0.009	0.041	0.040	0.043
-1 0 0 1	F	0.010	0.010	0.014	0.044	0.049	0.056
	FM	0.006	-	0.009	0.039	0.038	0.045
	THD	-	-	0.009	0.043	0.041	0.045
	VDW	-	-	0.009	0.043	0.040	0.045
-2 0 0 2	F	0.010	0.009	0.013	0.044	0.048	0.057
	FM	0.006	-	0.010	0.039	0.038	0.047
	THD	-	-	0.010	0.042	0.040	0.047
	VDW	-	-	0.010	0.042	0.040	0.049
-4 0 0 4	F	0.011	0.009	0.013	0.046	0.049	0.055
	FM	0.007	-	0.010	0.038	0.040	0.051
	THD	-	-	0.010	0.042	0.042	0.051
	VDW	-	-	0.010	0.042	0.041	0.052

จากตารางที่ 4.14 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน และมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น ทุกระดับความความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ทุกระดับความความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล – สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากับทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

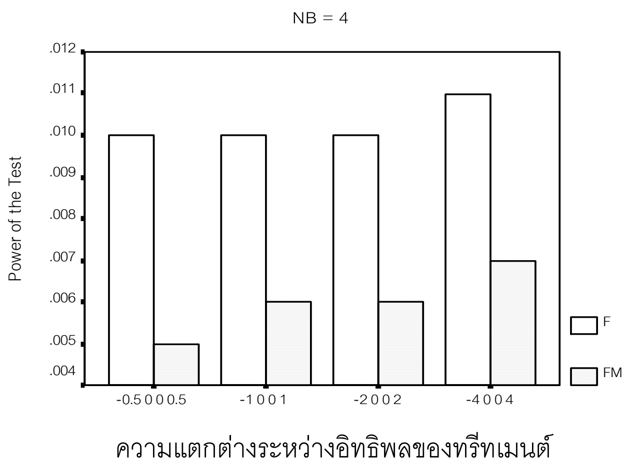
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับ สถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน

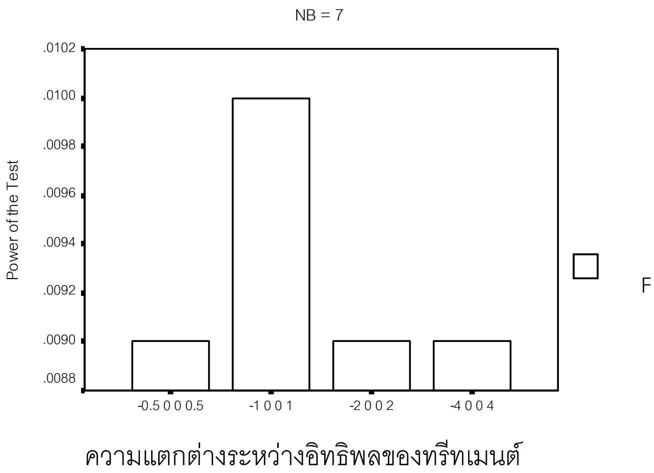
จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

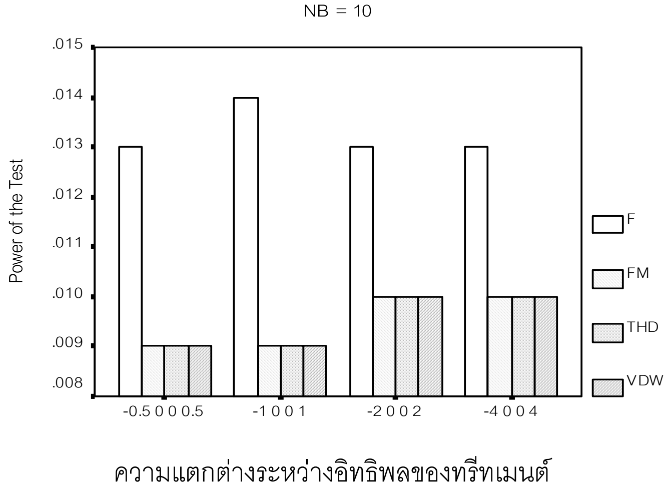
จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.19 และ 4.20 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

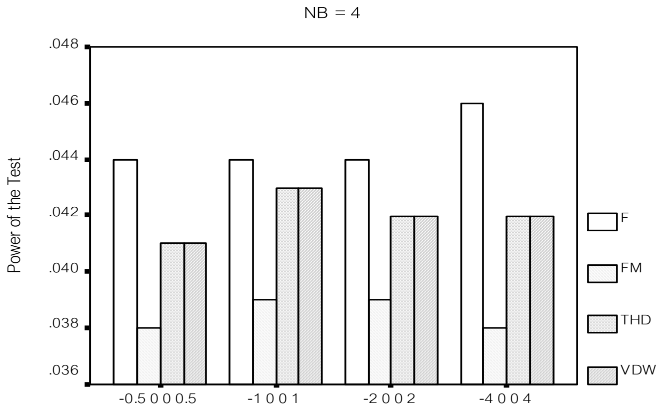
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01



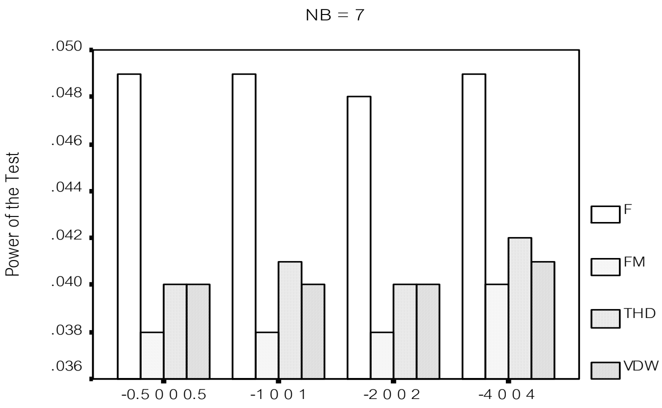




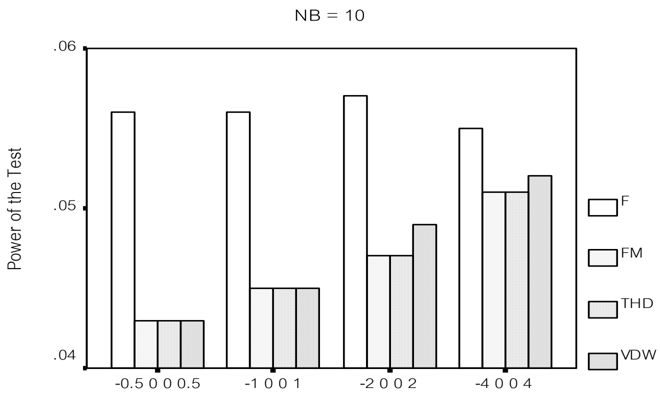
รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 5 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.5 -0.25 0 0.25 0.5	F	0.040	-	0.217	0.135	0.219	0.434
	FM	-	-	0.148	-	0.231	0.381
	THD	-	0.064	0.146	0.097	0.237	0.378
	VDW	-	-	0.147	0.096	0.237	0.379
-1 -0.5 0 0.5 1	F	0.251	-	0.898	0.555	0.814	0.976
	FM	-	-	0.778	-	0.791	0.951
	THD	-	0.472	0.774	0.388	0.798	0.948
	VDW	-	-	0.776	0.386	0.797	0.949
-2 –1 0 1 2	F	0.914	-	1.000	0.990	1.000	1.000
	FM	-	-	1.000	-	1.000	1.000
	THD	-	0.994	1.000	0.930	1.000	1.000
	VDW	-	-	1.000	0.928	1.000	1.000
-4 -2 0 2 4	F	1.000	-	1.000	1.000	1.000	1.000
	FM	-	-	1.000	-	1.000	1.000
	THD	-	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	VDW	-	-	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 4.15 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1

<u>ที่ระดับนัยสำคัญ .01</u>

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น ทุกระดับความความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ มีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น ทุกระดับความความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี จะมีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

<u>ที่ระดับนัยสำคัญ .05</u>

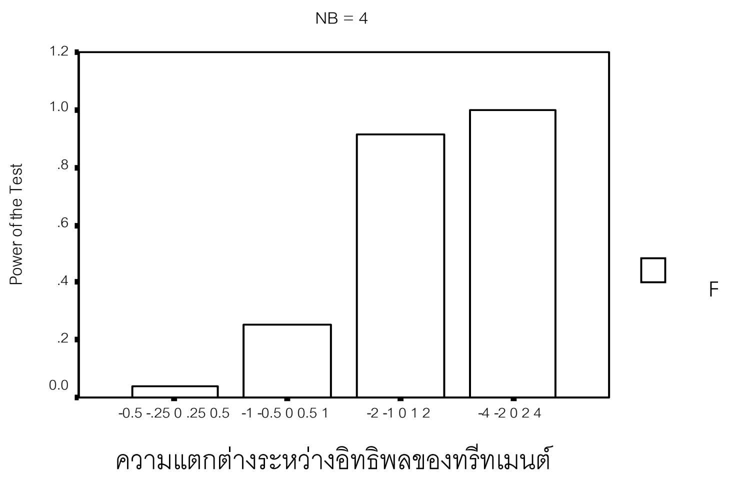
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มากสุด สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ จะมีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

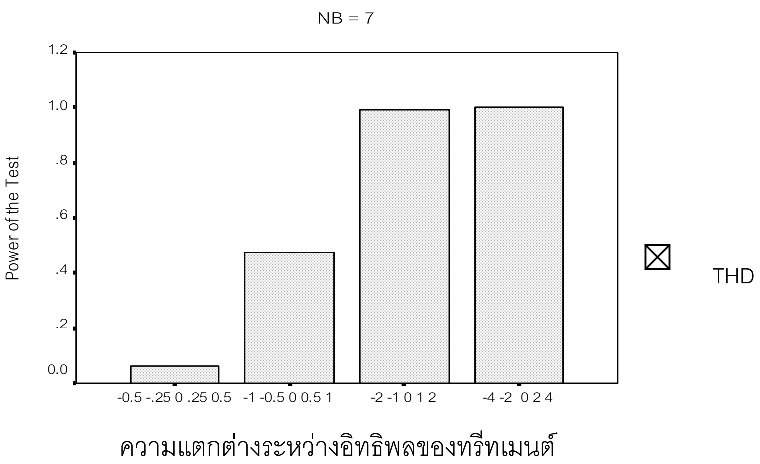
จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก ที่ระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์น้อยสุด สถิติทดสอบฟรีดแมนมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเอฟ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบเอฟ จะมีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน หรือเท่ากับสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี

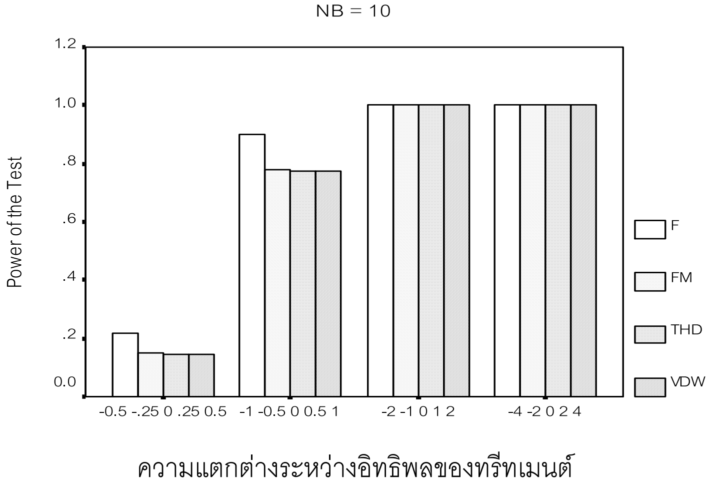
จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี จะมีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.21 และ 4.22 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

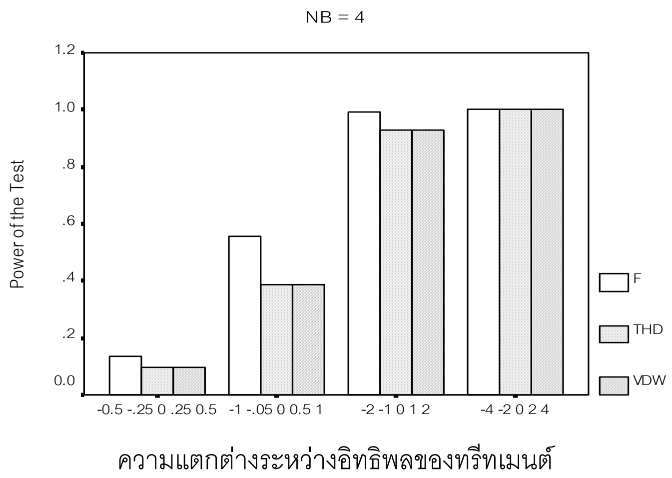
รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01

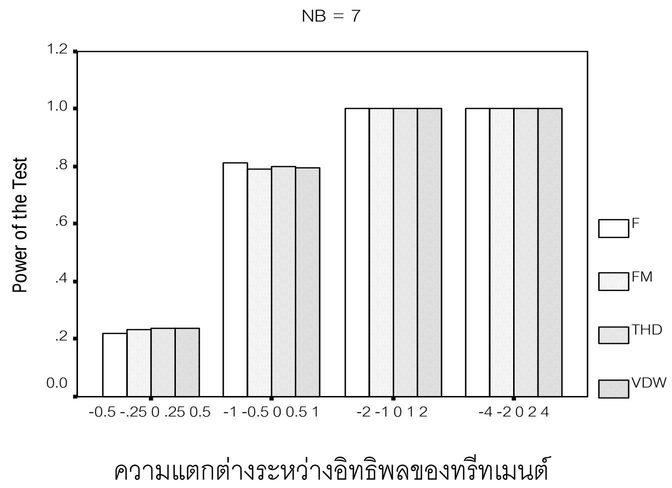


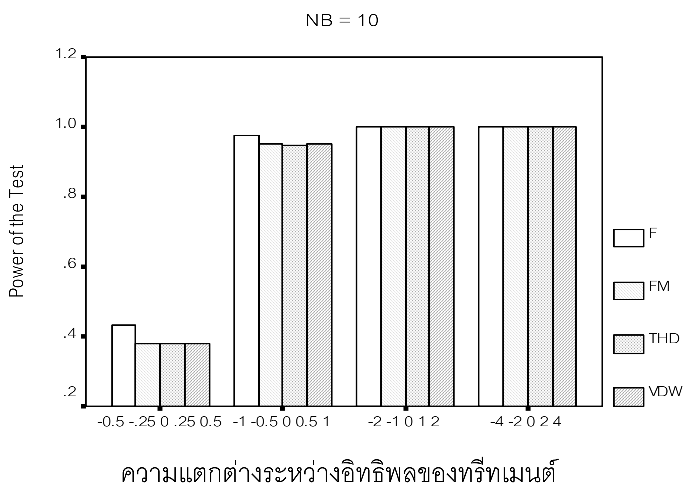




รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05







ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05 กรณีเปรียบเทียบ 3 ทรีทเมนต์

อิทธิพลของทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก / สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ = .01			ระดับนัยสำคัญ = .05		
		4	7	10	4	7	10
-0.5 -0.25 0 0.25 0.5	F	0.011	-	0.010	0.046	0.025	0.057
	FM	-	-	0.008	-	0.039	0.043
	THD	-	0.005	0.008	0.030	0.040	0.044
	VDW	-	-	0.008	0.029	0.040	0.045
-1 -0.5 0 0.5 1	F	0.011	-	0.010	0.047	0.025	0.057
	FM	-	-	0.008	-	0.039	0.044
	THD	-	0.005	0.008	0.030	0.040	0.045
	VDW	-	-	0.008	0.029	0.040	0.046
-2 –1 0 1 2	F	0.011	-	0.011	0.045	0.025	0.058
	FM	-	-	0.008	-	0.040	0.045
	THD	-	0.005	0.008	0.029	0.041	0.047
	VDW	-	-	0.008	0.028	0.041	0.047
-4 -2 0 2 4	F	0.012	-	1.000	0.048	0.026	1.000
	FM	-	-	1.000	-	0.041	1.000
	THD	-	0.005	1.000	0.029	0.044	1.000
	VDW	-	-	1.000	0.028	0.043	1.000

จากตารางที่ 4.16 พบว่าการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น ทุกระดับความความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ มีอำนาจการทดสอบคงที่ ทุกระดับความความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน มีอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มากสุด สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี จะมีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

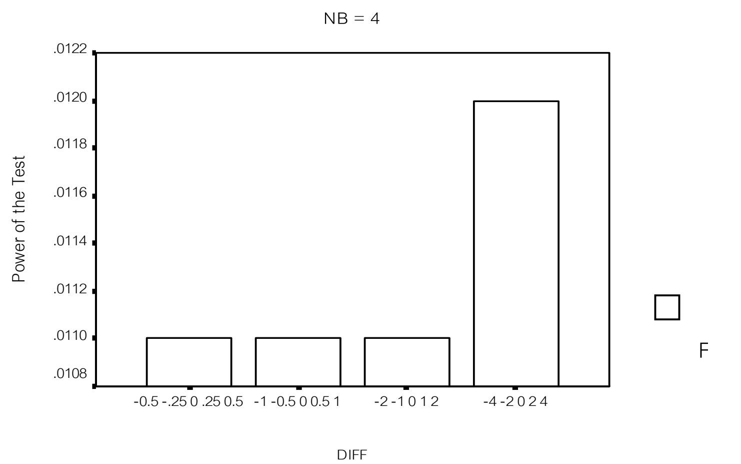
จำนวนบล็อกเท่ากับ 4 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

จำนวนบล็อกเท่ากับ 7 บล็อก สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์มีอำนาจการทดสอบสูงสุด โดยมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียง รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเอฟ ทุกระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

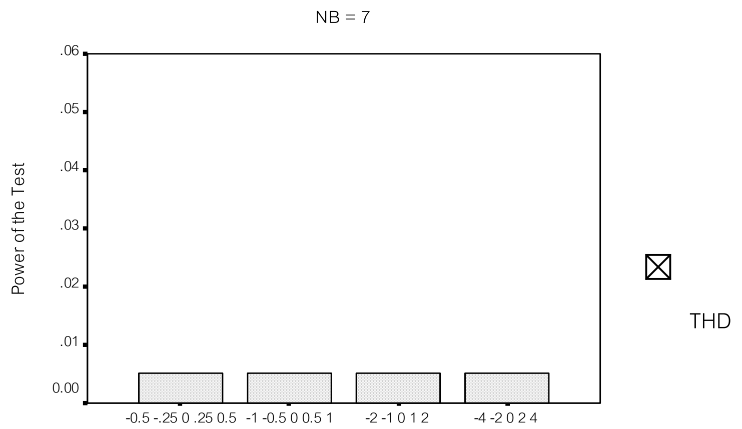
จำนวนบล็อกเท่ากับ 10 บล็อก สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเทอรี่–โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล–สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล–สกอร์ เมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มากสุด สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี จะมีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับสถิติทดสอบเอฟ

จากผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบข้างต้น สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 4.23 และ 4.24 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่านั้น

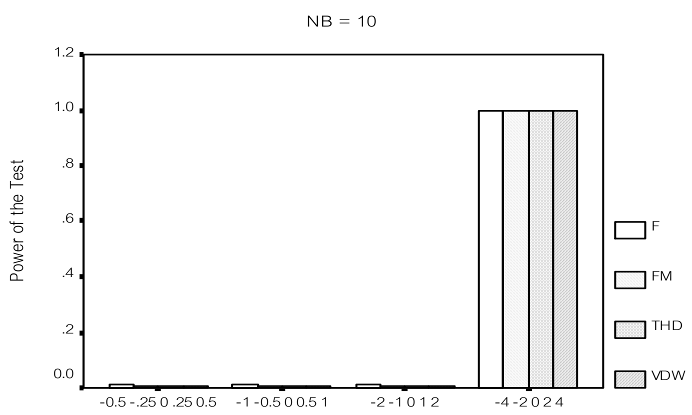
รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

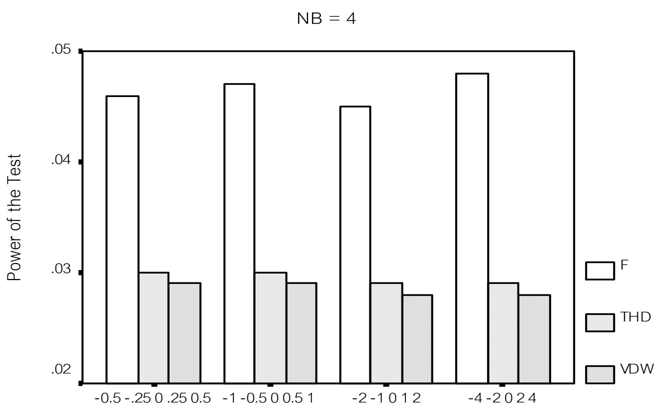


ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

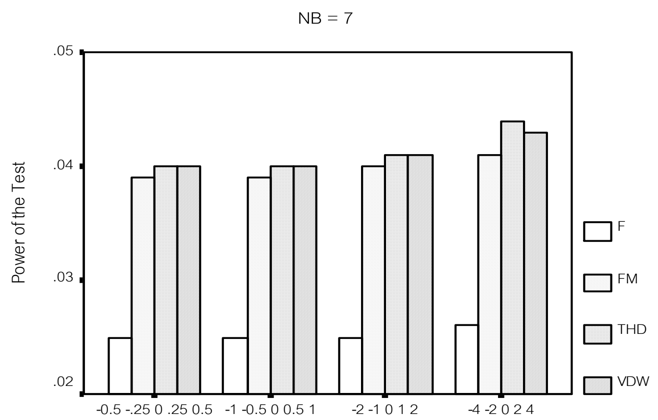


ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

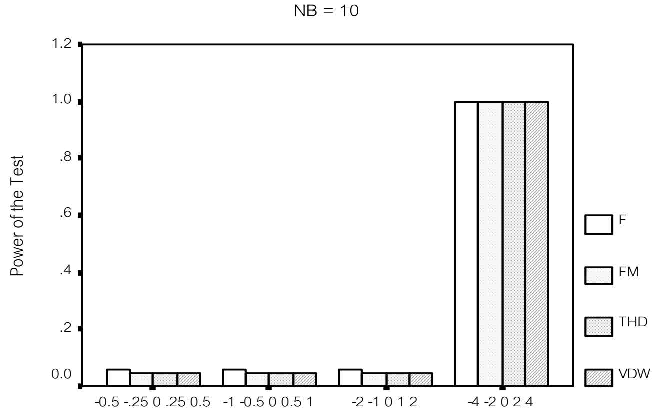
รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 5 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จำแนกตามจำนวนบล็อกทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์



ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

ตารางที่ 4.17 สถิติทดสอบที่มีอำนาจของการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และระดับนัยสำคัญ เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จากการทดลองทั้งหมด 36 กรณี

จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลของทรีทเมนต์			ปกติ		โลจิสติก	
					α = .01	α = .05	α = .01	α = .05
3	4	-0.25	0	0.25	F	THD,VDW	F	THD,VDW
		-0.5	0	0.5	F	THD,VDW	F	THD,VDW
		-1	0	1	F	F	F	F,THD,VDW
		-2	0	2	F	F	F	F
	7	-0.25	0	0.25	F	F	F	F
		-0.5	0	0.5	F	F	F	F
		-1	0	1	F	F	F	F
		-2	0	2	F	F,THD,VDW	F	F,THD,VDW
	10	-0.25	0	0.25	-	F	FM,THD,VDW	F
		-0.5	0	0.5	-	F	F	F
		-1	0	1	-	F	F	F
		-2	0	2	-	F,FM,THD,VDW	F	F,FM,THD,VDW

ตารางที่ 4.17(ต่อ) สถิติทดสอบที่มีอำนาจของการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และระดับนัยสำคัญ เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จากการทดลองทั้งหมด 36 กรณี

จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลของทรีทเมนต์				ปกติ		โลจิสติก	
						α = .01	α = .05	α = .01	α = .05
4	4	-0.25	0	0	0.25	F	F	F	F
		-0.5	0	0	0.5	F	F	F	F
		-1	0	0	1	F	F	F	F
		-2	0	0	2	F	F,FM,THD,VDW	F	F,FM,THD,VDW
	7	-0.25	0	0	0.25	F	F	F	F
		-0.5	0	0	0.5	F	F	F	F
		-1	0	0	1	F	F,FM,THD,VDW	F	F,FM,THD,VDW
		-2	0	0	2	F	F,FM,THD,VDW	F	F,FM,THD,VDW
	10	-0.25	0	0	0.25	-	F	F	F
		-0.5	0	0	0.5	-	F	F	F
		-1	0	0	1	-	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW
		-2	0	0	2	-	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW

ตารางที่ 4.17(ต่อ) สถิติทดสอบที่มีอำนาจของการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และระดับนัยสำคัญ เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 จากการทดลองทั้งหมด 36 กรณี

จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลของทรีทเมนต์					ปกติ		โลจิสติก	
							α = .01	α = .05	α = .01	α = .05
5	4	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	F	F	F	F
		-1	-0.5	0	0.5	1	F	F	F	F
		-2	-1	0	1	2	F	F	F	F
		-4	-2	0	2	4	F	F	F	F,THD,VDW
	7	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	-	F,THD,VDW	THD	THD,VDW
		-1	-0.5	0	0.5	1	-	F	THD	F
		-2	-1	0	1	2	-	F,FM,THD,VDW	THD	F,FM,THD,VDW
		-4	-2	0	2	4	-	F,FM,THD,VDW	THD	F,FM,THD,VDW
	10	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	F	F	F	F
		-1	-0.5	0	0.5	1	F	F	F	F
		-2	-1	0	1	2	F	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW
		-4	-2	0	2	4	F	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW

ตารางที่ 4.18 สถิติทดสอบที่มีอำนาจของการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และระดับนัยสำคัญ เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จากการทดลองทั้งหมด 36 กรณี

จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลของทรีทเมนต์			ปกติ		โลจิสติก	
					α = .01	α = .05	α = .01	α = .05
3	4	-0.25	0	0.25	F	THD,VDW	F	THD,VDW
		-0.5	0	0.5	F	THD,VDW	F	THD,VDW
		-1	0	1	F	THD,VDW	F	THD,VDW
		-2	0	2	F	THD,VDW	F	THD,VDW
	7	-0.25	0	0.25	F	THD,VDW	F	F,THD,VDW
		-0.5	0	0.5	F	THD,VDW	F	F,THD,VDW
		-1	0	1	F	F	F	F,THD,VDW
		-2	0	2	F	F	F	F,THD,VDW
	10	-0.25	0	0.25	F	F	F	F
		-0.5	0	0.5	F	F	F	F
		-1	0	1	F	F	F	F
		-2	0	2	F	F	F	F

ตารางที่ 4.18(ต่อ) สถิติทดสอบที่มีอำนาจของการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และระดับนัยสำคัญ เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จากการทดลองทั้งหมด 36 กรณี

จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลของทรีทเมนต์				ปกติ		โลจิสติก	
						α = .01	α = .05	α = .01	α = .05
4	4	-0.5	0	0	0.5	F	F	F	F
		-1	0	0	1	F	F	F	F
		-2	0	0	2	F	F	F	F
		-4	0	0	4	F	F	F	F
	7	-0.5	0	0	0.5	F	F	F	F
		-1	0	0	1	F	F	F	F
		-2	0	0	2	F	F	F	F
		-4	0	0	4	F	F	F	F
	10	-0.5	0	0	0.5	-	F,FM	F	F
		-1	0	0	1	-	F	F	F
		-2	0	0	2	-	F	F	F
		-4	0	0	4	-	F	F	F

ตารางที่ 4.18(ต่อ) สถิติทดสอบที่มีอำนาจของการทดสอบสูงสุด ในจำนวนการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี จำแนกตามลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และระดับนัยสำคัญ เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 จากการทดลองทั้งหมด 36 กรณี

จำนวนทรีทเมนต์	จำนวนบล็อก	อิทธิพลของทรีทเมนต์					ปกติ		โลจิสติก	
							α = .01	α = .05	α = .01	α = .05
5	4	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	F	F	F	F
		-1	-0.5	0	0.5	1	F	F	F	F
		-2	-1	0	1	2	F	F	F	F
		-4	-2	0	2	4	F	F	F	F
	7	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	THD	THD,VDW	THD	THD,VDW
		-1	-0.5	0	0.5	1	THD	FM	THD	THD,VDW
		-2	-1	0	1	2	THD	VDW	THD	THD,VDW
		-4	-2	0	2	4	THD	THD,VDW	THD	THD,VDW
	10	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	F	F	F	F
		-1	-0.5	0	0.5	1	F	F	F	F
		-2	-1	0	1	2	F	F	F	F
		-4	-2	0	2	4	F	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW	F,FM,THD,VDW

จากตารางที่ 4.17-4.18 สรุปผลได้ดังนี้

1. เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 พบว่าสถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05

2. เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 พบว่าสถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ กับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อข้อมูลที่ต้องการทดสอบได้จากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้สถิติทดสอบ 4 วิธี คือสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ภายใต้สถานการณ์ดังต่อไปนี้

1. การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบปกติ และแบบโลจิสติก
2. ขนาดของแผนการทดลอง คือจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3, 4 และ 5 จำนวนบล็อกเป็น 4, 7 และ 10
3. ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเท่ากับ σ_{ε}^{2}
4. ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เป็น -0.25 0 0.25, -0.5 0 0.5, -1 0 1 และ -2 0 2 เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เป็น 3 -0.5 0 0 0.5, -1 0 0 1, -2 0 0 2 และ -4 0 0 4 เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เป็น 4 -0.5 -0.25 0 0.25 0.5, -1 -0.5 0 0.5 1, -2 -1 0 1 2 และ -4 -2 0 2 4 เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เป็น 5
5. กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 และ .05

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด ผลสรุปของการวิจัยเป็นดังนี้

ตอนที่1 ผลการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

จากการพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley ในการพิจารณาได้ผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 5.1 จำนวนครั้งที่สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และควบคุมไม่ได้จากการทดลองทั้งหมด 18 กรณี ภายใต้ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และระดับนัยสำคัญ .01

ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	เกณฑ์ของ Bradley						
	$\tau = \alpha$ $\tau \in [0.005 , 0.015]$		$\tau < \alpha$ $\tau < 0.005$		$\tau > \alpha$ $\tau > 0.015$		$\tau \neq \alpha$
	1	100	1	100	1	100	
F	6	7	3	2	0	0	5
FM	0	0	9	9	0	0	18
THD	0	1	9	8	0	0	17
VDW	0	0	9	9	0	0	18

ตารางที่ 5.2 จำนวนครั้งที่สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และควบคุมไม่ได้จากการทดลองทั้งหมด 18 กรณี ภายใต้ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และระดับนัยสำคัญ .05

ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	เกณฑ์ของ Bradley						
	$\tau = \alpha$ $\tau \in [0.025, 0.075]$		$\tau < \alpha$ $\tau < 0.025$		$\tau > \alpha$ $\tau > 0.075$		$\tau \neq \alpha$
	1	100	1	100	1	100	
F	9	9	0	0	0	0	0
FM	6	6	3	3	0	0	6
THD	8	8	1	1	0	0	2
VDW	8	8	1	1	0	0	2

จากตารางที่ 5.1 และ 5.2 พบว่าการเปรียบเทียบค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

<u>ที่ระดับนัยสำคัญ .01</u>

เมื่อความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุจำนวน 6 กรณี ส่วนสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี ไม่มีกรณีใดที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ สำหรับลักษณะที่ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่ได้นั้น จะมีลักษณะเป็น $\tau < \alpha$

สำหรับกรณีความแปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 100 สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุจำนวน 7 กรณี รองลงมาเป็น สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุจำนวน 1 กรณี ส่วนสถิติทดสอบฟรีดแมนและสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ไม่มีกรณีใดที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ สำหรับลักษณะที่ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่ได้นั้น จะมีลักษณะเป็น $\tau < \alpha$

<u>ที่ระดับนัยสำคัญ .05</u>

สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุทุกกรณี รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุจำนวน 8 กรณีเท่ากัน และสถิติทดสอบฟรีดแมนสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ จำนวน 6 กรณี ตามลำดับ สำหรับลักษณะที่ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่ได้นั้น จะมีลักษณะเป็น $\tau < \alpha$ ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 5.3 จำนวนครั้งที่สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และควบคุมไม่ได้จากการทดลองทั้งหมด 18 กรณี ภายใต้ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาตดเคลื่อนเป็น 1 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก และระดับนัยสำคัญ .01

ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	เกณฑ์ของ Bradley						
	$\tau = \alpha$ $\tau \in [0.005, 0.015]$		$\tau < \alpha$ $\tau < 0.005$		$\tau > \alpha$ $\tau > 0.015$		$\tau \neq \alpha$
	1	100	1	100	1	100	
F	8	8	1	1	0	0	2
FM	4	4	5	5	0	0	10
THD	4	4	5	5	0	0	10
VDW	3	3	6	6	0	0	12

ตารางที่ 5.4 จำนวนครั้งที่สถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และควบคุมไม่ได้จากการทดลองทั้งหมด 18 กรณี ภายใต้ความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาตดเคลื่อนเป็น 1 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก และระดับนัยสำคัญ .05

ความแปรปรวน / สถิติทดสอบ	เกณฑ์ของ Bradley						
	$\tau = \alpha$ $\tau \in [0.025 , 0.075]$		$\tau < \alpha$ $\tau < 0.025$		$\tau > \alpha$ $\tau > 0.075$		$\tau \neq \alpha$
	1	100	1	100	1	100	
F	9	9	0	0	0	0	0
FM	7	7	2	2	0	0	4
THD	9	9	0	0	0	0	0
VDW	9	9	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 5.3 และ 5.4 พบว่าการเปรียบเทียบค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

ที่ระดับนัยสำคัญ .01

สถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุจำนวน 8 กรณี สถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุจำนวน 4 กรณี รองลงมาเป็นสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุจำนวน 3 กรณี สำหรับลักษณะที่ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่ได้นั้น จะมีลักษณะเป็น $\tau < \alpha$ ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุทุกกรณี รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมนสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เท่ากับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุจำนวน 7 กรณี สำหรับลักษณะที่ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่ได้นั้น จะมีลักษณะเป็น $\tau < \alpha$ ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

ตอนที่2 ผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

เมื่อข้อมูลได้จากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ.05 ค่าความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 และ 100 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก ซึ่งการพิจารณาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีจะต้องพิจารณาจากความแกร่ง คือสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ก่อน ผลสรุปเป็นดังนี้

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 5.5 ผลสรุปจำนวนครั้งของอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญเป็น .01 และ .05 จากการทดลองทั้งหมด 36 กรณี

ระดับนัยสำคัญ	สถิติทดสอบ	ความแปรปรวน		รวม	ร้อยละ
		1	100		
.01	F	24	28	52	72.22
	FM	0	0	0	0
	THD	0	4	4	5.56
	VDW	0	0	0	0
.05	F	36	36	72	100
	FM	24	24	48	66.67
	THD	32	32	64	88.89
	VDW	32	32	64	88.89

จากตารางที่ 5.5 พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ .01 สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และที่ระดับนัยสำคัญ .05 สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอแวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากัน และสถิติทดสอบฟรีดแมนตามลำดับ

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก

ตารางที่ 5.6 ผลสรุปจำนวนครั้งของอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนเป็น 1 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญเป็น .01 และ .05 จากการทดลองทั้งหมด 36 กรณี

ระดับนัยสำคัญ	**สถิติทดสอบ**	**ความแปรปรวน**		**รวม**	**ร้อยละ**
		1	**100**		
.01	F	32	32	64	88.89
	FM	16	16	32	44.44
	THD	16	16	32	44.44
	VDW	12	12	24	33.33
.05	F	36	36	72	100
	FM	28	28	56	77.78
	THD	36	36	72	100
	VDW	36	36	72	100

จากตารางที่ 5.6 พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ .01 สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากัน และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ตามลำดับ และที่ระดับนัยสำคัญ .05 สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ มีอำนาจการทดสอบสูงสุด ซึ่งมีอำนาจการทดสอบเท่ากัน รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน

นอกจากนี้เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและแบบโลจิสติก อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี แปรผันตามจำนวนทรีทเมนต์ จำนวนบล็อก ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ และระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ทำการทดสอบ แต่แปรผันแบบผกผันกับระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

อภิปรายผล

ในการเลือกใช้สถิติทดสอบ ผู้วิจัยจำเป็นต้องพิจารณาความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และสถิติทดสอบที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด สำหรับงานวิจัยนี้เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .01 สถิติทดสอบเอฟมีความแกร่งสูงสุด คือสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ ส่วนสถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ ทั้งนี้เนื่องจากความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของตัวแบบข้อมูลที่ได้จากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จึงทำให้สถิติทดสอบเอฟมีความแกร่งสูงสุด แต่ที่ระดับนัยสำคัญ .05 สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ เมื่อจำนวนทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น (TR>3 และ BL>4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zimmerman และ Zumbo (1993) พบว่าเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ สถิติทดสอบฟรีดแมนสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ เมื่อจำนวนทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น (TR>3) นอกจากนี้อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ มีค่ามากกว่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ เมื่อขนาดของการทดลองมีขนาดเล็ก (TR=3 และ BL=4) แต่เมื่อจำนวนทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น (TR>3 และ BL>4) สถิติทดสอบเอฟ มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี โดยเฉพาะระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเกษร วัฒนชัยวณิช (2532) พบว่าสถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบฟรีดแมน เมื่อจำนวนบล็อกมากกว่าหรือเท่ากับ 5 ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น และความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อย และเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ที่ระดับนัยสำคัญ .01 สถิติทดสอบเอฟมีความแกร่งสูงสุด คือสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบฟรีดแมนสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่ากัน รองลงมาเป็นสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน แต่ที่ระดับนัยสำคัญ .05 สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติแวน เดอ แวร์ เดน นอร์มอล-สกอร์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด ซึ่งสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่ากัน รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน นอกจากนี้สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติแวน เดอ แวร์ เดน นอร์มอล-สกอร์ มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน รองลงมาเป็นสถิติทดสอบฟรีดแมน เมื่อระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อย จำนวนทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น (TR>3 และ BL>4) ทั้งนี้เนื่องจากสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ เมื่อเทียบกับสถิติทดสอบเอฟมีค่า A.R.E. มากกว่าสถิติทดสอบฟรีดแมนเทียบกับสถิติทดสอบเอฟ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Marascuilo และ Mcsweeney (1977) ที่ว่า ”…เมื่อจำนวนทรีทเมนต์มากกว่า หรือเท่ากับ 4 ควรจะใช้สถิติทดสอบนอร์มอล-สกอร์ มากกว่าสถิติ

ทดสอบฟรีดแมนในการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ เมื่อแผนการทดลองเป็นแบบวัดซ้ำ (repeated-measures design)…”

ข้อเสนอแนะ

ก. ข้อเสนอแนะเพื่อการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์

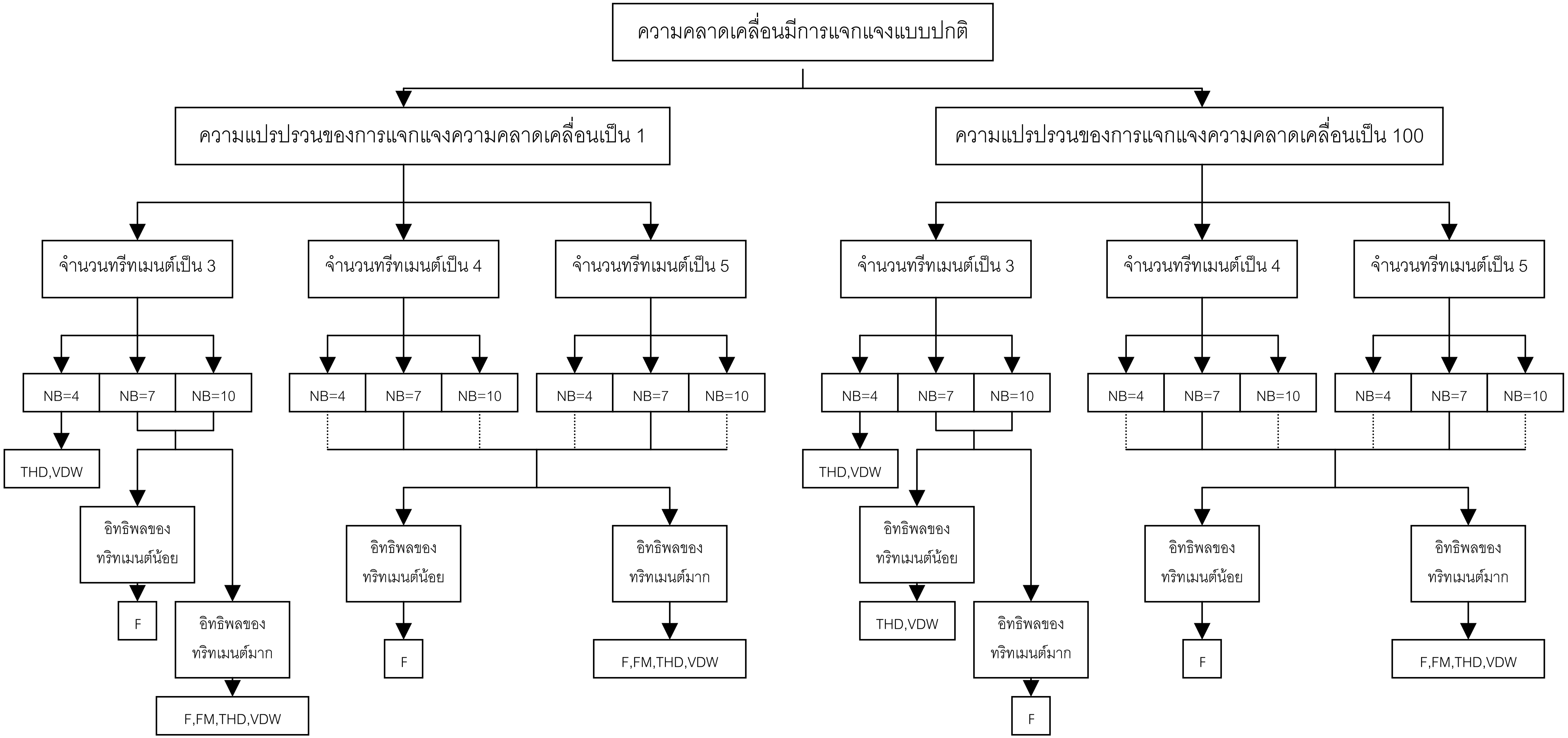
จากการทำวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอ 2 ประการดังนี้

1. เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ควรเลือกใช้สถิติทดสอบเอฟในการวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในมาตราอันตรภาค หรือมาตราอัตราส่วน เพราะพบว่าส่วนใหญ่สถิติทดสอบเอฟจะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในมาตราจัดอันดับ อย่างไรก็ตามถ้าจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น (BL>4) สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี และสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันมากขึ้น ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

2. เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ควรเลือกใช้สถิติทดสอบเอฟในการวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในมาตราอันตรภาค หรือมาตราอัตราส่วน ส่วนสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิงนอร์มอล-สกอร์ หรือสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์ เดน นอร์มอล-สกอร์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในมาตราจัดอันดับ เพราะมีความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และมีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน มากกว่าสถิติทดสอบฟรีดแมน ทุกระดับความแปรปรวนของการแจกแจงความคลาดเคลื่อน

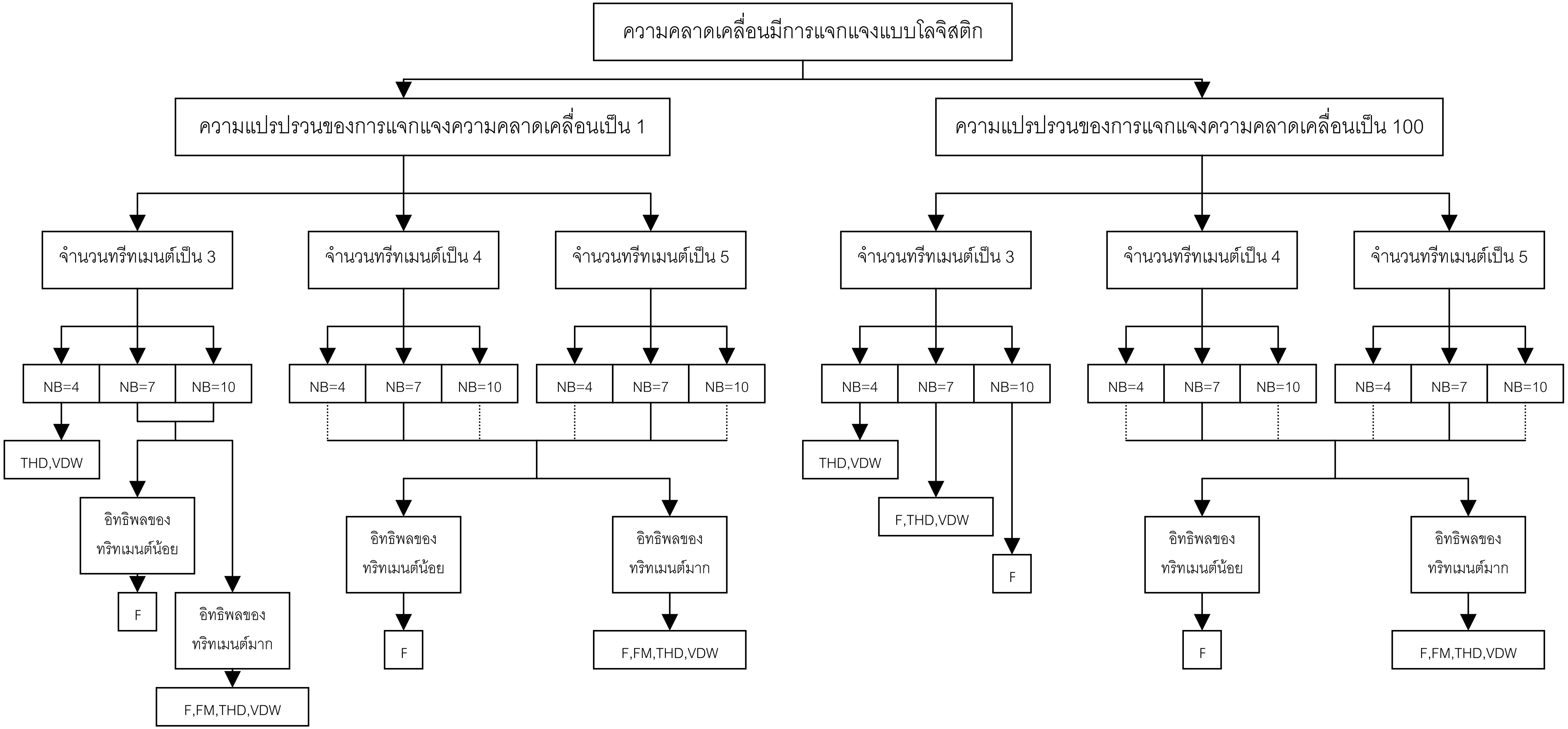
จากข้อเสนอแนะดังกล่าวสามารถแสดงได้ในรูปของแผนผัง ดังรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2

รูปที่ 5.1 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



หมายเหตุ NB แทนจำนวนบล็อก , F แทนสถิติทดสอบเอฟ , FM แทนสถิติทดสอบฟรีดแมน , THD แทนสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และVDW แทนสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์

รูปที่ 5.2 แผนผังแสดงการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติก



หมายเหตุ NB แทนจำนวนบล็อก , F แทนสถิติทดสอบเอฟ , FM แทนสถิติทดสอบฟรีดแมน , THD แทนสถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และVDW แทนสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์

ข. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์ เดน นอร์มอล-สกอร์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นลักษณะอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการแจกแจงความคลาดเคลื่อนแบบปกติ หรือแบบโลจิสติก เช่น การแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่มีลักษณะเบ้ เป็นต้น

2. ควรศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน สถิติทดสอบเทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์ เดน นอร์มอล-สกอร์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้ทรีทเมนต์ที่แตกต่างจากการเปรียบเทียบ 3 , 4 และ 5 ทรีทเมนต์

3. เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ ศึกษาข้อมูลจากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยกำหนดทรีทเมนต์ และบล็อก เป็นแบบคงที่ (Fixed-effect) ดังนั้นจึงควรศึกษางานวิจัยครั้งต่อไป ในลักษณะของทรีทเมนต์ และบล็อกแบบสุ่ม (Random-effect)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกษร วัฒนาชัยวณิช. (2532). **การทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จรัญ จันทลักขณา. (2534). **สถิติวิธีวิเคราะห์และการวางแผนงานวิจัย**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

เจิดพร หัชวณิช. (2530). **การเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรโดยวิธีพาราเมตริกและวิธีนอนพาราเมตริกบางวิธีกับแรงค์ทรานฟอร์เมชั่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไปรมา พจนพิมล. (2525). **การศึกษามอนติคาร์โล: การเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของที-เทส, วิลคอกซอน เทส,เทอรี่-โฮฟฟ์ดิง นอร์มอล-สกอร์เทส และแวนเดอแวร์เดน นอร์มอล-สกอร์เทส ภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากร 3 แบบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มยุรี จิรธนสมบัติ. (2530). **การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบแบบพาราเมตริกกับนอนพาราเมตริกซ์ในการวิเคราะห์โควาเรียนซ์ของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาดา กีระนันทน์. (2529). **หลักสถิติ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

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

Cochran,W.G. and Cox,G.M. (1957). **Experimental Design.** New York: John Wiley and Sons.

Conover,W.J. (1971). **Practical Nonparametric Statistics**. New York: John Wiley and Sons.

Conover,W.J. and Iman,R.L. (1981). Rank Transformation as a Bridge Between Parametric and Nonparametric Statistics. **The American Statistician**, **35**(3): 124–132.

Glass,G.V.,and Stanley,J.C. (1970). **Statistical Methods in Education Psychology.** Englewook Cliffs,NJ.: Prentice-Hall.

Kirk,R.E. (1995). **Experimental Design : Procedures for the Behavioral Sciences.** 3 rd ed. USA: Brooks / Cole Publishing Company .

Lee, Wayne. (1975). **Experimental Design and Analysis.** San Francisco: W.H. Freeman and Company .

Marascuilo,L.A. (1971). **Statistical Methods for Behavioral Science Research.** New York: McGraw-Hill.

Marascuilo,L.A. and Mcsweeney,M. (1977). **Nonparametric and Distribution–Free Method for the Social Sciences.** California: Brooks Cole.

Rheinheimer,D.C. and Penfield,D.A. (2001). The effects of Type I error rate and power of the ANCOVA F test and selected alternatives under nonnoramality and variance heterogeneity. **Journal of Experimental Education ,61**(1). Retrieved July 19, 2003, from http://wilsontxt.hwwilson.com/pdfhtml/02376/P14PT/5SD.htm

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

Siegel S. and Castellan,N.J. (1988). **Nonparametric Statistics for the behavioral Sciences.**USA: McGraw – Hill.

Zimmeraman,D.W. (1992). An Extension of the Rank Transformation Concept . **Journal of Experimental Education ,61**(1): 73– 80 .

Zimmeraman,D.W. and Zumbo,B.D. (1993). Relative Power of the Wilcoxon Test, the Friedman Test, and Repeated-Measurres ANOVA on rank. **Journal of Experimental Education ,62**(1): 75–86 .

ภาคผนวก

โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

โปรแกรมสำหรับคำนวณค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธี

```
program Type I Error
dimension x(3,4),tref(3),bkef(4)
integer ix,iy
real y
common ix,nt,nb
data(tref(k),k=1,3)/0,0,0/
data(bkef(i),i=1,4)/-3,0,0,3/
        nt=3
        nb=4
        amean = 100
        smean = 0.0
        sd  = sqrt(100.0)
        alpha = 0
        beta = 55.1329
        ix = 65539
do s = 1,10000,1
        do k=1,3,1
        do i=1,4,1
                !call normal (smean,sd,err)
                 call logist(alpha, beta, err)
                x(k,i) = amean + tref(k) + bkef(i) + err
        end do
        end do
call anova (x,ftr,fbk)
        if (ftr .gt.10.92) ano01 = ano01+1.0
        if (ftr .gt.5.14)   ano05 = ano05+1.0
```

```
call friedman (x,fm)
          if (fm .gt.8.00)  fm01 = fm01+1.0
          if (fm .gt.6.50)  fm05 = fm05+1.0
call terry (x,thd)
          if (thd .gt.9.21)  thd01 = thd01+1.0
          if (thd .gt.5.99)  thd05 = thd05+1.0
call vander (x,vdw)
          if (vdw .gt.9.21)  vdw01 = vdw01+1.0
          if (vdw .gt.5.99)  vdw05 = vdw05+1.0
end do

print '(A9,F7.3,A9,F7.3)' ,'ano01=', ano01,'ano05=',ano05
print '(A9,F7.3,A9,F7.3)' ,'fm01=', fm01,'fm05=',fm05
print '(A9,F7.3,A9,F7.3)' ,'thd01=', thd01,'thd05=',thd05
print '(A9,F7.3,A9,F7.3)' ,'vdw01=', vdw01,'vdw05=',vdw05

          tano01 = ano01/10000
          tano05 = ano05/10000
          tfm01  = fm01/10000
          tfm05  = fm05/10000
          tthd01 = thd01/10000
          tthd05 = thd05/10000
          tvdw01 = vdw01/10000
          tvdw05 = vdw05/1000

print '(A9,F7.3,A9,F7.3)' ,'tano01=', tano01,'tano05=',tano05
print '(A9,F7.3,A9,F7.3)' ,'tfm01=',  tfm01, 'tfm05= ',tfm05
print '(A9,F7.3,A9,F7.3)' ,'tthd01=', tthd01,'tthd05=',tthd05
print '(A9,F7.3,A9,F7.3)' ,'tvdw01=', tvdw01,'tvdw05=',tvdw05

contain
```

```
subroutine anova (x,ftr,fbk)
dimension x(3,4),sumt(4),xi(4)
common ix,nt,nb
g = 0.0
sxki2 = 0.0
sxk2 = 0.0
        do k = 1,3,1
                sumt(k) = 0.0
        do i = 1,4,1
                g = g + x(k,i)
                sxki2 = sxki2 + x(k,i)**2
                sumt(k) = sumt(k) + x(k,i)
        end do
                sxk2 = sxk2 + sumt(k)**2
        end do
        cf = (g*g)/(nt*nb)
        sst = sxki2 - cf
        sstr = sxk2/nb - cf
        sxi2 = 0.0
        do i = 1,4,1
                xi(i) = 0.0
        do k = 1,3,1
                xi(i) = xi(i) + x(k,i)
        end do
                sxi2 = sxi2 + xi(i)**2
        end do
        ssb = sxi2/nt - cf
        sse = sst - sstr - ssb
        idftr = nt - 1
        idfb =nb -1
        idfe = idftr*idfb
```

```
        idft = nt*nb-1
        dmstr = sstr / idftr
        dmsb = ssb / idfb
        dmse = sse / idfe
        ftr=dmstr/dmse
        fbk=dmsb/dmse
end subroutine

subroutine friedman (x,fm)
dimension x(3,4),rx(3,4), srtr(4)
common ix,nt,nb
        call rank (x,rx)
        srtr2=0.0
        do k =1,3,1
                srtr(k) = 0.0
        do i =1,4,1
                srtr(k)=srtr(k) + rx(k,i)
        end do
                srtr2=srtr2+srtr(k)**2.0
        end do
        div = nb*nt*(nt+1.0)
        fm =(12.0/div)*srtr2-3.0*nb*(nt+1.0)
end subroutine
```

```
subroutine terry (x,thd)
dimension x(3,4),rx(3,4),sztr(4)
real iev(3,4)
common ix,nt,nb
        call rank(x,rx)
        do k=1,3,1
        do i=1,4,1
                 if (rx(k,i).eq.1)  iev(k,i)=  0.85
                if (rx(k,i).eq.2)  iev(k,i)=  0.00
                 if (rx(k,i).eq.3)  iev(k,i)= -0.85
        end do
        end do
        szbk2 = 0
        i = 1
        do k = 1,3,1
                szbk2 = szbk2 + iev(k,i)**2
        end do
                van = szbk2/nt
                sztr2 = 0
        do k = 1,3,1
                sztr(k) = 0
        do i = 1,4,1
                sztr(k) = sztr(k) + iev(k,i)
        end do
                sztr2 = sztr2 + sztr(k)**2
        end do
        thd = (nt-1)*(sztr2)/(nt*nb*van)
end subroutine
```

```
subroutine vander (x,vdw)
dimension x(3,4),rx(3,4),sztr(4)
real ins(3,4)
common ix,nt,nb
        call rank(x,rx)
        do k=1,3,1
        do i=1,4,1
                if (rx(k,i).eq.1)  ins(k,i)=  -0.67
                if (rx(k,i).eq.2)  ins(k,i)=   0.00
                if (rx(k,i).eq.3)  ins(k,i)=   0.67
        end do
        end do
        szbk2 = 0
        i = 1
        do k = 1,3,1
                szbk2 = szbk2 + ins(k,i)**2
        end do
        van = szbk2/nt
        sztr2 = 0
        do k = 1,3,1
                sztr(k) = 0
        do i = 1,4,1
                sztr(k) = sztr(k) + ins(k,i)
        end do
                sztr2 = sztr2 + sztr(k)**2
        end do
        vdw = (nt-1)*(sztr2)/(nt*nb*van)
end subroutine
```

```
subroutine rank (x,rx)
dimension x(3,4),rx(3,4),z(3,4)
common ix,nt,nb
        do k = 1,3,1
        do i = 1,4,1
                z(k,i) = x(k,i)
        end do
        end do
        do i= 1,4,1
        do k= 1,3,1
                small = 0.0
                equal = 0.0
                do kk = 1,3,1
                        if (z(kk,i)- x(k,i).eq.0.0) then
                                equal = equal +1.0
                        else if (z(kk,i)- x(k,i).lt.0.0)then
                                small = small + 1.0
                        end if
                end do
                        if(equal.eq.0.0)then
                                rx(k,i) = small + 1.0
                        else if (equal .ne. 0.0) then
                                rx(k,i) = small + (equal +1.0)*0.5
                        end if
        end do
        end do
end subroutine
```

```
subroutine random (ix,iy,y)
        iy = ix*65539
        if(iy.lt.0) iy=iy+2147183647+1
        y= iy
        y= y*0.465661e-9
        ix=iy
end subroutine

subroutine normal (smean,sd,err)
        a = 0.0
        do l = 1,12
                call random (ix,iy,y)
                a = a + y
                err = (a-6.0)*sd+smean
        end do
end subroutine

subroutine logistic (alpha, beta, err)
common ix,nt,nb
        call random(ix, iy, y)
        if(y.ge.0) s = alog(y) - alog(1.0-y)
        err = alpha + beta*s
end subroutine

end
```

ผลการวิเคราะห์สถิติทดสอบฟรีดแมน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

Friedman Test

Ranks

	Mean Rank
COMMIT1	3.70
COMMIT2	3.20
COMMIT3	1.90
COMMIT4	1.20

Test Statistics

N	10
Chi-Square	23.880
df	3
Asymp. Sig.	.000

a Friedman Test

ผลการวิเคราะห์สถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS

The SAS System

23:17 Friday, March 14, 1997

N P A R 1 W A Y P R O C E D U R E

Van der Waerden Scores (Normal) for Variable Y

Classified by Variable TR

TR	N	Sum of Scores	Expected Under H0	Std Dev Under H0	Mean Score
1	10	8.74688095	0.0	2.49973440	0.874688095
2	10	4.73603446	0.0	2.49973440	0.473603446
3	10	-4.10684805	0.0	2.49973440	-.410684805
4	10	-9.37606736	0.0	2.49973440	-.937606736

Average Scores Were Used for Ties

CHISQ = 24.451 DF = 3 Prob > CHISQ = 0.0001

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุพัตรา ชะมะบูรณ์ เกิดเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2523 สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ ภาควิชามัธยมศึกษา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติการศึกษา ภาควิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2545