

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแปลงข้อมูลแบบปรับ
เพื่อแก้ปัญหาค่าความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับแผนแบบ

การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

EFFICIENCY COMPARISON OF ADJUSTED DATA

TRANSFORMATION METHODS ON CRD WITH

UNEQUAL VARIANCE



รุ่งโรจน์ ลาดทา

สุธิตา หาพรต

เสาวนีย์ โพธิ์ทอง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปีการศึกษา 2566

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFICIENCY COMPARISON OF ADJUSTED DATA
TRANSFORMATION METHODS ON CRD WITH
UNEQUAL VARIANCE



A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE IN APPLIED STATISTICS
DEPARTMENT OF STATISTICS, SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวงวนเวสสำหรับกรเซงานเพอการศกษาเท่านั้น ไมออนุญาตเนาไปเซประยชนดานการค้ำ
ไมว่ากรณใดๆ ทั้งสิ้น อกทั้งห้ามมิให้ดัดแอสหรือสงเอกสารทุกคร้งที่มีการเนาไปใช้

ACADEMIC YEAR 2023

หัวข้อปัญหาพิเศษ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแปลงข้อมูลแบบปรับเพื่อแก้ปัญห
 ความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์
 Efficiency Comparison of Adjusted Data Transformation
 Methods on CRD with Unequal Variance

ชื่อนักศึกษา นายรุ่งโรจน์ ลาดทา รหัสนักศึกษา 63050657
 นางสาวสุธิดา หาพรต รหัสนักศึกษา 63050680
 นางสาวเสาวนีย์ โพธิ์ทอง รหัสนักศึกษา 63050685

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชา สถิติ
ปีการศึกษา 2566
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้
 ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติ) ประจำปี
 การศึกษา 2566

| | |
|---|----------------------------|
| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
| ผศ.ดร.พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์ ประธานกรรมการ | <i>pornpimol</i> |
| ดร.อริศา จิรธรรมประดับ กรรมการ | <i>อริศา จิรธรรมประดับ</i> |
| รศ.สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา | <i>Mota</i> |

ลิขสิทธิของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|------------------|---|--------------|----------|
| หัวข้อปัญหาพิเศษ | การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแปลงข้อมูลแบบปรับเพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Efficiency Comparison of Adjusted Data Transformation Methods on CRD with Unequal Variance | | |
| ชื่อนักศึกษา | นายรุ่งโรจน์ ลาตทา | รหัสนักศึกษา | 63050657 |
| | นางสาวสุธิดา หาพรต | รหัสนักศึกษา | 63050680 |
| | นางสาวเสาวนีย์ โพธิ์ทอง | รหัสนักศึกษา | 63050685 |
| ปริญญา | วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์) | | |
| ภาควิชา | สถิติ | | |
| คณะ | วิทยาศาสตร์ | | |
| มหาวิทยาลัย | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) | | |
| ปีการศึกษา | 2566 | | |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รศ.สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง | | |

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 6 วิธี คือ วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงแบบลอการิทึม (W+Log) วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) โดยจำลองข้อมูลในแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กำหนดปัจจัยการทดลองคงตัวและจำนวนซ้ำในแต่ละวิธีทดลองเท่ากัน โดยกำหนดจำนวนทรีตเมนต์ (k) และจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ (n) เป็นดังนี้ $(k, n) = (3, 3), (3, 4), (3, 5), (5, 3), (5, 4), (5, 5), (7, 3), (7, 4), (7, 5)$ กำหนดค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย แตกต่างปานกลาง และแตกต่างกันมาก กำหนดการแจกแจงของตัวแปรตามเป็นการแจกแจงปกติ กระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็นจำนวน 100 รอบ เหนือในการเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน พิจารณาจากสัดส่วนความสำเร็จจากการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนด้วยสถิติทดสอบเลวิน นอกจากนี้ยังทำการทดสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรตามทั้งก่อนและหลังการแปลงข้อมูลด้วยสถิติทดสอบ

เอกสารนี้เข้าพีไร-วิคส์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาพบว่า วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงแบบลอการิทึม (W+Log) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) สามารถแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติได้ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันได้ ดังนั้น วิธีที่เหมาะสม คือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันและช่วยให้ข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ

คำสำคัญ : การถ่วงน้ำหนัก การแปลงข้อมูลแบบถอดรากที่สี่ การแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ การแปลงแบบลอการิทึม แผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|----------------------|--|------------|----------|
| Title | Efficiency Comparison of Adjusted Data Transformation Methods on CRD with Unequal Variance | | |
| Students | Mr. Rungrote Ladtar | Student ID | 63050657 |
| | Miss Sutida Haprot | Student ID | 63050680 |
| | Miss Saowanee Phothong | Student ID | 63050685 |
| Degree | Bachelor of Science (Applied Statistics) | | |
| Department | Statistics | | |
| School | Science | | |
| University | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) | | |
| Academic Year | 2023 | | |
| Advisor | Assoc.Prof.Saichon Sinsomboonthong | | |

Abstract

This research is to study the efficiency of six data transformation methods to deal with unequal variances. These methods are Box-Cox transformation followed by weight (BC+W), weight followed by Box-Cox transformation (W+BC), log transformation followed by weight (Log+W), weight followed by log transformation (W+Log), fourth-root transformation followed by weight (FR+W), and weight followed by fourth-root transformation (W+FR). The data are simulated using a completely randomized design (CRD) with fixed experimental factors and equal replications across all methods. Number of treatments (k) and replications (n) are as follows: $(k, n) = (3, 3), (3, 4), (3, 5), (5, 3), (5, 4), (5, 5), (7, 3), (7, 4), (7, 5)$. Normal distribution is considered. The degree of heterogeneity of variance is set to 3 levels of low, medium, and high variances. Each situation is replicated 100 times. The criteria for performance comparison are the proportion of success for tests of homogeneity using Levene's test and tests of normality using Shapiro-Wilk test for the response. These tests were conducted both before and after data transformation.

The results of this study found that the method of weight data followed by logarithmic transformation (W+Log) and the method of weight data followed by

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fourth-root transformation (W+FR) can solve non-normality issues. However, they are unable to solve the problem of unequal variance. Therefore, the appropriate methods are the Box-Cox transformation followed by weight (BC+W) and the fourth-root transformation followed by weight (FR+W), which can address the problem of unequal variance problem and help to achieve the normality of the data.

Keywords: Box-Cox Power Transformation, Completely Randomized Design, Fourth-Root Transformation, Log Transformation, Weight



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความกรุณาจาก รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ผู้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา เอื้อเพื่อเอกสารต่างๆ ที่ใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจทานแก้ไขความถูกต้องตลอดจนติดตามผลงานทุกๆ ขั้นตอนของการดำเนินงานในการทำปัญหาพิเศษนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์จึงขอขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์และดร.อริศา จิรธรรมระดับคณะกรรมการ ปัญหาพิเศษที่ตรวจสอบข้อบกพร่องและให้คำแนะนำ ที่ทำให้ปัญหาพิเศษนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ท่านคณาจารย์ภาควิชาสถิติทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้พร้อมทั้งให้คำแนะนำต่างๆ และขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติทุกท่านที่ให้ความสะดวกและความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนผู้จัดทำปัญหาพิเศษมาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่น้อง ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือการทำงานมาโดยตลอดจนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี

รุ่งโรจน์ ลาดทา
สุธิดา หาพรด
เสาวนีย์ โพธิ์ทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|---|-----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | ค |
| กิตติกรรมประกาศ..... | จ |
| สารบัญ..... | ฉ |
| สารบัญตาราง..... | ณ |
| สารบัญรูป..... | ด |
| คำย่อ/สัญลักษณ์..... | ต |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 3 |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษาของการวิจัย..... | 3 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 4 |
| 1.5 นิยามศัพท์..... | 4 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 6 |
| 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... | 6 |
| 2.1.1 แผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์..... | 6 |
| 2.1.2 การแปลงข้อมูล..... | 7 |
| 2.1.3 การทดสอบที่เกี่ยวข้อง..... | 8 |
| 2.1.3.1 สถิติทดสอบชาปิโร-วิลค์..... | 8 |
| 2.1.3.2 สถิติทดสอบเลอวิน..... | 12 |
| 2.1.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูล..... | 17 |
| 2.1.5 การแจกแจงของข้อมูล..... | 17 |
| 2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 18 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... | 22 |
| 3.1 วิธีที่นำเสนอ..... | 22 |
| 3.1.1 วิธีการแปลงข้อมูลเดิมที่ใช้..... | 22 |
| 3.1.2 วิธีการแปลงข้อมูลที่นำเสนอใหม่..... | 22 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|-----------|
| 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... | 23 |
| 3.3 ผังการดำเนินงาน..... | 31 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล..... | 32 |
| 4.1 กรณีข้อมูลมีระดับความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 33 |
| 4.1.1 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3..... | 33 |
| 4.1.2 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5..... | 37 |
| 4.1.3 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7..... | 39 |
| 4.2 กรณีข้อมูลมีระดับความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 42 |
| 4.2.1 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3..... | 42 |
| 4.2.2 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5..... | 46 |
| 4.2.3 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7..... | 49 |
| 4.3 กรณีข้อมูลมีระดับความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 52 |
| 4.3.1 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3..... | 52 |
| 4.3.2 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5..... | 55 |
| 4.3.3 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7..... | 62 |
| 4.4 สรุปผลการทดลอง..... | 63 |
| 4.4.1 สรุปผลความสามารถในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน..... | 63 |
| 4.4.2 สรุปผลความสามารถในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ..... | 64 |
| 4.5 การอภิปรายผล..... | 66 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 68 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 68 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 69 |
| 5.2.1 ด้านการนำไปใช้..... | 69 |
| 5.2.2 ด้านการทำงานวิจัยครั้งต่อไป..... | 69 |
| เอกสารอ้างอิง..... | 70 |
| ภาคผนวก..... | 73 |
| ภาคผนวก ก..... | 74 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|----------------|------|
| ภาคผนวก ข..... | 78 |
| ภาคผนวก ค..... | 80 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 2.1 | ลักษณะของข้อมูลจากแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์..... | 7 |
| 2.2 | ตัวอย่างข้อมูลในการคำนวณ ซึ่งนำผลการสร้างตัวแปร y_{ij} จากแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำเท่ากับ 3 ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย อิทธิพลการทดลอง $\tau_1 = 0, \tau_2 = 9.89, \tau_3 = 24.05, \tau_4 = 43.84$ ค่าเฉลี่ยรวม $\mu = 12$ ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติของทรีตเมนต์ที่ 1..... | 9 |
| 2.3 | ตัวแปรตามเรียงลำดับ ($y_{(i)}$) และค่า (a_i) จากตารางชาปิโร-วิลก์ ที่ $n = 12$.. | 10 |
| 2.4 | ตัวอย่างข้อมูลในการคำนวณ ซึ่งนำผลการสร้างตัวแปร y_{ij} จากแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำเท่ากับ 3 ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย อิทธิพลการทดลอง $\tau_1 = 0, \tau_2 = 9.89, \tau_3 = 24.05, \tau_4 = 43.84$ ค่าเฉลี่ยรวม $\mu = 12$ ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ..... | 13 |
| 2.5 | ค่า z_{ij} ที่ได้จากการคำนวณ..... | 14 |
| 3.1 | อัตราส่วนความแปรปรวนตามระดับความแตกต่างของความแปรปรวน..... | 24 |
| 3.2 | ค่าอิทธิพลของการทดลอง (τ_i) เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3..... | 36 |
| 3.3 | ค่าอิทธิพลของการทดลอง (τ_i) เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3..... | 27 |
| 3.4 | ค่าอิทธิพลของการทดลอง (τ_i) เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3..... | 28 |
| 3.5 | จำนวนข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ (y_{ij})..... | 29 |
| 4.1 | สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันน้อย เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3..... | 33 |
| 4.2 | สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันน้อย เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5..... | 36 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 4.3 | สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันน้อย เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7..... | 39 |
| 4.4 | สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันปานกลาง เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3..... | 42 |
| 4.5 | สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันปานกลาง เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5..... | 46 |
| 4.6 | สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันปานกลาง เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7..... | 47 |
| 4.7 | สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันมาก เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3..... | 52 |
| 4.8 | สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันมาก เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5..... | 55 |
| 4.9 | สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันมาก เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7..... | 59 |
| 4.10 | วิธีการแปลงที่ให้สัดส่วนความสำเร็จสูงสุด ในการแก้ปัญหาการความแปรปรวน..... | 63 |
| 4.11 | วิธีการแปลงที่ให้สัดส่วนความสำเร็จเฉลี่ยสูงสุด ในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ..... | 64 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 2.1 | ค่าพี (p-value) ของสถิติทดสอบชาปีโร-วิลค์ เมื่อความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 12 |
| 2.2 | ค่าสถิติทดสอบเลอวิน เมื่อความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 16 |
| 2.3 | โค้งการแจกแจงปกติ..... | 18 |
| 3.1 | แผนผังแสดงการดำเนินงานวิจัย..... | 31 |
| 4.1 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 34 |
| 4.2 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 34 |
| 4.3 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 34 |
| 4.4 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 34 |
| 4.5 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 37 |
| 4.6 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 37 |
| 4.7 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 37 |
| 4.8 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 37 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 4.9 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 7 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 40 |
| 4.10 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติเมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 40 |
| 4.11 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 40 |
| 4.12 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย..... | 40 |
| 4.13 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 44 |
| 4.14 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 44 |
| 4.15 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 44 |
| 4.16 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 44 |
| 4.17 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 47 |
| 4.18 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 47 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 4.19 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวน ทริตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 47 |
| 4.20 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวน ทริตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 47 |
| 4.21 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อ จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 7 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 50 |
| 4.22 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวน ทริตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 50 |
| 4.23 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวน ทริตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 50 |
| 4.24 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวน ทริตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง..... | 50 |
| 4.25 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อ จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 53 |
| 4.26 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวน ทริตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 53 |
| 4.27 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวน ทริตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 53 |
| 4.28 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวน ทริตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 53 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 4.29 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 57 |
| 4.30 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 57 |
| 4.31 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 57 |
| 4.32 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 57 |
| 4.33 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 61 |
| 4.34 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 61 |
| 4.35 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 61 |
| 4.36 | สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก..... | 61 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

| คำย่อ/สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
| BC+W | วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล |
| W+BC | วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ |
| Log+W | วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล |
| W+Log | วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงแบบลอการิทึม |
| FR+W | วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล |
| W+FR | วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ |
|  | เส้นกราฟของวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล |
|  | เส้นกราฟของวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ |
|  | เส้นกราฟของวิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล |
|  | เส้นกราฟของวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงแบบลอการิทึม |
|  | เส้นกราฟของวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล |
|  | เส้นกราฟของวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เป็นแผนแบบการทดลองที่หน่วยทดลองทุกหน่วยมีโอกาสหรือความน่าจะเป็นเท่าๆ กันในการได้รับทรีตเมนต์ใดทรีตเมนต์หนึ่ง ข้อดีของแผนแบบการทดลองนี้คือการวิเคราะห์ข้อมูลมีความยืดหยุ่นสูง จำนวนซ้ำมีขนาดเท่ากันหรือไม่ก็ได้ หรือแม้จะมีค่าสูญหายเกิดขึ้นการวิเคราะห์ข้อมูลยังคงทำได้โดยง่าย และมีผลกระทบน้อยกว่าแผนแบบการทดลองอื่นๆ อีกทั้งยังเหมาะสมกับกรณีที่หน่วยทดลอง (Experimental Unit) มีลักษณะเอกพันธ์ (Homogenous) หรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด โดยการวิเคราะห์ข้อมูลในแผนแบบการทดลองนี้ควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ซึ่งมีข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption) คือตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระต่อกัน และความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้รับทรีตเมนต์เหมือนกัน มีค่าคงตัวเท่ากันทุกทรีตเมนต์ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ข้อมูลจากการทดลองที่วัด (Measure) มาได้นั้น เมื่อตรวจสอบแล้วอาจพบว่าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นดังกล่าว ซึ่งส่งผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบและความไวของสถิติทดสอบ ดังนั้นนักวิจัยไม่ควรฝ่าฝืนนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์ แต่ควรหาแนวทางแก้ไขเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น หรือใช้วิธีการวิเคราะห์อื่นที่เหมาะสม ข้อสมมติเบื้องต้นประการหนึ่งที่หากนักวิจัยฝ่าฝืนจะส่งผลกระทบต่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและการสรุปผลคือปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นปัญหาที่นักวิจัยควรให้ความสำคัญและเมื่อพิจารณาถึงวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว (ญาดาภาและพาจิตชนัด, 2557) วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาคือการแปลงข้อมูล (Data Transformation)

การแปลงข้อมูลคือการแปลงค่าข้อมูลเดิมด้วยฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ค่าข้อมูลใหม่ที่ได้มีลักษณะการแจกแจงปกติ ทำได้หลายวิธี เช่น การแปลงแบบลอการิทึม (Log Transformation) การแปลงแบบรากที่สอง (Square Root Transformation) การแปลงแบบการกลับเศษส่วน (Reciprocal Transformation) การแปลงแบบเลขยกกำลัง (Power Transformation) และการแปลงแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (Box-Cox power Transformation) เป็นต้น (ธีรพงษ์และคณะ, 2560)

จากการศึกษาของสมกิต (2549) ได้ศึกษากำลังการทดสอบ (power of a test) ของการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวภายหลังการแปลงข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โลและการใช้ข้อมูลจริง โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน ค่าความเบี่ยงที่ โดยใช้สถิติทดสอบเอฟเทส วิธีการแปลง

เอกสารนี้
ไม่ว่า
ข้อมูลมี 4 วิธี ได้แก่ การแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม การแปลงแบบ
ส่วนกลับและการใช้ข้อมูลดิบ ได้สรุปเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม ทำการศึกษาเรื่องกำลัง

การทดสอบของสถิติทดสอบเอฟด้วยข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ จากการศึกษาพบว่าหากทำการแปลงแบบลอการิทึมกับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบ้ จะส่งผลให้กำลังการทดสอบเพิ่มขึ้น

ญาคดาภาและพาชิตชนันต์ (2557) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันด้วยวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์และวิธีการถ่วงน้ำหนัก โดยจะพิจารณาจากสัดส่วนความสำเร็จจากการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนด้วยสถิติทดสอบเลอวิน นอกจากนี้ยังทำการทดสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรตามทั้งก่อนและหลังการแปลงข้อมูลด้วยสถิติทดสอบซาปิโร-วิลค์ จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ทั้งแบบดั้งเดิมและแบบที่ปรับปรุงสามารถแก้ปัญหาการแจกแจงที่มีลักษณะอื่นให้มีการแจกแจงปกติได้ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันได้ วิธีการแปลงข้อมูลโดยใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักสามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันได้ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาการแจกแจงที่มีลักษณะอื่นให้มีการแจกแจงปกติได้ ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แบบดั้งเดิมร่วมกับวิธีการถ่วงน้ำหนัก ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันและการแจกแจงปกติ

ธีรพงษ์และคณะ (2560) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแปลงข้อมูลของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังน้อยทั่วไปที่ขนาดตัวอย่างและพารามิเตอร์แตกต่างกันด้วยวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ วิธีการแปลงข้อมูลแบบถอดรากที่สาม และวิธีการแปลงข้อมูลแบบถอดรากที่สี่ โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจะพิจารณาจากร้อยละการยอมรับสมมติฐานว่างจากการแปลงข้อมูลแล้วมีการแจกแจงปกติ โดยการใช้เทคนิคมอนติคาร์โล จำนวน 10,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบถอดรากที่สี่ให้ค่าร้อยละการยอมรับสมมติฐานว่างมากที่สุด

พิชชาพัสและคณะ (2563) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแปลงข้อมูลจากข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมาให้มีการแจกแจงปกติ 4 วิธี คือ วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ วิธีการแปลงข้อมูลแบบกำลัง วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ และวิธีการแปลงแบบเลขชี้กำลังของ Manly โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจะพิจารณาจากร้อยละการยอมรับสมมติฐานว่าง โดยใช้สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์และวิธีการแปลงข้อมูลแบบกำลังส่วนใหญ่ให้ประสิทธิภาพสูงในเกือบทุกสถานการณ์ นอกจากนี้วิธีการแปลงข้อมูลแบบเลขชี้กำลังของ Manly ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในกรณีตัวอย่างขนาดเล็ก ($n = 5, 10$) แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นพบว่าประสิทธิภาพการแปลงข้อมูลของวิธีการแปลงแบบเลขชี้กำลังของ Manly จะมีแนวโน้มลดลง

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้ทำวิทยานิพนธ์พิเศษสนใจที่จะศึกษาแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยปัญหาคือข้อมูลมีความแปรปรวนไม่เท่ากันและมีการแจกแจงปกติและจะใช้วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ร่วมกับวิธีการถ่วงน้ำหนัก และวิธีการถ่วงน้ำหนักร่วมกับเอกสารนี้วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันและช่วยไม่ทำให้ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ จากงานวิจัยการศึกษาของญาคดาภาและพาชิตชนันต์ (2557) โดยคณะ

ผู้ทำปัญหาพิเศษจะเสนอวิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม และจากงานวิจัยการศึกษาของธีรพงษ์และคณะ (2560) สรุปได้ว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมที่ให้ค่าร้อยละการยอมรับสมมุติฐานว่างมากที่สุด คณะผู้ทำปัญหาพิเศษจึงเสนอใช้วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมที่ร่วมกับวิธีการถ่วงน้ำหนัก และวิธีการถ่วงน้ำหนักร่วมกับวิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม เนื่องจากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดเป็นวิธีที่ให้ประสิทธิภาพที่ดี โดยคณะผู้ทำปัญหาพิเศษจะพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน และเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหการแจกแจงปกติของตัวแปรตาม จนครบทุกสถานการณ์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันและมีการแจกแจงปกติ ด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 6 วิธี คือ วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) ในแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

1.3 ขอบเขตการศึกษาของการวิจัย

กำหนดขอบเขตการศึกษาดังนี้

1.3.1 ขอบเขตด้านข้อมูล

1.3.1.1 ใช้โปรแกรม R Studio จำลองการทดลองแต่ละสถานการณ์ กำหนดการแจกแจงของตัวแปรตามเป็นการแจกแจงปกติ กระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็นจำนวน 100 รอบ

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.3.2.1 กำหนดแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และความแตกต่างของความแปรปรวน 3 ระดับ คือ ความแปรปรวนน้อย ความแปรปรวนปานกลาง และความแปรปรวนมาก

1.3.2.2 วิธีการแปลงข้อมูล 6 วิธี คือ วิธีการเดิมที่ใช้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการที่นำเสนอใหม่ 4 วิธี คือ วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
1.3.2.3 การเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันทุกประการ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรปรวนไม่เท่ากันและการแจกแจงปกติ เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 มี 2 วิธี

1) เปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันจากการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนด้วยสถิติทดสอบเลเวิน (Levene's test)

2) เปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติจากการทดสอบการแจกแจงปกติด้วยสถิติทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk's test)

1.3.3 ขอบเขตด้านเครื่องมือ

1.3.3.1 โปรแกรม R Studio V.4.3.1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันและการแจกแจงปกติ ด้วยวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR) ในแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยจะให้นักวิจัยเลือกใช้วิธีการแปลงข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันและปัญหาการแจกแจงปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 นิยามศัพท์

แผนแบบการทดลอง (Experimental Design) หมายถึง แผนแบบที่ถูกกำหนดขึ้นให้กับการทดลองเพื่อจัดทริตเมนต์ให้กับหน่วยทดลอง ทำให้หน่วยทดลองมีการตามและสามารถวัดค่าจากหน่วยทดลองได้ และทำให้การทดลองนั้นๆ ให้สารสนเทศที่สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับอิทธิพลของทริตเมนต์ได้ (จิราวัลย์, 2552)

ทริตเมนต์ (Treatment) หมายถึง ระเบียบวิธีอย่างหนึ่งซึ่งมีอิทธิพลต่อสิ่งที่ถูกกระทำ หรือสิ่งทดลองและต้องการวัดอิทธิพลนั้นๆ หรือต้องการเปรียบเทียบอิทธิพลเหล่านั้น (จิราวัลย์, 2552)

การแปลงข้อมูล (Transformation) หมายถึง การเปลี่ยนสภาพของข้อมูลที่เราศึกษาให้มีการแจกแจงปกติ หรือทำให้ความแปรปรวนมีค่าเท่ากัน (จิราวัลย์, 2552)

การแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (Box-Cox Power Transformation) หมายถึง วิธีการแปลงข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงปกติมีลักษณะข้อมูลเป็นการแจกแจงปกติ (Box and Cox, 1964)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (Logarithmic Transformation) หมายถึง วิธีการแปลงข้อมูลที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาค่าการแจกแจงปกติที่ (Napier, 1614)

การแปลงข้อมูลแบบถอดรากที่สี่ (Fourth-Root Transformation) หมายถึง วิธีการแปลงข้อมูลโดยการยกกำลังด้วยเศษหนึ่งส่วนสี่ เมื่อ y_{FR_4} คือ ข้อมูลหลังการแปลงด้วยวิธีการแปลงข้อมูลแบบถอดรากที่สี่ (Krishnamoorthy et al., 2008)

การถ่วงน้ำหนัก (Weight) หมายถึง วิธีการแปลงข้อมูลรูปแบบหนึ่ง โดยทำการถ่วงน้ำหนักด้วยส่วนกลับของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละทรีตเมนต์ เพื่อให้ตัวแปรตามในแต่ละทรีตเมนต์มีความแปรปรวนใกล้เคียงกัน (Bowerman et al., 1986)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้คณะผู้ทำปัญหาพิเศษได้นำเสนอเนื้อหาที่เน้นถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีรายละเอียดของเนื้อหาประกอบด้วยหัวข้อย่อย 2 หัวข้อ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

แผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์กำหนดให้ปัจจัยการทดลองมีผลกระทบคงที่หรือกำหนด (Fixed - Effect) และจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากัน (Balanced Design) มีตัวแบบ (Model) ดังนี้

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}; i = 1, 2, \dots, k, j = 1, 2, \dots, n$$

| | | |
|--------|--------------------|---|
| โดยที่ | y_{ij} | คือ ตัวแปรตามของหน่วยทดลองที่ j ที่ได้รับทรีตเมนต์ที่ i |
| | μ | คือ พารามิเตอร์แทนค่าเฉลี่ยรวม |
| | τ_i | คือ พารามิเตอร์แทนอิทธิพลจากปัจจัยทดลองที่ i โดยที่ $\sum \tau_i = 0$ |
| | ε_{ij} | คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของหน่วยทดลองที่ j ที่ได้รับทรีตเมนต์ที่ i |
| | k | คือ จำนวนทรีตเมนต์ |
| | n | คือ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ |

ข้อสมมติคือความคลาดเคลื่อน (ε_{ij}) เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนเป็น σ_i^2 นั่นคือ $\varepsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma_i^2)$ เมื่อ $i = 1, 2, \dots, k$ $j = 1, 2, \dots, n$ หรือในแต่ละทรีตเมนต์ $y_{ij} \sim NID(\mu + \tau_i, \sigma_i^2)$

ลักษณะของข้อมูลจากแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของข้อมูลจากแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

| หน่วยทดลอง (Experimental Unit) | ทรีตเมนต์ (Treatment) | | | | |
|---|-----------------------|----------------|----------------|-----|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | ... | k |
| 1 | y_{11} | y_{21} | y_{31} | ... | y_{k1} |
| 2 | y_{12} | y_{22} | y_{32} | ... | y_{k2} |
| 3 | y_{13} | y_{23} | y_{33} | ... | y_{k3} |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| n | y_{1n} | y_{2n} | y_{3n} | ... | y_{kn} |
| ผลรวมของตัวแปรตาม ($y_{i.}$) | $y_{1.}$ | $y_{2.}$ | $y_{3.}$ | ... | $y_{k.}$ |
| ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม ($\bar{y}_{i.}$) | $\bar{y}_{1.}$ | $\bar{y}_{2.}$ | $\bar{y}_{3.}$ | ... | $\bar{y}_{k.}$ |
| ความแปรปรวนของตัวแปรตาม ในทรีตเมนต์ที่ i (s_i^2) | s_1^2 | s_2^2 | s_3^2 | ... | s_k^2 |

2.1.2 การแปลงข้อมูล

การแปลงข้อมูลเป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเพื่อช่วยให้ข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงปกติมีลักษณะเข้าใกล้การแจกแจงปกติ และช่วยลดขนาดของความแปรปรวนให้มีความใกล้เคียงกันได้แก่

1) วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (BC) เป็นวิธีที่นำเสนอโดยบ็อกซ์และค็อกซ์ในปี 1964 ใช้สำหรับการแก้ปัญหาตัวแปรตามที่ไม่มีการแจกแจงปกติให้มีลักษณะการแจกแจงปกติ การแปลงดังกล่าวมีรูปแบบดังนี้ (Box and Cox, 1964)

$$y_{N_{ij}} = y_{ij}^{\lambda} = \begin{cases} \frac{(y_{ij}^{\lambda} - 1)}{\lambda} & ; \lambda \neq 0 \\ \log y_{ij} & ; \lambda = 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

เมื่อ λ คือ ค่าคงตัวที่ทำให้ $y_{N_{ij}}$ มีสมบัติตามข้อสมมติเบื้องต้นที่กำหนด ซึ่งมีความแปรปรวนคงตัว และค่าของ λ สามารถประมาณได้ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method) ดังนี้

$$L_{\max}(\lambda) = -\frac{1}{2} n \log \hat{\sigma}^2(\lambda) + (\lambda - 1) \sum \sum \log y_{ij}$$

เมื่อ $\hat{\sigma}^2$ คือ ความแปรปรวนที่มีค่าคงตัวเท่ากันทุกทรีตเมนต์

2) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (logarithm transformation) เป็นวิธีการแปลงข้อมูลที่ใช้สำหรับแก้ปัญหการแจกแจงปกติ การแปลงดังกล่าวมีรูปแบบดังนี้ (Napier, 1614)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 เอกสารนี้
 2) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (logarithm transformation) เป็นวิธีการแปลงข้อมูลที่ใช้สำหรับแก้ปัญหการแจกแจงปกติ การแปลงดังกล่าวมีรูปแบบดังนี้ (Napier, 1614)

$$y_{Log_{ij}} = \log_{10} y_{ij} \quad (2.2)$$

 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (Fourth-Root Transformation) เป็นวิธีการแปลงข้อมูลโดยการยกกำลังด้วยเศษหนึ่งส่วนสี่ มีรูปแบบการแปลงดังนี้ (ธีรพงษ์และคณะ, 2560)

$$y_{FR_{ij}} = y_{ij}^{\frac{1}{4}} \quad (2.3)$$

4) วิธีการถ่วงน้ำหนัก (Weight) เป็นวิธีการแปลงข้อมูลรูปแบบหนึ่ง โดยทำการถ่วงน้ำหนักด้วยส่วนกลับของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละทรีตเมนต์เพื่อให้ตัวแปรตามในแต่ละทรีตเมนต์มีความแปรปรวนใกล้เคียงกัน ช่วยลดปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน (Bowerman et al., 1986) การแปลงดังกล่าวมีรูปแบบดังนี้

$$y_{W_{ij}} = \frac{y_{ij}}{S_i} \quad (2.4)$$

2.1.3 การทดสอบที่เกี่ยวข้อง

สถิติที่ใช้ทดสอบวิธีการแปลงข้อมูลเพื่อเป็นเกณฑ์ ในการเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันและการแจกแจงปกติของตัวแปรตามในงานวิจัยนี้ ได้แก่

2.1.3.1 สถิติทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk Test) นำเสนอโดยชาปิโรและวิลค์ ในปี 1965 เป็นสถิติทดสอบที่ใช้สำหรับทดสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรตาม ในกรณีที่ทราบหรือไม่ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของประชากรก็ได้ แต่ตัวอย่างต้องมีขนาดไม่เกิน 50 หน่วย มีสมมติฐานดังนี้ (Shapiro and Wilk, 1965)

H_0 : ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ

H_1 : ตัวแปรตามไม่มีการแจกแจงปกติ

ให้ SW แทนสถิติทดสอบ มีรูปแบบการคำนวณดังนี้

$$SW = \frac{\left\{ \sum_{l=1}^m a_l (y_{n+1-l} - y_{(l)}) \right\}^2}{\sum_{l=1}^n (y_{(l)} - \bar{y})^2} \quad (2.5)$$

เมื่อ n คือ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์

$$m = \begin{cases} \frac{n}{2} & \text{เมื่อ } n \text{ เป็นเลขคู่} \\ \frac{n-1}{2} & \text{เมื่อ } n \text{ เป็นเลขคี่} \end{cases}$$

a_l คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากตารางของชาปิโร-วิลค์เมื่อ $l = 1, 2, \dots, m$

$y_{(l)}$ คือ ตัวแปรตามเรียงลำดับ (Order Dependent Variable)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานับ ไม่นองลาดให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อค่าของสถิติทดสอบ SW มากกว่าค่าวิกฤต หรือค่าพี (p-value) ของสถิติทดสอบที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนด

2.1.3.1.1 การคำนวณค่าสถิติทดสอบชาฟิโร-วิลก์ด้วยเครื่องคิดเลข

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างข้อมูลในการคำนวณ ซึ่งนำผลการสร้างตัวแปร y_{ij} จากแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวนทรีตเมนต์ $k = 3$ จำนวนซ้ำ $n = 3$ ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย อิทธิพลการทดลอง $\tau_1 = 0, \tau_2 = 9.89, \tau_3 = 24.05, \tau_4 = 43.84$ ค่าเฉลี่ยรวม $\mu = 12$ และตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ

| ลำดับที่ | y_{ij} |
|----------|----------|
| 1 | 2.6946 |
| 2 | 4.5118 |
| 3 | 3.3898 |
| 4 | 14.3325 |
| 5 | 14.8800 |
| 6 | 12.5323 |
| 7 | 26.5682 |
| 8 | 26.4212 |
| 9 | 27.0837 |
| 10 | 47.3819 |
| 11 | 46.8272 |
| 12 | 47.3507 |

จากตารางที่ 2.2 แสดงค่าของข้อมูล y_{ij} ของจำนวนทรีตเมนต์ $k = 3$ จำนวนซ้ำ $n = 3$

ขั้นตอนในการคำนวณ มีดังนี้

- เรียงลำดับตัวแปรตาม (y_{ij}) จากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด จะได้ตัวแปรตามเรียงลำดับ ($y_{(i)}$)
- นำค่าค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากตารางชาฟิโร-วิลก์ (a_i) ที่ $n = 12$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตัวแปรตามเรียงลำดับ ($y_{(l)}$) และค่า (a_l) จากตารางชาปิโร-วิลก์ (a_l) ที่ $n = 12$

| ลำดับที่ | y_{ij} | $y_{(l)}$ | a_l |
|----------|----------|-----------|--------|
| 1 | 2.6946 | 2.6946 | 0.5475 |
| 2 | 4.5118 | 3.3898 | 0.3325 |
| 3 | 3.3898 | 4.5118 | 0.2347 |
| 4 | 14.3325 | 12.5323 | 0.1586 |
| 5 | 14.8800 | 14.3325 | 0.0922 |
| 6 | 12.5323 | 14.8800 | 0.0303 |
| 7 | 26.5682 | 26.4212 | - |
| 8 | 26.4212 | 26.5682 | - |
| 9 | 27.0837 | 27.0837 | - |
| 10 | 47.3819 | 46.8272 | - |
| 11 | 46.8272 | 47.3507 | - |
| 12 | 47.3507 | 47.3819 | - |

จากตารางที่ 2.3 แสดงตัวแปรตามเรียงลำดับ ($y_{(l)}$) และค่า (a_l) จากตารางชาปิโร-วิลก์ ที่ $n = 12$ หมายถึง ค่า (a_l) ได้จากภาคผนวก ตารางที่ ก1

$$\begin{aligned}
 3. \text{ คำนวณค่า } \left\{ \sum_{l=1}^m a_l (y_{n+1-l} - y_{(l)}) \right\}^2 & \text{ จะได้} \\
 \left\{ \sum_{l=1}^m a_l (y_{n+1-l} - y_{(l)}) \right\}^2 & = \left[(0.5475)(47.3819 - 2.6946) + (0.3325)(47.3507 - 3.3898) \right. \\
 & \quad \left. + \dots + (0.0303)(26.4212 - 14.88) \right]^2 \\
 & = (52.8004)^2 \\
 & = 2,787.8854
 \end{aligned}$$

$$4. \text{ คำนวณค่า } \sum_{l=1}^n (y_{(l)} - \bar{y})^2 \text{ จะได้}$$

$$\begin{aligned}
 \sum_{l=1}^n (y_{(l)} - \bar{y})^2 & = \sum_{l=1}^n y_{(l)}^2 - \frac{\left(\sum_{l=1}^n y_{(l)} \right)^2}{n} \\
 & = (2.6946)^2 + (3.3898)^2 + \dots + (47.3819)^2 - \frac{(2.6946 + 3.3898 + \dots + 47.3819)^2}{12} \\
 & = 9,440.4036 - \frac{(273.9739)^2}{12}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับ 3,185.2568 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คำนวณค่า SW จะได้

$$\begin{aligned} SW &= \frac{\left\{ \sum_{l=1}^m a_l (y_{n+1-l} - y_{(l)}) \right\}^2}{\sum_{l=1}^n (y_{(l)} - \bar{y})^2} \\ &= \frac{2,787.8854}{3,185.2568} \\ &= 0.8752 \end{aligned}$$

6. คำนวณค่าพี (p-value) หาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ตารางที่ ก2

เมื่อ $n = 12$, $b_{12} = -3.731$, $c_{50} = 1.571$ และ $d_{50} = 0.327$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } G &= b_n + c_n \ln \left(\frac{SW - d_n}{1 - SW} \right) \\ &= -3.731 + (1.571) \ln \left(\frac{0.8752 - 0.327}{1 - 0.8752} \right) \\ &= -1.406 \\ p\text{-value} &= P(G < -1.406) \\ &= P(G < -1.41) \\ &= P(Z < -1.41) \\ &= P(Z > 1.41) \quad (\text{ภาคผนวก ตารางที่ ก3}) \\ &\approx 1 - P(Z \leq 1.41) \\ &\approx 1 - 0.9207 \approx 0.0793 \end{aligned}$$

2.1.3.1.2 การคำนวณค่าสถิติทดสอบชาปิโร-วิลค์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R Studio

1) การทดสอบว่าข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นตามเงื่อนไขที่กำหนดมีการแจกแจงปกติ

หรือไม่โดยใช้สถิติทดสอบชาปิโร-วิลค์

ทดสอบ Shapiro-Wilk

```
shapiro_results <- numeric(n)
```

```
for (sr in 1:n) { shapiro_results[sr] <- shapiro.test(c(y1[sr], y2[sr], y3[sr]))$p.value }
```

ตรวจสอบ p-value ของ Shapiro-Wilk

```
while (any(shapiro_results < 0.05) || any(y1 < 0) || any(y2 < 0) || any(y3 < 0)) {
```

```
error <- array(rnorm((k * n), 0, sd_value), dim = c(k, n))
```

```
for (i in 1:n) {
```

```
  y1[i] <- mean_value + tr[1] + (sqrt(var_ratio[1, vr]) * error[i, 1])
```

```
  y2[i] <- mean_value + tr[2] + (sqrt(var_ratio[2, vr]) * error[i, 2])
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่ ผมได้เห็นแต่แบบสงวนสิทธิ์ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y3[i] <- mean_value + tr[3] + (sqrt(var_ratio[3, vr]) * error[i, 3]) }
shapiro_results <- numeric(n)
for (sr in 1:n) { shapiro_results[sr] <- shapiro.test(c(y1[sr], y2[sr], y3[sr]))$p.value }

```

2) ใช้ `sapply` เพื่อดึงค่าพี (p-value) ออกมาจากผลลัพธ์ที่ได้จากสถิติทดสอบชาฟิโร-วิลค์ และเก็บไว้ในเวกเตอร์ `p_values_sw_min` เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลในขั้นตอนถัดไป

```

# ทดสอบ Shapiro-Wilk สำหรับแต่ละกลุ่ม
shapiro_min <- apply(y_min[, , loop], 2, shapiro.test)
p_values_sw_min <- sapply(shapiro_min, function(x) x$p.value)

```

[1] 0.07627087

รูปที่ 2.1 ค่าพี (p-value) ของสถิติทดสอบชาฟิโร-วิลค์ เมื่อความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

2.1.3.2 สถิติทดสอบเลอวี (Levene's Test) เสนอโดยเลอวีในปี 1960 ใช้สำหรับทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน k ทรีตเมนต์ โดยไม่กำหนดลักษณะการแจกแจงของตัวแปรตาม มีสมมติฐานดังนี้ (Levene, 1960)

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

$$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ โดย } i \neq j \text{ อย่างน้อย 1 คู่}$$

ให้ W แทนสถิติทดสอบ มีรูปแบบการคำนวณดังนี้

$$W = \frac{(N-k) \sum_{i=1}^k n(\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2} \quad (2.6)$$

| | | |
|--------|---------------|---|
| เมื่อ | k | คือ จำนวนทรีตเมนต์ |
| | N | คือ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองทั้งหมด |
| | n | คือ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ |
| | y_{ij} | คือ ตัวแปรตามของหน่วยทดลองที่ j ที่ได้รับทรีตเมนต์ที่ i |
| | Z_{ij} | $ y_{ij} - \bar{y}_i $ หรือ $ y_{ij} - \tilde{y}_i $ |
| โดยที่ | \bar{y}_i | คือ ตัวแปรตามเฉลี่ยของทรีตเมนต์ที่ i |
| | \tilde{y}_i | คือ ค่ามัธยฐานของตัวแปรตามทรีตเมนต์ที่ i |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในวงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\bar{z}_i คือ ค่าเฉลี่ยของ z_{ij} ของทรีตเมนต์ที่ i

จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อ $W \geq F_{\alpha, (k-1), (N-k)}$ หรือค่าพี (p-value) ของสถิติทดสอบที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

2.1.3.2.1 การคำนวณค่าสถิติทดสอบเลวินด้วยเครื่องคิดเลข

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างข้อมูลในการคำนวณ ซึ่งนำผลการสร้างตัวแปร y_{ij} จากแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวนทรีตเมนต์ $k = 3$ จำนวนซ้ำ $n = 3$ ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย อิทธิพลการทดลอง $\tau_1 = 0, \tau_2 = 9.89, \tau_3 = 24.05, \tau_4 = 43.84$ ค่าเฉลี่ยรวม $\mu = 12$ และตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ

| ลำดับที่ | y_{1j} | y_{2j} | y_{3j} |
|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 2.6946 | 2.3788 | 2.9365 |
| 2 | 4.5118 | 0.7853 | 2.9771 |
| 3 | 3.3898 | 4.1249 | 4.3348 |
| 4 | 14.3325 | 1.9559 | 16.2955 |
| 5 | 14.8800 | 3.5697 | 12.8440 |
| 6 | 12.5323 | 2.8649 | 13.8749 |
| 7 | 26.5682 | 2.0891 | 29.5409 |
| 8 | 26.4212 | 3.1580 | 28.0552 |
| 9 | 27.0837 | 2.3454 | 28.3288 |
| 10 | 47.3819 | 2.8356 | 44.9028 |
| 11 | 46.8272 | 3.4207 | 48.2376 |
| 12 | 47.3507 | 2.5998 | 48.9898 |

จากตารางที่ 2.4 แสดงค่าของข้อมูล y_{ij} ของจำนวนทรีตเมนต์ที่ 1, 2 และ 3

1. คำนวณค่า \bar{y}_i จะได้

$$\bar{y}_1 = \frac{(2.6946 + 4.5118 + \dots + 47.3507)}{12}$$

$$= 22.8312$$

$$\bar{y}_2 = \frac{(2.3788 + 0.7853 + \dots + 2.5998)}{12}$$

$$= 2.6773$$

$$\bar{y}_3 = \frac{(2.9365 + 2.9771 + \dots + 48.9898)}{12}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำนวณค่า z_{ij} จะได้

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\begin{aligned} Z_{1j} &= |y_{1j} - \bar{y}_i| \\ &= |2.6946 - 22.8312| \\ &= 20.1366 \end{aligned}$$

ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่า z_{ij} ที่ได้จากการคำนวณ

| ลำดับที่ | y_{1j} | y_{2j} | y_{3j} | Z_{1j} | Z_{2j} | Z_{3j} |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 2.6946 | 2.3788 | 2.9365 | 20.137 | 0.299 | 20.507 |
| 2 | 4.5118 | 0.7853 | 2.9771 | 18.319 | 1.892 | 20.466 |
| 3 | 3.3898 | 4.1249 | 4.3348 | 19.441 | 1.448 | 19.108 |
| 4 | 14.3325 | 1.9559 | 16.2955 | 8.499 | 0.721 | 7.148 |
| 5 | 14.8800 | 3.5697 | 12.8440 | 7.951 | 0.892 | 10.599 |
| 6 | 12.5323 | 2.8649 | 13.8749 | 10.299 | 0.188 | 9.568 |
| 7 | 26.5682 | 2.0891 | 29.5409 | 3.737 | 0.588 | 6.098 |
| 8 | 26.4212 | 3.1580 | 28.0552 | 3.590 | 0.481 | 4.612 |
| 9 | 27.0837 | 2.3454 | 28.3288 | 4.253 | 0.332 | 4.886 |
| 10 | 47.3819 | 2.8356 | 44.9028 | 24.551 | 0.158 | 21.460 |
| 11 | 46.8272 | 3.4207 | 48.2376 | 23.996 | 0.743 | 24.794 |
| 12 | 47.3507 | 2.5998 | 48.9898 | 24.520 | 0.078 | 25.547 |

จากตารางที่ 2.5 แสดงค่า z_{ij} ที่ได้จากสูตร $z_{ij} = |y_{ij} - \bar{y}_i|$

3. คำนวณค่า \bar{z}_i จะได้

$$\bar{z}_1 = \frac{(20.137 + 18.3194 + \dots + 24.5195)}{12}$$

$$= 14.1077$$

$$\bar{z}_2 = \frac{(0.2994 + 1.8920 + \dots + 0.0078)}{12}$$

$$= 0.6516$$

$$\bar{z}_3 = \frac{(20.5068 + 29.4656 + \dots + 25.5465)}{12}$$

$$= 14.5660$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คำนวณค่า $\bar{Z}_{..}$ จะได้

$$\begin{aligned}\bar{Z}_{..} &= \frac{(14.1077 + 0.6516 + 14.5660)}{3} \\ &= 9.7751\end{aligned}$$

5. คำนวณค่า $(N-k) \sum_{i=1}^k n(\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2$ จะได้

$$\begin{aligned}(N-k) \sum_{i=1}^k n(\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2 &= (36-3) \times \left[(12) \times \left((14.1077 - 9.7751)^2 + (0.6516 - 9.7751)^2 \right) \right. \\ &\quad \left. + (14.5660 - 9.7751)^2 \right] \\ &= 33 \times 1499.5488 \\ &= 49,485.1095\end{aligned}$$

6. คำนวณค่า $(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (\bar{Z}_{ij} - \bar{Z}_i)^2$ จะได้

$$\begin{aligned}(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (\bar{Z}_{ij} - \bar{Z}_i)^2 &= (3-1) \times \left((20.1366 - 14.1077)^2 + (18.3194 - 14.1077)^2 \right. \\ &\quad \left. + \dots + (25.5467 - 14.5660)^2 \right) \\ &= 2 \times 1523.9376 \\ &= 3,047.8751\end{aligned}$$

7. คำนวณค่า W จะได้

$$\begin{aligned}W &= \frac{(N-k) \sum_{i=1}^k n(\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (\bar{Z}_{ij} - \bar{Z}_i)^2} \\ &= \frac{49485.1095}{3047.8751} \\ &= 16.2358\end{aligned}$$

2.1.3.2.2 การคำนวณค่าสถิติทดสอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R Studio

1) สร้างฟังก์ชันสำหรับ Levene's Test

```
# ฟังก์ชันสำหรับ Levene's Test
```

```
levene_test_group <- function(y_group1,y_group2,y_group3, group_name) {
```

```
ni <- length(y_group1
```

```
# คำนวณค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่ม
```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรราชบุรี เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการ mean_group1 <- mean(y_group1) หรือ mean_group2 <- mean(y_group2) ในหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mean_group3 <- mean(y_group3)

# คำนวณค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ย
x_group1 <- abs(y_group1 - mean_group1)
x_group2 <- abs(y_group2 - mean_group2)
x_group3 <- abs(y_group3 - mean_group3)

# คำนวณค่ารวมของ x
x_group <- c(x_group1,x_group2,x_group3)
sum_x_group <- sum(x_group)

# คำนวณ SST, SSTR, SSE
SST_group <- sum(x_group^2) - ((sum_x_group^2) / (k*ni))
sum_sq_tr_group1 <- (sum(x_group1)^2) / ni
sum_sq_tr_group2 <- (sum(x_group2)^2) / ni
sum_sq_tr_group3 <- (sum(x_group3)^2) / ni
sum_sq_tr_group <- c(sum_sq_tr_group1,sum_sq_tr_group2,sum_sq_tr_group3)
SSTR_group <- sum(sum_sq_tr_group) - ((sum_x_group^2) / (k*ni))
SSE_group <- SST_group - SSTR_group

# คำนวณ F-statistic
f_levene_group <- (SSTR_group / (k - 1)) / (SSE_group / (k * (ni - 1)))

2) ใช้ฟังก์ชันสำหรับ Levene's Test กับทุกกลุ่ม เพื่อหาค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการ
วิเคราะห์ผลในขั้นตอนถัดไป
# ใช้ฟังก์ชันสำหรับ Levene's Test กับทุกกลุ่ม
f_levene_min <- levene_test_group(y_tr1_min,y_tr2_min,y_tr3_min)

```

[1] 16.23574

รูปที่ 2.2 ค่าสถิติทดสอบเลอวีเน่ เมื่อความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูล

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาวิธีการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน และการแจกแจงปกติของตัวแปรตามในงานวิจัยนี้ ได้แก่

1) คำนวณหาค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติของตัวแปรตามภายหลังการแปลงข้อมูลแล้วตัวแปรตามยังคงมีการแจกแจงปกติเหมือนเดิม โดยการนับจำนวนครั้งของการยอมรับสมมติฐานว่างหารด้วยจำนวนรอบ

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \text{ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ}$$

$$H_1 : \text{ตัวแปรตามไม่มีการแจกแจงปกติ}$$

$$P_{SW} = \text{จำนวนครั้งที่ยอมรับสมมติฐานว่าง } H_0 / 100$$

โดยที่ P_{SW} คือ ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติของตัวแปรตาม

2) คำนวณหาค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน ภายหลังการแปลงข้อมูล โดยการนับจำนวนครั้งของการยอมรับสมมติฐานว่างหารด้วยจำนวนรอบ

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

$$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ โดย } i \neq j \text{ อย่างน้อย 1 คู่}$$

หรือ $H_0 : \text{ความแปรปรวนทุกทรีตเมนต์เท่ากัน}$

$$H_1 : \text{ความแปรปรวนทุกทรีตเมนต์แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่}$$

$$P_L = \text{จำนวนครั้งที่ยอมรับสมมติฐานว่าง } H_0 / 100$$

โดยที่ P_L คือ ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน

2.1.5 การแจกแจงของข้อมูล

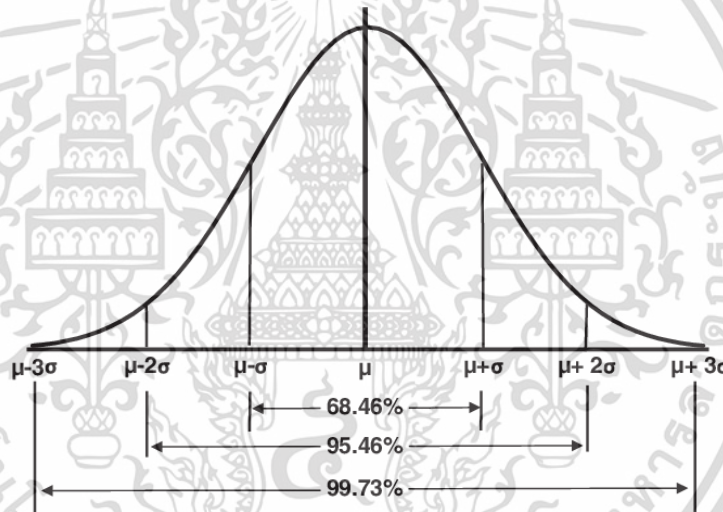
การแจกแจงของตัวแปรตามที่กำหนดให้เป็นสถานการณ์จำลองในการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันและการแจกแจงปกติด้วยวิธีการแปลงข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงปกติมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 คือ (ญาดาภาและพาชิตชนัต, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน $\frac{1}{\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ ศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$; $-\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma^2 > 0$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ใช้เอกสารนี้เพื่อแสวงหาผลประโยชน์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติของการแจกแจงปรกติมีดังนี้

- (1) เส้นโค้งมีลักษณะสมมาตร รูปร่างคล้ายระฆังคว่ำ มียอดเดียวอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นโค้ง
- (2) ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมมีค่าเท่ากันอยู่ที่จุดกึ่งกลาง จึงแบ่งพื้นที่ใต้เส้นโค้งปรกติออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน
- (3) ปลายทั้งสองข้างของเส้นโค้งจะค่อยๆ ลาดลงสู่แกน x และยื่นออกไปทั้งสองข้างโดยไม่มีที่สิ้นสุดและไม่แตะแกน x และปลายทั้งสองข้างของเส้นโค้งปรกติจะมีค่าตั้งแต่ $-\infty$ ถึง ∞ พื้นที่ใต้เส้นโค้งที่อยู่เหนือแกน x จะเท่ากับ 1
- (4) ความโด่งมีค่าเท่ากับ 3 และความเข้มีค่าเท่ากับ 0
- (5) μ และ σ^2 เป็นค่าพารามิเตอร์โดยเป็นตัวกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของเส้นและลักษณะของเส้นโค้งว่าเข้หรือโด่งอย่างไร



รูปที่ 2.3 โค้งการแจกแจงปรกติ

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shapiro and Wilk (1965) ได้นำเสนอกระบวนการทางสถิติที่นำมาใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติ และทำการเปรียบเทียบสถิติ W กับตัวสถิติอื่นๆ ซึ่งผลที่ได้คือสถิติทดสอบ W เป็นสถิติที่ใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติได้ดีที่สุดในบรรดาสถิติทดสอบทั้งหมด แต่ต้องใช้อย่างที่มีขนาดระหว่าง 3 ถึง 50 ให้กำลังการทดสอบที่ดีกว่าและมีความไวต่อการแจกแจงที่ไม่ใช่การแจกแจงปรกติ

ต่อมา Shapiro et al. (1968) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบ Empirical Sampling ของความไวของสถิติทดสอบ 9 วิธี ในการประเมินการแจกแจงปรกติของตัวอย่างสมบูรณ์ โดย สถิติ

เอกสารนี้ที่กล่าวถึงคือ... สถิติทดสอบ W (สถิติทดสอบชาฟิโร-วิลค์) สถิติทดสอบ 1 b (Standard... ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Third Moment) สถิติทดสอบ 2 b (Standard Fourth Moment) สถิติทดสอบ KS (สถิติทดสอบคอลโมโกรอฟ - สมิโนฟ) สถิติทดสอบ CM (สถิติทดสอบคราแมร์-วอน มิส เซส) สถิติทดสอบ WCM (สถิติทดสอบคราแมร์-วอน มิสเซสแบบถ่วงน้ำหนัก) สถิติทดสอบ D (สถิติทดสอบคอลโมโกรอฟ - สมิโนฟแบบปรับปรุง) สถิติทดสอบ CS (สถิติทดสอบโคสแควร์) และสถิติทดสอบ u (Studentized Range) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อการแจกแจงไม่ใช่การแจกแจงปกติ สถิติทดสอบ W มีประสิทธิภาพมากกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ที่ทำการศึกษา

Conover et al. (1981) ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของสถิติทดสอบต่างๆ จำนวน 56 สถิติทดสอบ โดยผลการวิจัยสรุปได้ว่า มีสถิติทดสอบ 3 สถิติทดสอบที่เป็นสถิติทดสอบที่ดีที่สุด คือ มีความแกร่งและมีกำลังการทดสอบสูง โดยสถิติทดสอบของเลอวินเป็นหนึ่งในสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

Royston (1982) ได้ทำการศึกษาย้ายสถิติทดสอบ W เพิ่มเติมสำหรับใช้ทดสอบการแจกแจงปกติในกรณีตัวอย่างมีขนาดใหญ่ เนื่องจากสถิติทดสอบ W ที่เสนอโดย Shapiro และ Wilk ในปี 1965 นั้น มีความเหมาะสมในการทดสอบสำหรับกรณีตัวอย่างมีขนาดระหว่าง 3 ถึง 50

ชลธิชา (2548) ได้ทำการศึกษารเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ 4 วิธี ได้แก่ สถิติทดสอบ W (Shapiro and Wilk Statistics) ซึ่งแยกศึกษา 2 กรณี คือ กรณีตัวอย่างขนาดเล็กและขนาดกลาง สถิติทดสอบนี้เสนอโดย Shapiro and Wilk (1965) และกรณีตัวอย่างขนาดใหญ่ สถิติทดสอบนี้ขยายเพิ่มเติมโดย Royston (1982) สถิติทดสอบ K^2 สถิติทดสอบ QH^* และสถิติทดสอบ G ในการวัดประสิทธิภาพของสถิติทดสอบนั้นพิจารณาจากความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ จากประชากรที่มีการแจกแจงเบต้า ที่แกมมา และโคสกำลังสอง โดยแบ่งกลุ่มการแจกแจงออกเป็น 4 ลักษณะ คือ กลุ่มการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งต่ำ กลุ่มการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งสูง กลุ่มการแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งต่ำ และกลุ่มการแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งสูง ภายใต้ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 ที่ขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50 และ 100 ผลการศึกษาพบว่าสถิติทดสอบทุกการทดสอบ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ยกเว้นสถิติทดสอบ K^2 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.01 และที่ขนาดตัวอย่าง 20 สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบโดยรวมของสถิติทดสอบ W สถิติทดสอบ QH^* และสถิติทดสอบ G พบว่าสถิติทดสอบ W มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ สถิติทดสอบ QH^* และสถิติทดสอบ G ตามลำดับ

วรรณพร (2552) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันของค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักด้วยค่าน้ำหนักที่แท้จริงและไม่ทราบค่าน้ำหนักที่แท้จริง โดยการประมาณค่าน้ำหนักจากข้อมูลที่แบ่งออกเป็น 2, 3 และ 5 กลุ่ม ผลการศึกษาเอกสารนี้พบว่าทุกขนาดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักเมื่อไม่ทราบค่าน้ำหนักที่แท้จริงโดยการประมาณค่าน้ำหนักจากข้อมูลที่แบ่งออกเป็น 3 และ 5 กลุ่ม สามารถ

แก้ปัญหาได้ดี ทั้งนี้ในกรณีที่ค่าของตัวแปรอิสระและรูปแบบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็กถึงปานกลาง และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับต่ำถึงสูง เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักเมื่อทราบค่าน้ำหนักที่แท้จริงและไม่ทราบค่าที่แท้จริงสามารถแก้ปัญหาได้ดีใกล้เคียงกัน

Gorbunova et al. (2010) ได้ทำการศึกษาความแกร่งและกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน โดยสถิติทดสอบที่สนใจศึกษา คือ สถิติทดสอบพีชเชอร์ สถิติทดสอบบาร์ตเลต สถิติทดสอบค็อกเครอน สถิติทดสอบฮาร์ตเลย์และสถิติทดสอบเลอวิน ผลการศึกษาพบว่า ในกรณีที่มีตัวอย่างมีจำนวนมากกว่า 2 กลุ่ม และอยู่ภายใต้ข้อสมมติเบื้องต้นที่ว่า ข้อมูลมีการแจกแจงปกติแล้ว สถิติทดสอบค็อกเครอนให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือสถิติทดสอบบาร์ตเลต สถิติทดสอบฮาร์ตเลย์และสถิติทดสอบเลอวิน แต่ในกรณีที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติการแจกแจงปกติ แล้วสถิติทดสอบที่ดีที่สุดคือสถิติทดสอบเลอวิน

ธนโชติ (2559) ได้ทำการศึกษาความเปรียบเทียบรูปแบบการแปลงข้อมูล และหาวิธีการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการหาค่าดัชนีความแห้งแล้งของฝนที่ต่างจากค่าปกติในการประเมินระดับความแห้งแล้ง ผลการศึกษาพบว่าในส่วนของกรจำลอง วิธีการแปลงที่เหมาะสมมากที่สุดในการแปลงข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมาให้มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติคือวิธีการแปลงข้อมูลลอการิทึม สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงลือกปกติ วิธีการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมมากที่สุดคือ วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม และสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงไวบูลวิธีการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมมากที่สุดคือ วิธีการแปลงข้อมูลแบบ Haynes

ดวงพร (2560) ได้ทำการศึกษาความทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นเอกพันธ์ของค่าความแปรปรวน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าไม่มีสถิติทดสอบตัวใดใช้ได้ผลดีที่สุดในทุกๆ กรณี โดยสถิติทดสอบมีทั้งกรณีที่ใช้พารามิเตอร์ คือ สถิติทดสอบบาร์ตเลต และสถิติทดสอบเลอวิน สถิติทดสอบโอไบรอัน และไม่ใช้พารามิเตอร์ คือ สถิติทดสอบจีนี และ ANOMV โดยศึกษาจากข้อมูลที่ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล เพื่อให้ได้ประชากร 4 ชุด และ 5 ชุด ที่มีการแจกแจงปกติ การแจกแจงปกติแบบผสม การแจกแจงเอกรูป การแจกแจงที่ การแจกแจงโคกำลังสอง การแจกแจงเลขชี้กำลัง โดยกำหนดให้มีขนาดตัวอย่างเท่ากัน (6, 16, 30, 60) และมีสัดส่วนของความแปรปรวนของประชากร 4 ชุดและ 5 ชุด เท่ากับ 1:1:2:2, 1:2:3:4, 1:1:1:4 และ 1:1:2:2:4, 1:2:3:4:5, 1:1:4:4:4 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ในกรณีประชากรมีการแจกแจงปกติ การใช้ขนาดตัวอย่างน้อยไม่ค่อยมีผลกระทบ และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าประมาณกำลังการทดสอบจากสถิติทดสอบจะใกล้เคียงกัน สถิติทดสอบเลอวิน สถิติทดสอบบาร์ตเลต 2 และสถิติทดสอบโอไบรอัน มีความแกร่งมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และกำลังการทดสอบ พบว่าเมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ สถิติทดสอบจีนีและสถิติทดสอบบาร์ตเลต 1 ให้ผลดีเอกสารนี้ที่สุด เมื่อประชากรมีการแจกแจงในรูปแบบอื่น สถิติทดสอบเลอวินให้ผลดีที่สูด นอกจากนี้นี้ยังพบว่าไม่ว่าการเมื่อประชากรมีการแจกแจงโคกำลังสองและการแจกแจงปกติแบบผสม สถิติทดสอบบาร์ตเลต 2

และสถิติทดสอบเลวินให้ผลดีที่สุด เมื่อประชากรมีการแจกแจงเอกรูปและการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง สถิติทดสอบแฉีกไนท์ และสถิติทดสอบเลวินให้ผลดีที่สุด

ลัคนา (2563) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแปลงทั้ง 6 วิธี ได้แก่ การถอดรอกที่สอง การใช้ลอการิทึมฐานสิบ การใช้ส่วนกลับ การแปลงบ็อกซ์-ค็อกซ์ การแปลงเลขชี้กำลัง และการแปลงย่อ-จอห์นสัน ผลการวิจัย ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า การแปลงข้อมูลบ็อกซ์-ค็อกซ์ สามารถแปลงข้อมูล ให้มีความสมมาตรและการแจกแจงปกติ การแปลงข้อมูลบ็อกซ์-ค็อกซ์ สามารถใช้ได้กับความเบ้ทุกระดับ แต่ข้อเสียคือใช้ได้กับข้อมูลที่มีค่ามากกว่าศูนย์เท่านั้น และวิธีการแปลงแบบลอการิทึม สามารถแปลงข้อมูลการลงทุนฯ ของประเทศกัมพูชา และประเทศเมียนมาร์ให้มีความสมมาตรและการแจกแจงปกติได้

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวน วิธีการทดสอบที่มีความเหมาะสมในเกือบทุกกรณี คือ วิธีสถิติทดสอบเลวิน สำหรับการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน วิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและมีประสิทธิภาพ คือ วิธีการแปลงข้อมูลบ็อกซ์-ค็อกซ์ วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม วิธีการแปลงข้อมูลถอดรอกที่สี่และวิธีการถ่วงน้ำหนัก และสถิติทดสอบที่ใช้ได้ดีในการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล คือ สถิติทดสอบชาปิโร-วิลก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วิธีที่นำเสนอ

3.1.1 วิธีการแปลงข้อมูลเดิมที่ใช้

1) วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) ซึ่งมีรูปแบบการแปลงข้อมูลดังนี้ (ญาดาภาและพาชิตชนิต, 2557)

$$y_{NW_{ij}} = \frac{y_{N_{ij}}}{S_i} \quad (3.1)$$

โดยที่ $y_{N_{ij}}$ คือ ค่า y_{ij} ที่ได้จากการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ตามสมการ (2.1)

$y_{NW_{ij}}$ คือ ค่า $y_{N_{ij}}$ ที่ได้จากการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ แล้วจากนั้นนำข้อมูลไปถ่วงน้ำหนักตามสมการ (2.4)

2) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) ซึ่งมีรูปแบบการแปลงข้อมูลดังนี้ (ญาดาภาและพาชิตชนิต, 2557)

$$y_{WN_{ij}} = \begin{cases} \frac{(y_{W_{ij}}^\lambda - 1)}{\lambda} & ; \lambda \neq 0 \\ \log y_{W_{ij}} & ; \lambda = 0 \end{cases} \quad (3.2)$$

โดยที่ $y_{W_{ij}}$ คือ ค่า y_{ij} ที่ทำการถ่วงน้ำหนักตามสมการ (2.4)

$y_{WN_{ij}}$ คือ ค่า $y_{N_{ij}}$ ที่ทำการถ่วงน้ำหนักตามสมการ แล้วจากนั้นนำข้อมูลมาแปลงโดยใช้การแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ ตามสมการ (2.1)

3.1.2 วิธีการแปลงข้อมูลที่น่าสนใจใหม่

1) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) ซึ่งมีรูปแบบการแปลงข้อมูลดังนี้

$$y_{LogW_{ij}} = \frac{y_{Log_{ij}}}{S_i} \quad (3.3)$$

โดยที่ $y_{Log_{ij}}$ คือ ค่า y_{ij} ที่ได้จากการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วตามสมการ (2.2)

$y_{LogW_{ij}}$ คือ ค่า $y_{Log_{ij}}$ ที่ได้จากการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วตามสมการ แล้วจากนั้นนำข้อมูลไปถ่วงน้ำหนักตามสมการ (2.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) ซึ่งมีรูปแบบการแปลงข้อมูลดังนี้

$$y_{WLog_{ij}} = \log_{10} y_{W_{ij}} \quad (3.4)$$

โดยที่ $y_{W_{ij}}$ คือ ค่า y_{ij} ที่ทำการถ่วงน้ำหนักตามสมการ (2.4)

$y_{WLog_{ij}}$ คือ ค่า $y_{N_{ij}}$ ที่ทำการถ่วงน้ำหนักตามสมการ แล้วจากนั้นนำข้อมูลมาแปลงโดยใช้การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วตามสมการ (2.2)

3) วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) ซึ่งมีรูปแบบการแปลงข้อมูลดังนี้

$$y_{FRW_{ij}} = \frac{y_{FR_{ij}}}{S_i} \quad (3.5)$$

โดยที่ $y_{FR_{ij}}$ คือ ค่า y_{ij} ที่ได้จากการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ตามสมการ (2.3)

$y_{FRW_{ij}}$ คือ ค่า $y_{N_{ij}}$ ที่ได้จากการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ตามสมการ แล้วจากนั้นนำข้อมูลไปถ่วงน้ำหนักตามสมการ (2.4)

4) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) ซึ่งมีรูปแบบการแปลงข้อมูลดังนี้

$$y_{WFR_{ij}} = y_{W_{ij}}^{\frac{1}{4}} \quad (3.6)$$

โดยที่ $y_{W_{ij}}$ คือ ค่า y_{ij} ที่ทำการถ่วงน้ำหนักตามสมการ (2.4)

$y_{WFR_{ij}}$ คือ ค่า $y_{N_{ij}}$ ที่ทำการถ่วงน้ำหนักตามสมการ แล้วจากนั้นนำข้อมูลมาแปลงโดยใช้การแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ตามสมการ (2.3)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะดำเนินตามขั้นตอนโดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยให้ปัจจัยการทดลองมีผลกระทบคงที่หรือกำหนด (Fixed - Effect) และจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากัน (Balanced Design)

2) กำหนดจำนวนทรีตเมนต์ (k) และจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ (n) คือ (k, n) = (3, 3), (3, 4), (3, 5), (5, 3), (5, 4), (5, 5), (7, 3), (7, 4), (7, 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กำหนดค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย ความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก โดยกำหนดความแตกต่างของความแปรปรวนได้ดังนี้ (พุทธธิดา, 2552)

$$\psi = \max \left[\frac{\sigma_i^2}{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2} \right] - \min \left[\frac{\sigma_i^2}{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2} \right] \quad (3.7)$$

โดยที่ σ_i^2 คือ ความแปรปรวนในทรีตเมนต์ที่ i ในกรณีที่จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 5 และ 7 สามารถกำหนดอัตราส่วนความแปรปรวนในแต่ละระดับได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนความแปรปรวนตามระดับความแตกต่างของความแปรปรวน

| จำนวนทรีตเมนต์ (k) | ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน | อัตราส่วนความแปรปรวน | ค่าผลต่างความแปรปรวน (ψ) |
|--------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 3 | น้อย | 1:1:2 | 0.25 |
| | ปานกลาง | 1:2:3 | 0.33 |
| | มาก | 1:3:6 | 0.50 |
| 5 | น้อย | 1:1:1:2:2 | 0.14 |
| | ปานกลาง | 1:1:2:2:5 | 0.36 |
| | มาก | 1:1:2:2:10 | 0.56 |
| 7 | น้อย | 1:1:1:1:1:2:2 | 0.11 |
| | ปานกลาง | 1:1:1:2:2:2:7 | 0.38 |
| | มาก | 1:1:1:2:2:2:14 | 0.57 |

หมายเหตุ หาค่า (ψ) ของจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อยจากสมการ (3.7) เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากับ 1:1:2 จะได้

$$\begin{aligned} \psi &= \left[\frac{2}{1+1+2} \right] - \left[\frac{1}{1+1+2} \right] \\ &= 0.5 - 0.25 \\ &= 0.25 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 3.1 จะสรุปได้ว่า ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย หมายถึง ที่ $k = 3$ ความแปรปรวนของกลุ่มที่ได้รับทรีตเมนต์ต่างกันมีอัตราส่วน เป็น 1:1:2 ส่วนที่ $k = 5$ ความแปรปรวนของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ได้รับทริตเมนต์ต่างกันมีอัตราส่วนเป็น 1:1:1:2:2 และที่ $k = 7$ ความแปรปรวนของกลุ่มที่ได้รับทริตเมนต์ต่างกันมีอัตราส่วนเป็น 1:1:1:1:1:2:2

ความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง หมายถึง ที่ $k = 3$ ความแปรปรวนของกลุ่มที่ได้รับทริตเมนต์ต่างกันมีอัตราส่วนเป็น 1:2:3 ส่วนที่ $k = 5$ ความแปรปรวนของกลุ่มที่ได้รับทริตเมนต์ต่างกันมีอัตราส่วนเป็น 1:1:2:2:5 และที่ $k = 7$ ความแปรปรวนของกลุ่มที่ได้รับทริตเมนต์ต่างกันมีอัตราส่วนเป็น 1:1:1:2:2:2:7

ความแปรปรวนแตกต่างกันมาก หมายถึง ที่ $k = 3$ ความแปรปรวนของกลุ่มที่ได้รับทริตเมนต์ต่างกันมีอัตราส่วนเป็น 1:3:6 ส่วนที่ $k = 5$ ความแปรปรวนของกลุ่มที่ได้รับทริตเมนต์ต่างกันมีอัตราส่วนเป็น 1:1:2:2:10 และที่ $k = 7$ ความแปรปรวนของกลุ่มที่ได้รับทริตเมนต์ต่างกันมีอัตราส่วนเป็น 1:1:1:2:2:2:14

ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติและมีความแปรปรวนแต่ละทริตเมนต์ไม่เท่ากัน กำหนดความแตกต่างโดยใช้ความแตกต่างของสัดส่วนความแปรปรวน (ψ) 3 ระดับ คือ (พุทธธิตา, 2552)

(1) ความแตกต่างของความแปรปรวนแต่ละทริตเมนต์มีความแตกต่างกันน้อย โดย ψ มีค่าอยู่ระหว่าง (0.0, 0.32]

(2) ความแตกต่างของความแปรปรวนแต่ละทริตเมนต์มีความแตกต่างกันปานกลาง โดย ψ มีค่าอยู่ระหว่าง (0.33, 0.49]

(3) ความแตกต่างของความแปรปรวนแต่ละทริตเมนต์มีความแตกต่างกันมาก โดย ψ มีค่าอยู่ระหว่าง (0.50, 1]

4) สร้างอิทธิพลของทริตเมนต์ (τ_i) ให้มีความแตกต่างกัน โดยพิจารณา $\sum_{i=1}^k \tau_i = 0$ และใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของทริตเมนต์ (ϕ) เป็นตัวกำหนด ได้ดังนี้ (พุทธธิตา, 2552)

$$\phi = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^k \tau_i^2}{k \sigma^2}} \quad (3.8)$$

เมื่อ σ^2 คือ ค่าผลรวมของความแปรปรวน k ทริตเมนต์ โดยสามารถคำนวณจาก $\sigma^2 = \sum_{i=1}^k \sigma_i^2$ ซึ่งจะกำหนดความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของแต่ละทริตเมนต์เป็น 3 ระดับ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีตเมนต์มีความแตกต่างกันน้อย ค่า ϕ อยู่ระหว่าง $[0.1, 1.5)$ ในที่นี้ คณะผู้ทำปัญหาพิเศษกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของทรีตเมนต์ (ϕ) เท่ากับ 0.7

(2) ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีตเมนต์มีความแตกต่างกันปานกลาง ค่า ϕ อยู่ระหว่าง $[1.5, 3.0)$ ในที่นี้ คณะผู้ทำปัญหาพิเศษกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของทรีตเมนต์ (ϕ) เท่ากับ 1.7

(3) ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีตเมนต์มีความแตกต่างกันมาก ค่า ϕ มีค่าตั้งแต่ 3.0 ขึ้นไป ในที่นี้ คณะผู้ทำปัญหาพิเศษกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของทรีตเมนต์ (ϕ) เท่ากับ 3.1

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของทรีตเมนต์ (ϕ) ในงานวิจัยนี้จะกำหนดตาม (พุทธิธิดา, 2552) คือค่า ϕ คือ 0.7, 1.7 และ 3.1

ในกรณีที่จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 สามารถกำหนดค่าอิทธิพลของการทดลองได้จาก

$$\tau_i = \sqrt{\frac{k}{2n}} \phi^2 \sigma^2 \times \left[-\left(\frac{k+1}{2}\right) + i \right] \quad (3.9)$$

ตารางที่ 3.2 ค่าอิทธิพลของการทดลอง (τ_i) เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3

| ระดับความแตกต่าง ของความแปรปรวน | อัตราส่วน ความแปรปรวน | σ^2 | ค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของทรีตเมนต์ (ϕ) | | | |
|------------------------------------|--------------------------|------------|---|-------|-------|-------|
| | | | 0 | 0.7 | 1.7 | 3.1 |
| น้อย | 1:1:2 | 400 | 0 | 9.89 | 24.04 | 43.84 |
| ปานกลาง | 1:2:3 | 600 | 0 | 12.12 | 29.44 | 53.69 |
| มาก | 1:3:6 | 1000 | 0 | 15.65 | 38.01 | 69.32 |

หมายเหตุ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 ในการสร้างข้อมูล (y_{ij}) 1 ชุด จะใช้ค่าอิทธิพลของการทดลอง (τ_i) ทั้งหมด 1 ค่า

การหาค่า σ^2 ของความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย ได้จากค่าอัตราส่วนความแปรปรวน คือ $\sigma^2 = (1+1+2) \times 100 = 400$

ส่วนการหาค่า σ^2 ของความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลางและมาก ก็สามารถหาได้จากเอกสารนี้ทำนองเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 สามารถกำหนดค่าอิทธิพลของการทดลองได้จาก

$$\tau_i = \sqrt{\frac{k}{10n}} \phi^2 \sigma^2 \times \left[-\left(\frac{k+1}{2}\right) + i \right] \quad (3.10)$$

ตารางที่ 3.3 ค่าอิทธิพลของการทดลอง (τ_i) เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3

| ระดับความแตกต่าง ของความแปรปรวน | อัตราส่วน ความแปรปรวน | σ^2 | ค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของทรีตเมนต์ (ϕ) | | | |
|------------------------------------|--------------------------|------------|---|-----------------|-----------------|------------------|
| | | | 0 | 0.7 | 1.7 | 3.1 |
| น้อย | 1:1:1:2:2 | 700 | 0, 0 | 7.56, 15.12 | 18.36, 36.72 | 33.48, 66.97 |
| ปานกลาง | 1:1:2:2:5 | 1100 | 0, 0 | 9.48, 18.96 | 23.02, 46.04 | 41.97, 83.95 |
| มาก | 1:1:2:2:10 | 1600 | 0, 0 | 11.43, 22.86 | 27.76, 55.52 | 50.62, 101.25 |

หมายเหตุ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 ในการสร้างข้อมูล (y_{ij}) 1 ชุด จะใช้ค่าอิทธิพลของการทดลอง (τ_i) ทั้งหมด 2 ค่า

การหาค่า σ^2 ของความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย ได้จากค่าอัตราส่วนความแปรปรวน คือ $\sigma^2 = (1+1+1+2+2) \times 100 = 700$

ส่วนการหาค่า σ^2 ของความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลางและมาก ก็สามารถหาได้จากทำนองเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 สามารถกำหนดค่าอิทธิพลของการทดลองได้จาก

$$\tau_i = \sqrt{\frac{k}{28n}} \phi^2 \sigma^2 \times \left[-\left(\frac{k+1}{2}\right) + i \right] \quad (3.11)$$

ตารางที่ 3.4 ค่าอิทธิพลของการทดลอง (τ_i) เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3

| ระดับความแตกต่าง ของความแปรปรวน | อัตราส่วน ความแปรปรวน | σ^2 | ค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของทรีตเมนต์ (ϕ) | | | |
|------------------------------------|--------------------------|------------|---|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | 0 | 0.7 | 1.7 | 3.1 |
| น้อย | 1:1:1:1:1:2:2 | 900 | 0, 0, 0 | 6.06, 12.12, 18.19 | 14.72, 29.45, 44.17 | 26.85, 53.69, 80.54 |
| ปานกลาง | 1:1:1:2:2:2:7 | 1600 | 0, 0, 0 | 8.08, 16.17, 24.25 | 19.63, 39.26, 58.89 | 35.79, 71.59, 107.39 |
| มาก | 1:1:1:2:2:2:14 | 2300 | 0, 0, 0 | 9.69, 19.38, 29.07 | 23.54, 47.07, 70.60 | 42.92, 85.84, 128.75 |

หมายเหตุ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 ในการสร้างข้อมูล (y_{ij}) 1 ชุด จะใช้ค่าอิทธิพลของการทดลอง (τ_i) ทั้งหมด 3 ค่า

การหาค่า σ^2 ของความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย ได้จากค่าอัตราส่วนความแปรปรวน คือ $\sigma^2 = (1+1+1+1+1+2+2) \times 100 = 900$

ส่วนการหาค่า σ^2 ของความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลางและมาก ก็สามารถหาได้จากทำนองเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.4

- 5) กำหนดค่าเฉลี่ยรวมคงที่ $\mu = 12$
- 6) กำหนดการแจกแจงของตัวแปรตามเป็นการแจกแจงปรกติ
- 7) กำหนดระดับนัยสำคัญที่ทำการทดลองเป็น 0.05
- 8) จำลองข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนด สามารถหาจำนวนของข้อมูล ($n_{y_{ij}}$) ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ของนักศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น (3.12)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

เมื่อ $n_{y_{ij}}$ คือ จำนวนของข้อมูล
 k คือ จำนวนทรีตเมนต์
 n คือ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์
 n_{r_i} คือ จำนวนของอิทธิพลของการทดลอง
 จำนวนของข้อมูล ($n_{y_{ij}}$) จากการจำลองตามสถานการณ์ต่างๆ ที่กำหนดได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 จำนวนทรีตเมนต์ จำนวนซ้ำ จำนวนชุดของข้อมูล ระดับความแตกต่างของความแปรปรวน และจำนวนข้อมูลที่ได้จากการจำลองตามสถานการณ์ (y_{ij})

| จำนวนทรีตเมนต์ (k) | จำนวนซ้ำ (n) | จำนวนของ อิทธิพลของการ ทดลอง (n_{r_i}) | จำนวนของข้อมูล ($n_{y_{ij}}$) ตามระดับความแปรปรวน | | | จำนวนของ ข้อมูล ($n_{y_{ij}}$) |
|-----------------------|-----------------|--|--|---------|-----|-------------------------------------|
| | | | น้อย | ปานกลาง | มาก | |
| 3 | 3 | 12 | 36 | 36 | 36 | 108 |
| | 4 | 12 | 48 | 48 | 48 | 144 |
| | 5 | 12 | 60 | 60 | 60 | 180 |
| 5 | 3 | 12 | 60 | 60 | 60 | 180 |
| | 4 | 12 | 80 | 80 | 80 | 240 |
| | 5 | 12 | 100 | 100 | 100 | 300 |
| 7 | 3 | 12 | 84 | 84 | 84 | 252 |
| | 4 | 12 | 112 | 112 | 112 | 336 |
| | 5 | 12 | 140 | 140 | 140 | 420 |

จากตารางที่ 3.5 จะแสดงจำนวนของข้อมูล ($n_{y_{ij}}$) ที่ได้จากสมการ (3.12) ซึ่งได้จากการจำลองตามสถานการณ์ เช่น เมื่อกำหนดจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนชุดของข้อมูลเท่ากับ 12 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย ปานกลาง และมาก คือ $3 \times 3 \times 12 = 108$ จะได้จำนวนของข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

9) นำข้อมูลที่ทำการจำลองได้ไปแปลงโดยวิธีการแปลงข้อมูล โดยใช้รูปแบบวิธีการแปลงข้อมูลที่นำเสนอใหม่กับวิธีการแปลงข้อมูลเดิมที่ใช้ตามสมการทั้ง 6 วิธี

10) การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

11) การทดสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรตาม

12) กระทำซ้ำ 100 รอบ ในแต่ละสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) คำนวณหาค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน ภายหลังจากการแปลงข้อมูล โดยการนับจำนวนครั้งของการยอมรับสมมติฐานว่างหารด้วยจำนวนรอบ

14) คำนวณหาค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติของตัวแปรตาม ภายหลังจากการแปลงข้อมูลแล้วตัวแปรตามยังคงมีการแจกแจงปกติเหมือนเดิม โดยการนับจำนวนครั้งของการยอมรับสมมติฐานว่างหารด้วยจำนวนรอบ

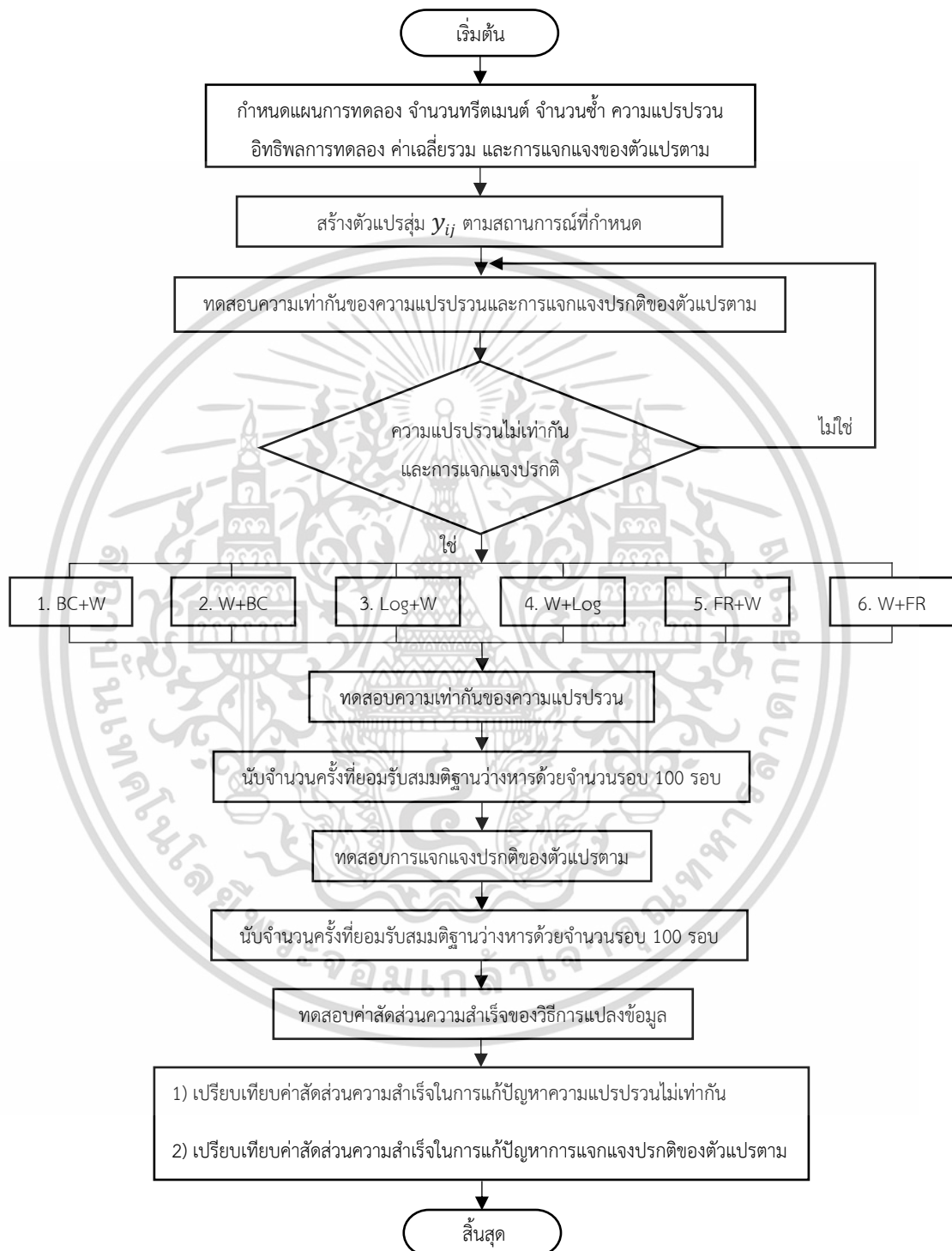
15) เปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติของตัวแปรตาม

ในการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน พิจารณาจากค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน (P_L) ที่มีค่าสูงที่สุด แสดงว่าวิธีการแปลงนั้นมีความเหมาะสมในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ส่วนในการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติของตัวแปรตาม พิจารณาจากค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติของตัวแปรตาม (P_{SW}) ที่มีค่าสูงที่สุด แสดงว่าวิธีการแปลงนั้นมีความเหมาะสมในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติของตัวแปรตาม

3.3 ผังการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันด้วยวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ และวิธีการถ่วงน้ำหนัก โดยใช้โปรแกรม R Studio ซึ่งเป็นโปรแกรมทางสถิติในการจำลองข้อมูล กำหนดจำนวนทรีตเมนต์ (k) และจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ (n) คือ $(k, n) = (3, 3), (3, 4), (3, 5), (5, 3), (5, 4), (5, 5), (7, 3), (7, 4), (7, 5)$ กำหนดค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเป็น 0.05 นอกจากนี้ยังกำหนดการแจกแจงของตัวแปรตามให้เป็นการแจกแจงปกติและกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็นจำนวน 100 รอบ จากนั้นนำข้อมูลที่จำลองได้ไปแปลงโดยวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงแบบลอการิทึม (W+Log) วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) นำข้อมูลที่แปลงแล้วไปทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน โดยเกณฑ์ที่ใช้จะพิจารณาจากสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน และการแจกแจงปกติของข้อมูล ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

การกำหนดสัญลักษณ์แทนตัวสถิติทดสอบได้แก่

| | | |
|-------|---------|--|
| BC+W | หมายถึง | วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล |
| W+BC | หมายถึง | วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ |
| Log+W | หมายถึง | วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล |
| W+Log | หมายถึง | วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม |
| FR+W | หมายถึง | วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล |
| W+FR | หมายถึง | วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

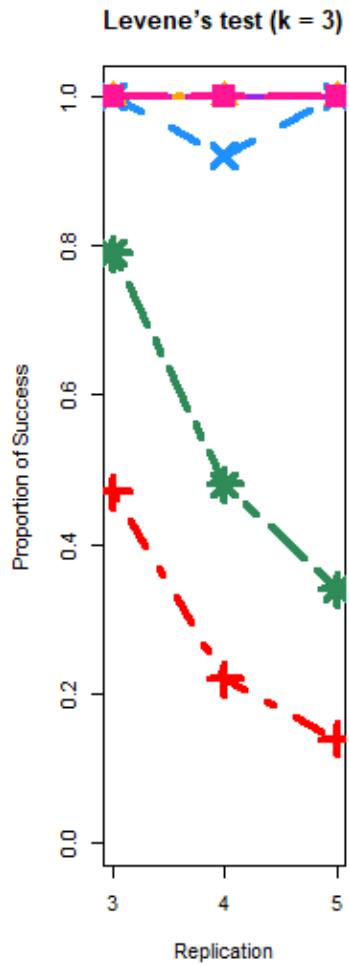
4.1 กรณีข้อมูลมีระดับความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

4.1.1 จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 3

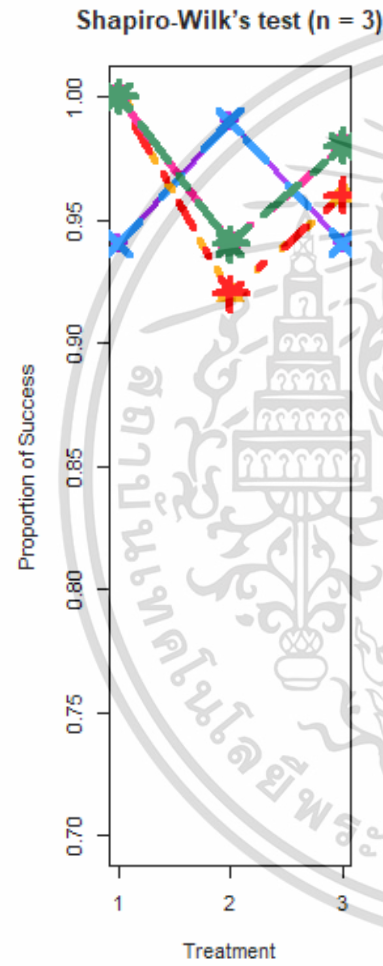
ตารางที่ 4.1 สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันน้อย

| จำนวนซ้ำ | สมมติฐานการทดสอบ | | วิธีการแปลงข้อมูล | | | | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|
| | | | BC+W | W+BC | Log+W | W+Log | FR+W | W+FR |
| 3 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.47 | 1.0 | 0.79 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.94 | 0.94 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.99 | 0.99 | 0.92 | 0.92 | 0.94 | 0.94 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.94 | 0.94 | 0.96 | 0.96 | 0.98 | 0.98 |
| 4 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 0.92 | 1.0 | 0.22 | 1.0 | 0.48 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.89 | 0.89 | 0.97 | 0.97 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.97 | 0.97 | 0.81 | 0.81 | 0.90 | 0.90 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.91 | 0.91 | 0.93 | 0.93 | 0.98 | 0.98 |
| 5 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.14 | 1.0 | 0.34 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.74 | 0.74 | 0.93 | 0.93 | 0.96 | 0.96 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.96 | 0.96 | 0.81 | 0.81 | 0.87 | 0.87 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.89 | 0.89 | 0.78 | 0.78 | 0.90 | 0.90 |

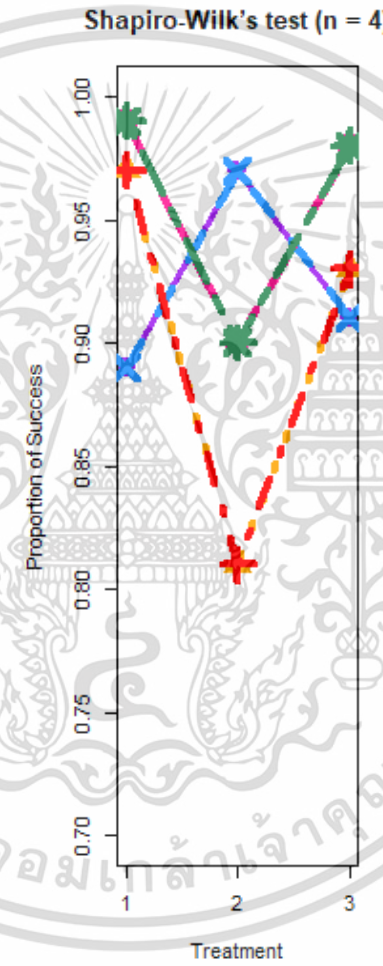
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



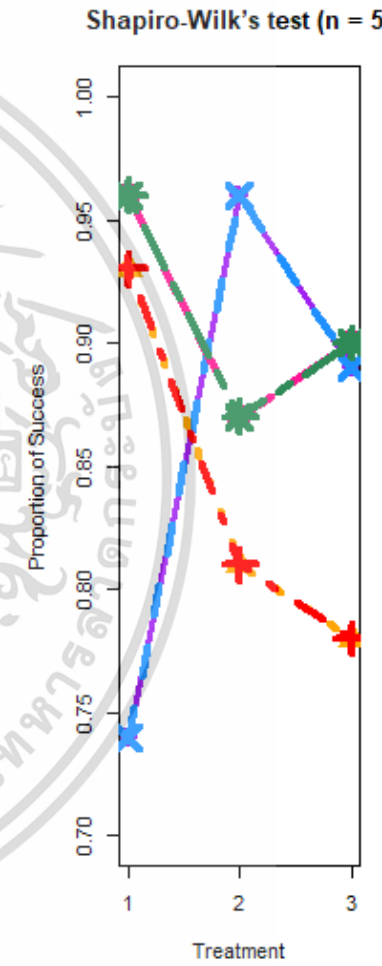
รูปที่ 4.1



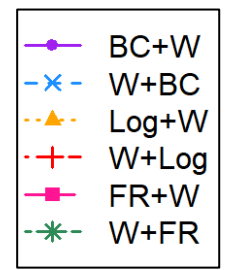
รูปที่ 4.2



รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.4



รูปที่ 4.1 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

รูปที่ 4.2 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

รูปที่ 4.3 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

รูปที่ 4.4 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

จากรูปที่ 4.1 กรณีค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น สัดส่วนความสำเร็จจะลดลงแล้วเพิ่มขึ้น นอกจากนี้วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

จากรูปที่ 4.2 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบ บ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) นอกจากนี้วิธีการแปลงทั้ง 6 วิธี เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง แล้วเพิ่มขึ้น

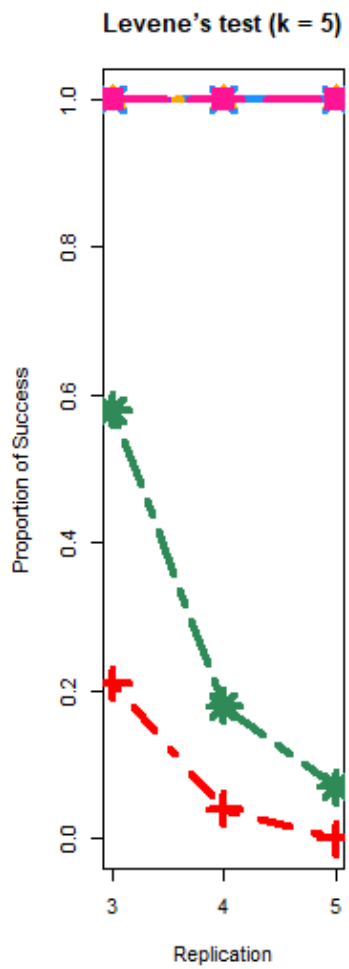
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 5

ตารางที่ 4.2 สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันน้อย

| จำนวนซ้ำ | สมมติฐานการทดสอบ | | วิธีการแปลงข้อมูล | | | | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|
| | | | BC+W | W+BC | Log+W | W+Log | FR+W | W+FR |
| 3 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.21 | 1.0 | 0.58 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 1.0 | 1.0 | 0.83 | 0.83 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 1.0 | 1.0 | 0.80 | 0.80 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.87 | 0.87 | 0.91 | 0.91 | 0.96 | 0.96 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.99 | 0.99 | 0.91 | 0.91 | 0.98 | 0.98 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 1.0 | 1.0 | 0.93 | 0.93 | 1.0 | 1.0 |
| 4 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.04 | 1.0 | 0.18 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.98 | 0.98 | 0.43 | 0.43 | 0.95 | 0.95 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.99 | 0.99 | 0.54 | 0.54 | 0.79 | 0.79 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.82 | 0.82 | 0.76 | 0.76 | 0.83 | 0.83 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 1.0 | 1.0 | 0.84 | 0.84 | 0.94 | 0.94 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.98 | 0.98 | 0.97 | 0.97 | 0.99 | 0.99 |
| 5 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0 | 1.0 | 0.07 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 1.0 | 1.0 | 0.22 | 0.22 | 0.88 | 0.88 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 1.0 | 1.0 | 0.14 | 0.14 | 0.45 | 0.45 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.73 | 0.73 | 0.72 | 0.72 | 0.81 | 0.81 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.95 | 0.95 | 0.77 | 0.77 | 0.88 | 0.88 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.98 | 0.98 | 0.80 | 0.80 | 0.94 | 0.94 |

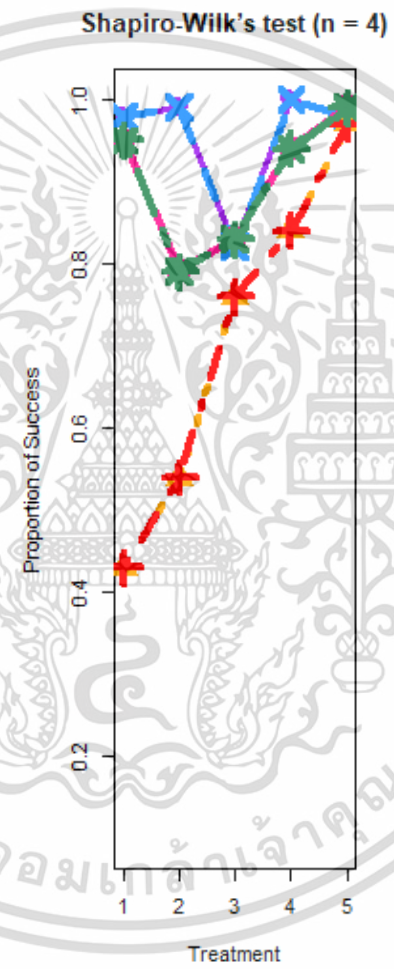
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



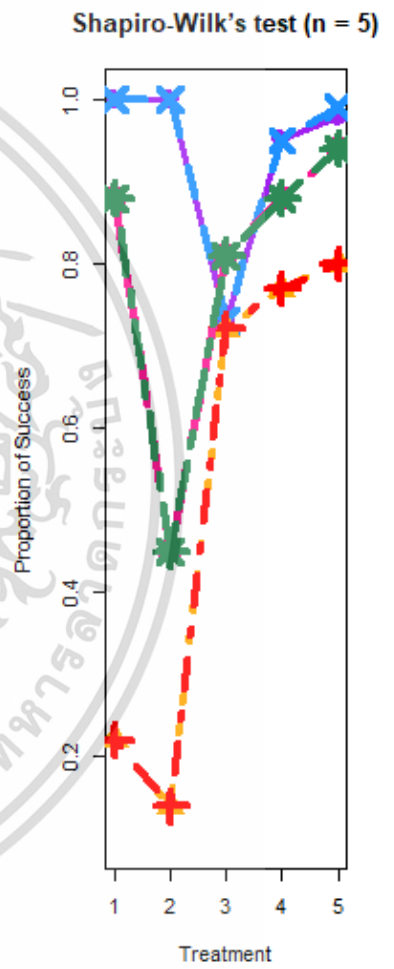
รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.6



รูปที่ 4.7



รูปที่ 4.8

- BC+W
- ×— W+BC
- ▲— Log+W
- +— W+Log
- FR+W
- *— W+FR

รูปที่ 4.5 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

รูปที่ 4.6 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

รูปที่ 4.7 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

รูปที่ 4.8 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

จากรูปที่ 4.5 กรณีค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) นอกจากนี้เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

จากรูปที่ 4.6 รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) นอกจากนี้วิธีการแปลงทั้ง 6 วิธี เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอน

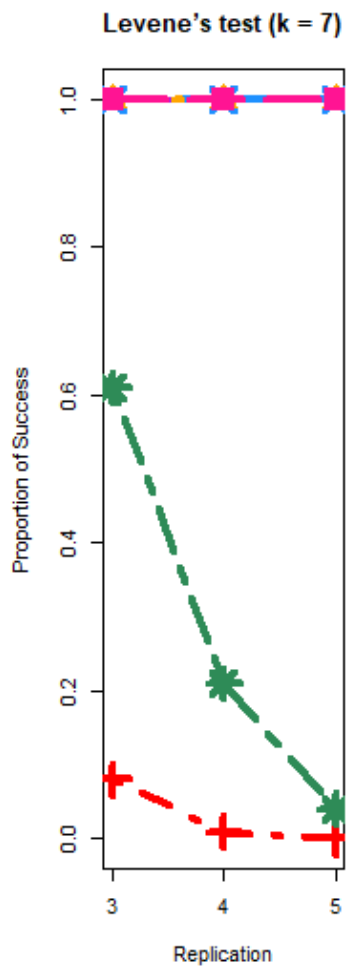
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 7

ตารางที่ 4.3 สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันน้อย

| จำนวนซ้ำ | สมมติฐานการทดสอบ | | วิธีการแปลงข้อมูล | | | | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|
| | | | BC+W | W+BC | Log+W | W+Log | FR+W | W+FR |
| 3 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.08 | 1.0 | 0.61 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.96 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.99 | 0.99 | 0.53 | 0.53 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.99 | 0.99 | 0.51 | 0.51 | 0.82 | 0.82 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.85 | 0.85 | 0.88 | 0.88 | 0.9 | 0.9 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.97 | 0.97 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 6 | 0.99 | 0.99 | 0.96 | 0.96 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 7 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 1.0 | 1.0 |
| 4 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.01 | 1.0 | 0.21 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.95 | 0.95 | 0.68 | 0.68 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 1.0 | 1.0 | 0.37 | 0.37 | 0.89 | 0.89 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.99 | 0.99 | 0.14 | 0.14 | 0.47 | 0.47 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.88 | 0.88 | 0.82 | 0.82 | 0.85 | 0.85 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 1.0 | 1.0 | 0.98 | 0.98 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 6 | 0.96 | 0.96 | 0.90 | 0.90 | 0.96 | 0.96 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 7 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.93 | 0.99 | 0.99 |
| 5 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0 | 1.0 | 0.04 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.82 | 0.82 | 0.40 | 0.40 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.94 | 0.94 | 0.40 | 0.40 | 0.89 | 0.89 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.95 | 0.95 | 0.15 | 0.15 | 0.43 | 0.43 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.82 | 0.82 | 0.73 | 0.73 | 0.83 | 0.83 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.97 | 0.97 | 0.92 | 0.92 | 0.96 | 0.96 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 6 | 0.86 | 0.86 | 0.88 | 0.88 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 7 | 0.90 | 0.90 | 0.80 | 0.80 | 0.94 | 0.94 |

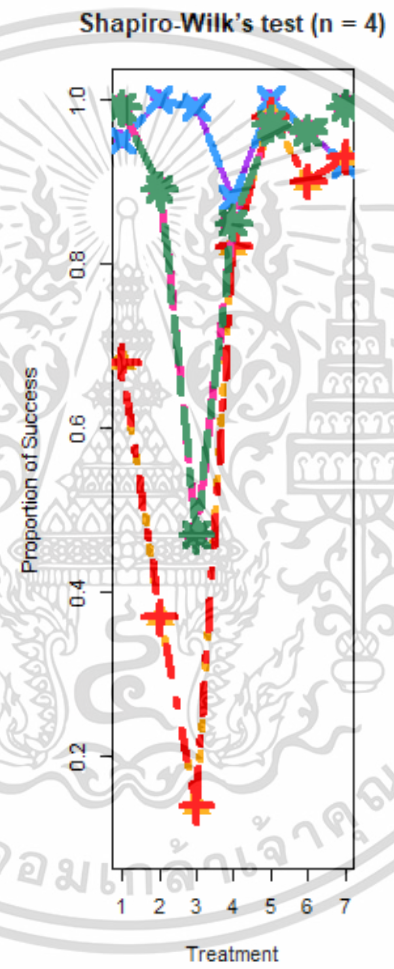
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



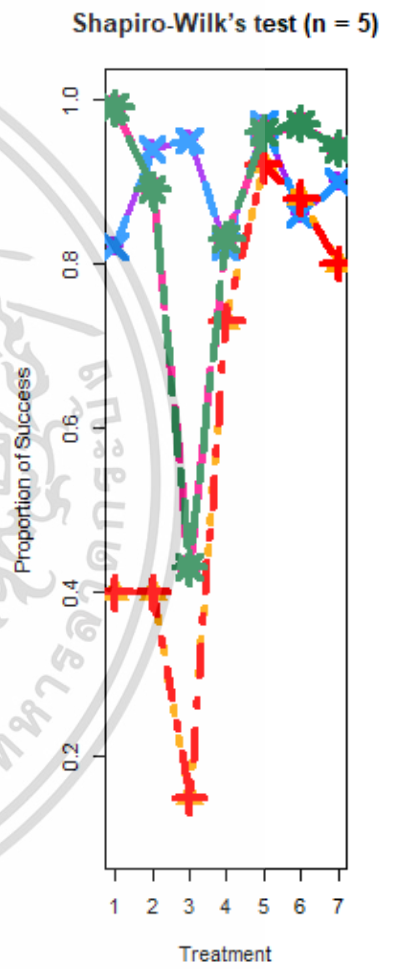
รูปที่ 4.9



รูปที่ 4.10



รูปที่ 4.11



รูปที่ 4.12

- BC+W
- W+BC
- Log+W
- W+Log
- FR+W
- W+FR

รูปที่ 4.9 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

รูปที่ 4.10 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

รูปที่ 4.11 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

รูปที่ 4.12 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย

จากรูปที่ 4.9 กรณีค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR) เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนความสำเร็จลดลง

จากรูปที่ 4.10 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC)

ส่วนรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR)

นอกจากนี้วิธีการแปลงทั้ง 6 วิธี เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น เอกสารนี้ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

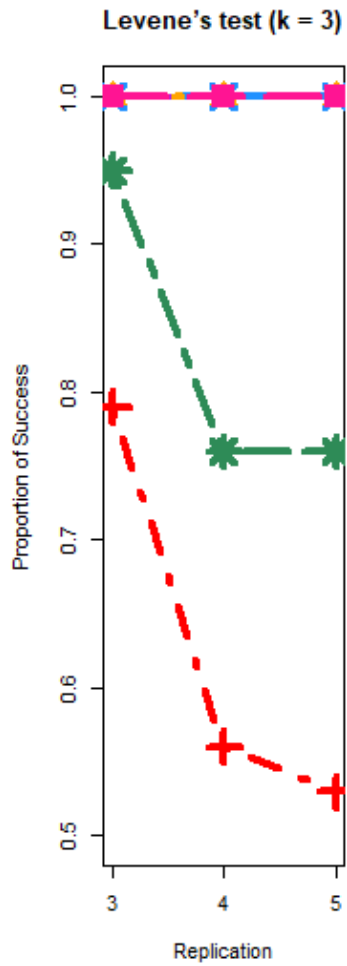
4.2 กรณีข้อมูลระดับความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

4.2.1 จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 3

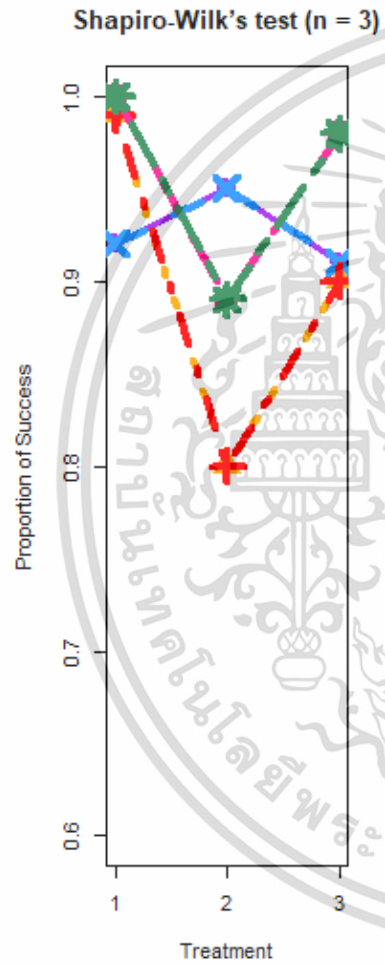
ตารางที่ 4.4 สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันปานกลาง

| จำนวนซ้ำ | สมมติฐานการทดสอบ | | วิธีการแปลงข้อมูล | | | | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|
| | | | BC+W | W+BC | Log+W | W+Log | FR+W | W+FR |
| 3 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.79 | 1.0 | 0.95 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.92 | 0.92 | 0.99 | 0.99 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.95 | 0.95 | 0.80 | 0.80 | 0.89 | 0.89 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.91 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.98 | 0.98 |
| 4 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.56 | 1.0 | 0.76 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.83 | 0.83 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.95 | 0.95 | 0.73 | 0.73 | 0.85 | 0.85 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.88 | 0.88 | 0.82 | 0.82 | 0.93 | 0.93 |
| 5 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.53 | 1.0 | 0.76 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.62 | 0.62 | 0.95 | 0.95 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.96 | 0.96 | 0.63 | 0.63 | 0.79 | 0.79 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.91 | 0.91 | 0.70 | 0.70 | 0.88 | 0.88 |

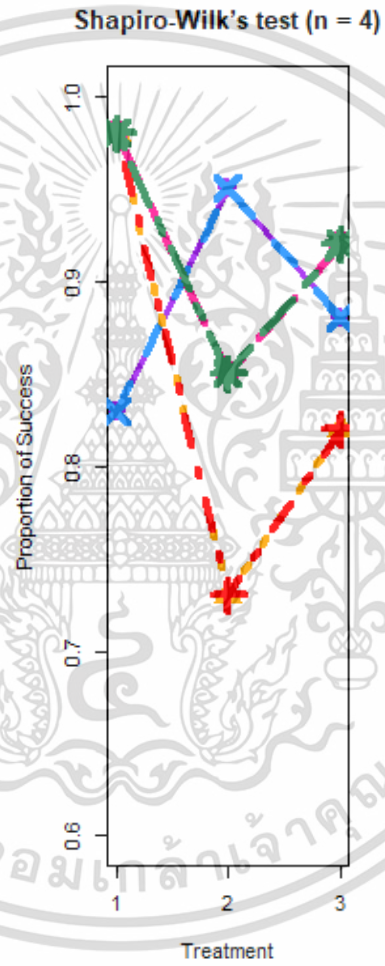
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



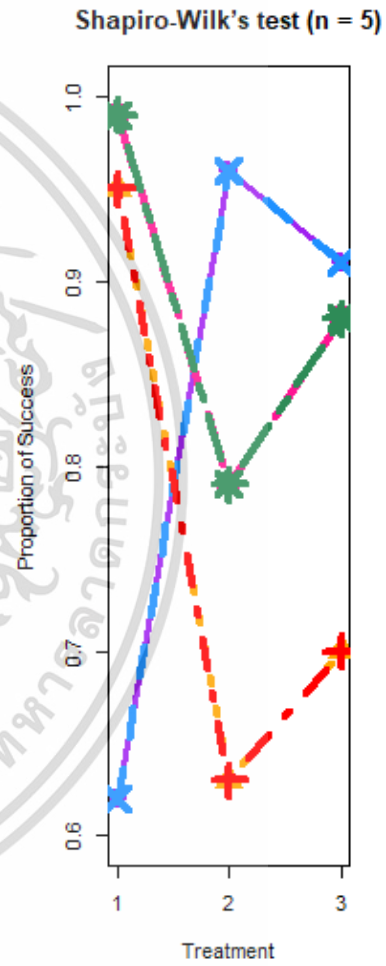
รูปที่ 4.13



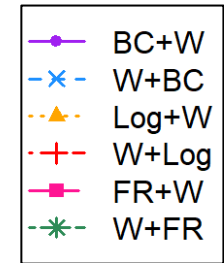
รูปที่ 4.14



รูปที่ 4.15



รูปที่ 4.16



รูปที่ 4.13 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

รูปที่ 4.14 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

รูปที่ 4.15 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

รูปที่ 4.16 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

จากรูปที่ 4.13 กรณีค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) นอกจากนี้เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

จากรูปที่ 4.14 รูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) นอกจากนี้วิธีการแปลงทั้ง 6 วิธี เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอน

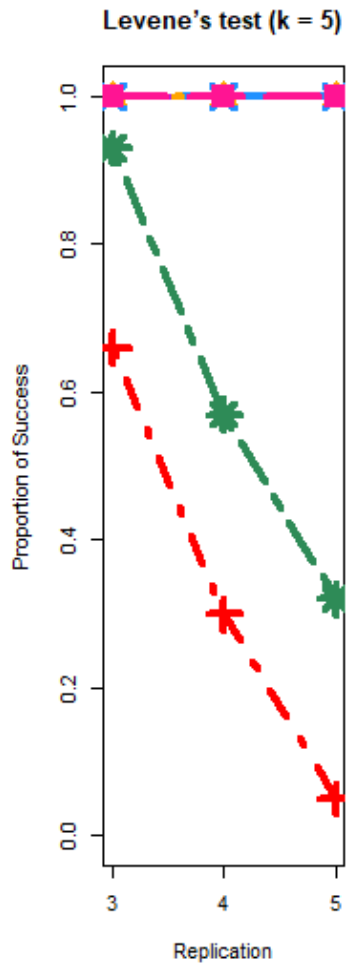
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 5

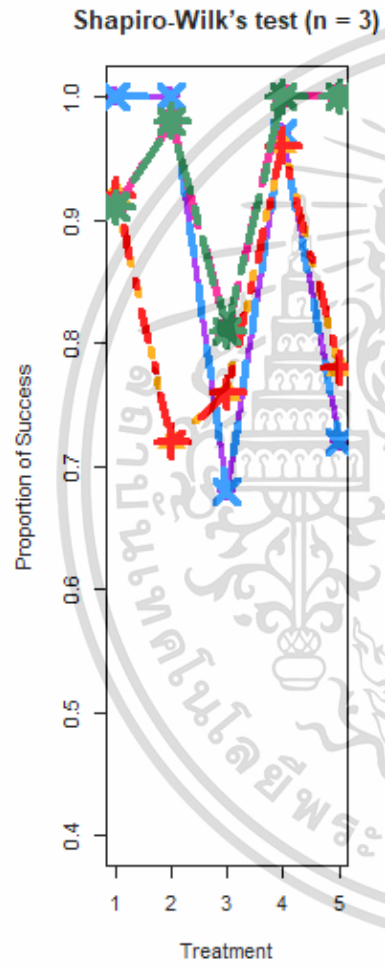
ตารางที่ 4.5 สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันปานกลาง

| จำนวนซ้ำ | สมมติฐานการทดสอบ | | วิธีการแปลงข้อมูล | | | | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|
| | | | BC+W | W+BC | Log+W | W+Log | FR+W | W+FR |
| 3 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.66 | 1.0 | 0.93 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 1.0 | 1.0 | 0.92 | 0.92 | 0.91 | 0.91 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 1.0 | 1.0 | 0.72 | 0.72 | 0.98 | 0.98 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.68 | 0.68 | 0.76 | 0.76 | 0.81 | 0.81 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.96 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.72 | 0.72 | 0.78 | 0.78 | 1.0 | 1.0 |
| 4 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.3 | 1.0 | 0.57 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.99 | 0.99 | 0.77 | 0.77 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 1.0 | 1.0 | 0.64 | 0.64 | 0.93 | 0.93 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.54 | 0.54 | 0.65 | 0.65 | 0.76 | 0.76 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.95 | 0.95 |
| 5 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.05 | 1.0 | 0.32 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.97 | 0.97 | 0.52 | 0.52 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.97 | 0.97 | 0.64 | 0.64 | 0.85 | 0.85 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.45 | 0.45 | 0.62 | 0.62 | 0.78 | 0.78 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | 0.81 | 0.94 | 0.94 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.50 | 0.50 | 0.58 | 0.58 | 0.91 | 0.91 |

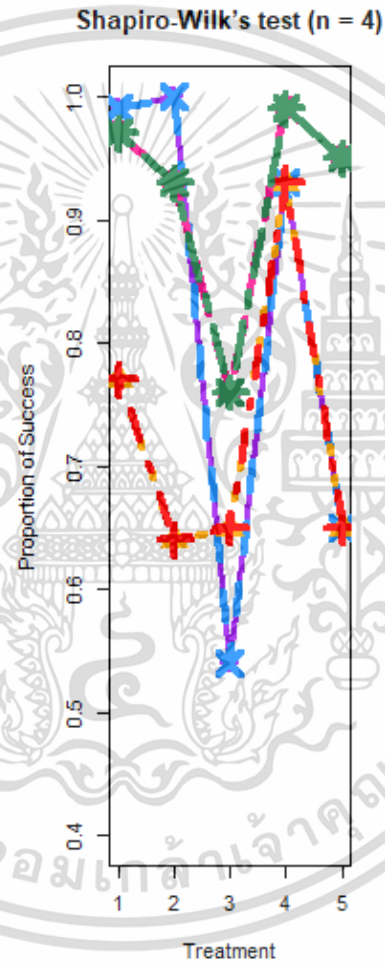
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



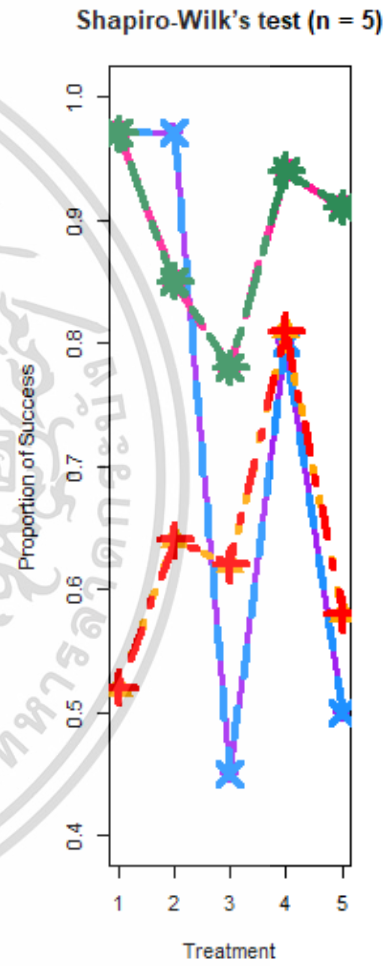
รูปที่ 4.17



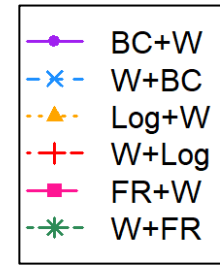
รูปที่ 4.18



รูปที่ 4.19



รูปที่ 4.20



รูปที่ 4.17 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

รูปที่ 4.18 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

รูปที่ 4.19 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

รูปที่ 4.20 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

จากรูปที่ 4.17 กรณีค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) นอกจากนี้เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

จากรูปที่ 4.18 รูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) นอกจากนี้วิธีการแปลงทั้ง 6 วิธี เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอน

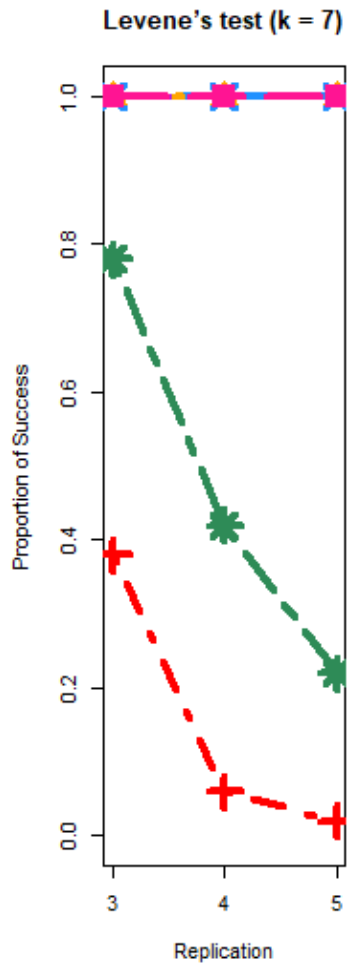
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 7

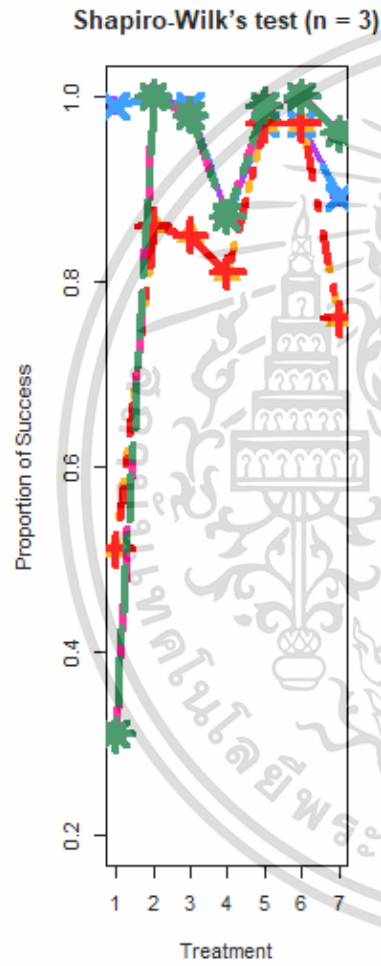
ตารางที่ 4.6 สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันปานกลาง

| จำนวนซ้ำ | สมมติฐานการทดสอบ | | วิธีการแปลงข้อมูล | | | | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|
| | | | BC+W | W+BC | Log+W | W+Log | FR+W | W+FR |
| 3 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.38 | 1.0 | 0.78 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.99 | 0.99 | 0.51 | 0.51 | 0.31 | 0.31 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 1.0 | 1.0 | 0.86 | 0.86 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.99 | 0.99 | 0.85 | 0.85 | 0.98 | 0.98 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.87 | 0.87 | 0.81 | 0.81 | 0.87 | 0.87 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 6 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 7 | 0.89 | 0.89 | 0.76 | 0.76 | 0.96 | 0.96 |
| 4 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.06 | 1.0 | 0.42 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.89 | 0.89 | 0.48 | 0.48 | 0.35 | 0.35 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.99 | 0.99 | 0.55 | 0.55 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.97 | 0.97 | 0.59 | 0.59 | 0.91 | 0.91 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.69 | 0.69 | 0.65 | 0.65 | 0.77 | 0.77 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.92 | 0.92 | 0.88 | 0.88 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 6 | 0.95 | 0.95 | 0.94 | 0.94 | 0.98 | 0.98 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 7 | 0.77 | 0.77 | 0.65 | 0.65 | 0.94 | 0.94 |
| 5 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.02 | 1.0 | 0.22 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.62 | 0.62 | 0.68 | 0.68 | 0.52 | 0.52 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.93 | 0.93 | 0.22 | 0.22 | 0.88 | 0.88 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.95 | 0.95 | 0.22 | 0.22 | 0.61 | 0.61 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.60 | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.73 | 0.73 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.89 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 0.95 | 0.95 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 6 | 0.94 | 0.94 | 0.81 | 0.81 | 0.94 | 0.94 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 7 | 0.67 | 0.67 | 0.42 | 0.42 | 0.91 | 0.91 |

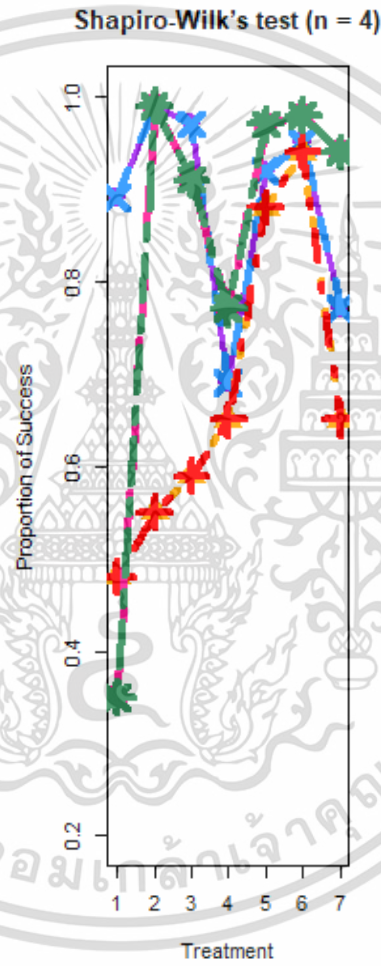
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



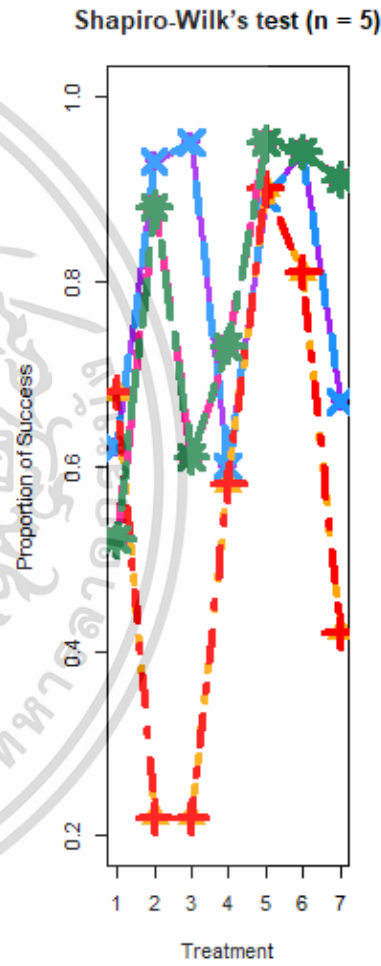
รูปที่ 4.21



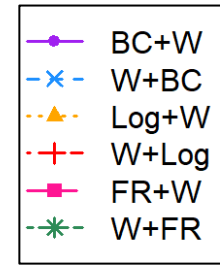
รูปที่ 4.22



รูปที่ 4.23



รูปที่ 4.24



รูปที่ 4.21 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

รูปที่ 4.22 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

รูปที่ 4.23 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

รูปที่ 4.24 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

จากรูปที่ 4.21 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) นอกจากนี้เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

จากรูปที่ 4.22 รูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) นอกจากนี้วิธีการแปลงทั้ง 6 วิธี เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

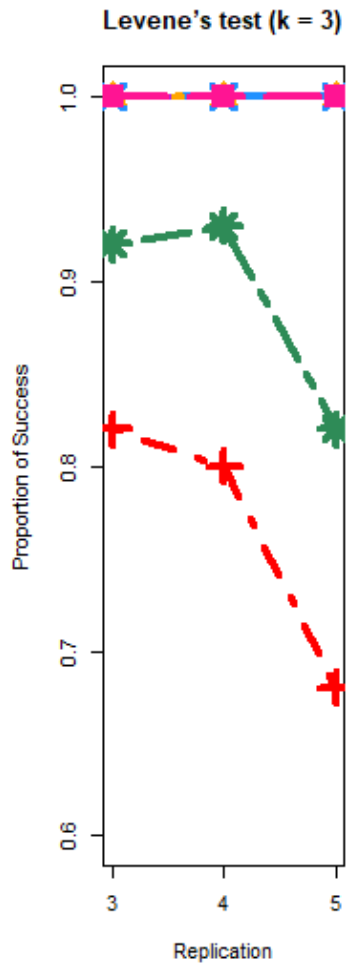
4.3 กรณีข้อมูลระดับความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

4.3.1 จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 3

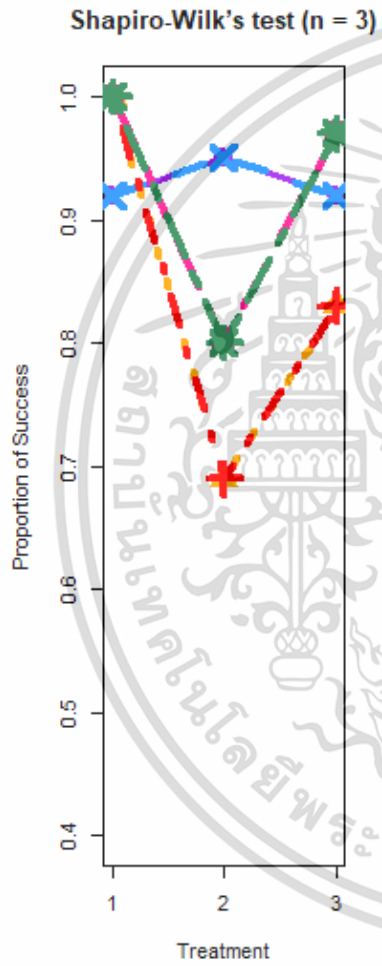
ตารางที่ 4.7 สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันมาก

| จำนวนซ้ำ | สมมติฐานการทดสอบ | | วิธีการแปลงข้อมูล | | | | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|
| | | | BC+W | W+BC | Log+W | W+Log | FR+W | W+FR |
| 3 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.82 | 1.0 | 0.92 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.92 | 0.92 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.95 | 0.95 | 0.69 | 0.69 | 0.80 | 0.80 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.92 | 0.92 | 0.83 | 0.83 | 0.97 | 0.97 |
| 4 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.80 | 1.0 | 0.93 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.75 | 0.75 | 0.96 | 0.96 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.93 | 0.93 | 0.56 | 0.56 | 0.70 | 0.70 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.94 | 0.94 | 0.6 | 0.6 | 0.93 | 0.93 |
| 5 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.68 | 1.0 | 0.82 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.52 | 0.52 | 0.90 | 0.90 | 0.96 | 0.96 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.94 | 0.94 | 0.48 | 0.48 | 0.67 | 0.67 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.85 | 0.85 | 0.51 | 0.51 | 0.91 | 0.91 |

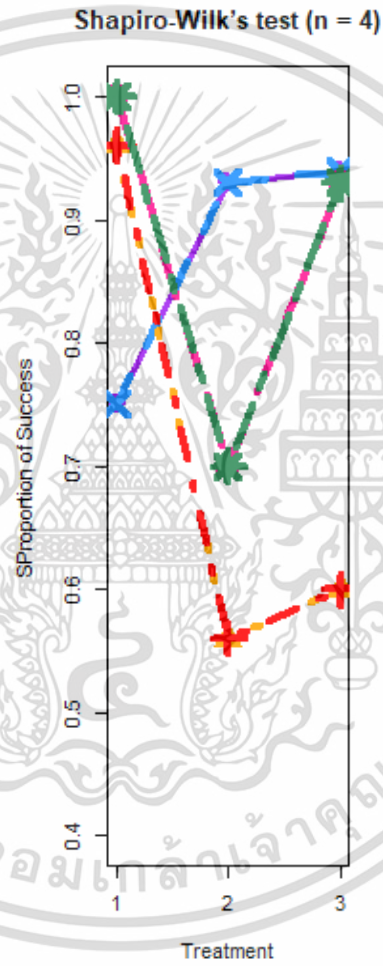
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



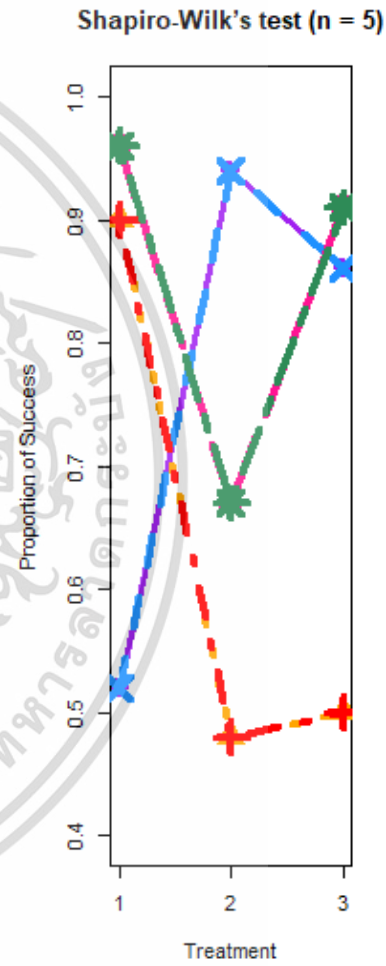
รูปที่ 4.25



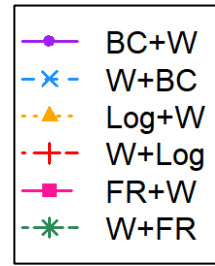
รูปที่ 4.26



รูปที่ 4.27



รูปที่ 4.28



รูปที่ 4.25 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

รูปที่ 4.26 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

รูปที่ 4.27 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

รูปที่ 4.28 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

จากรูปที่ 4.25 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) นอกจากนี้เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

จากรูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.28 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC)

ส่วนรูปที่ 4.27 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวน ทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR)

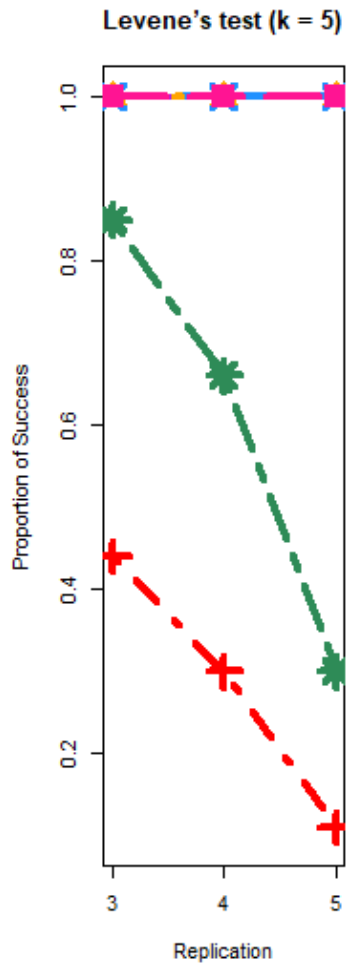
นอกจากนี้วิธีการแปลงทั้ง 6 วิธี เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น เอกสารนี้ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 5

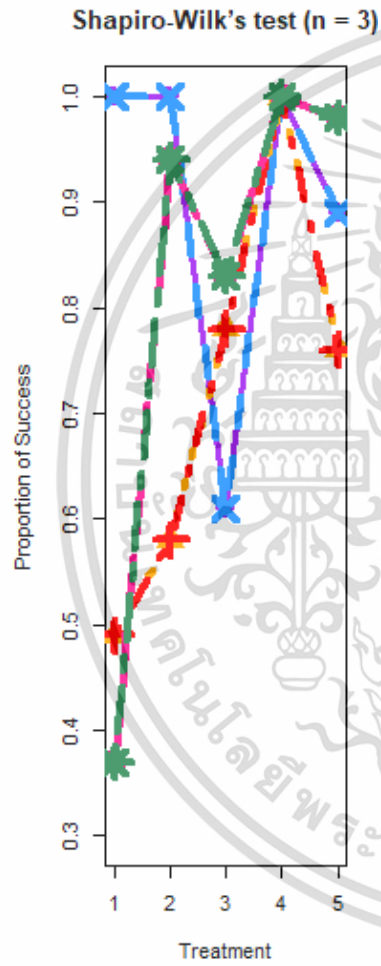
ตารางที่ 4.8 สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันมาก

| จำนวนซ้ำ | สมมติฐานการทดสอบ | | วิธีการแปลงข้อมูล | | | | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|
| | | | BC+W | W+BC | Log+W | W+Log | FR+W | W+FR |
| 3 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.44 | 1.0 | 0.85 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 1.0 | 1.0 | 0.49 | 0.49 | 0.37 | 0.37 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 1.0 | 1.0 | 0.58 | 0.58 | 0.94 | 0.94 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.61 | 0.61 | 0.78 | 0.78 | 0.83 | 0.83 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.89 | 0.89 | 0.76 | 0.76 | 0.98 | 0.98 |
| 4 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.3 | 1.0 | 0.66 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 1.0 | 1.0 | 0.76 | 0.76 | 0.60 | 0.60 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 1.0 | 1.0 | 0.53 | 0.53 | 0.96 | 0.96 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.63 | 0.63 | 0.64 | 0.64 | 0.78 | 0.78 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.98 | 0.98 | 0.88 | 0.88 | 0.95 | 0.95 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.87 | 0.87 | 0.60 | 0.60 | 0.92 | 0.92 |
| 5 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.11 | 1.0 | 0.30 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 1.0 | 1.0 | 0.77 | 0.77 | 0.88 | 0.88 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.99 | 0.99 | 0.55 | 0.55 | 0.94 | 0.94 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.54 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.74 | 0.74 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.98 | 0.98 | 0.89 | 0.89 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.71 | 0.71 | 0.37 | 0.37 | 0.86 | 0.86 |

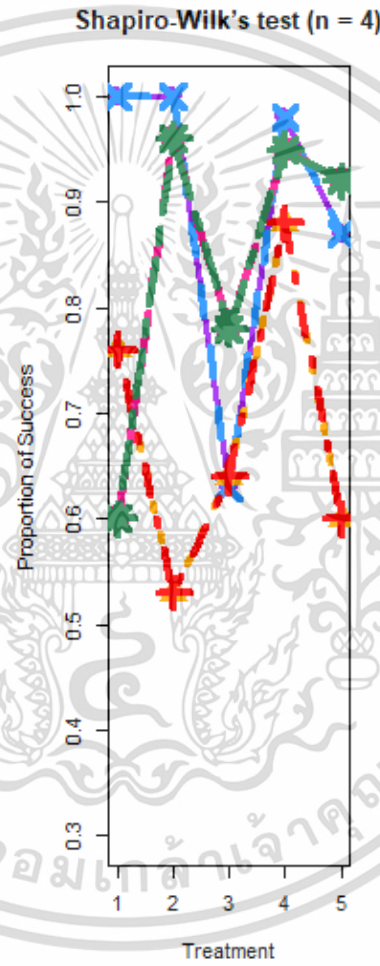
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



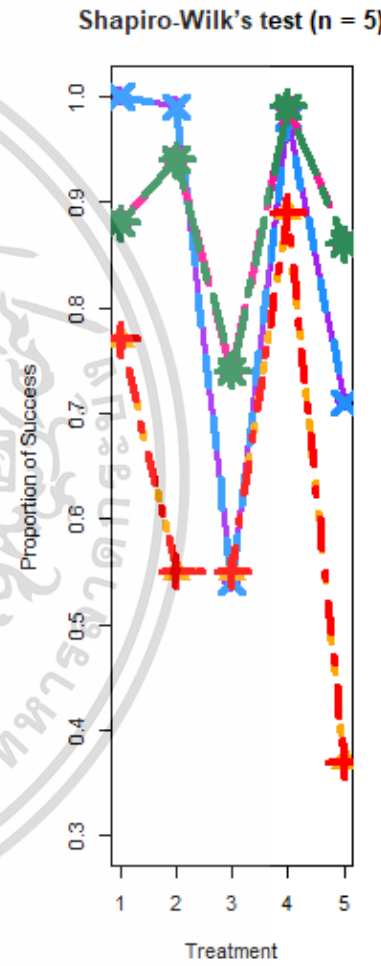
รูปที่ 4.29



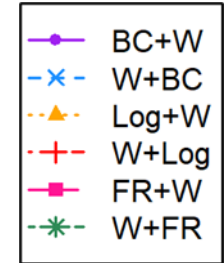
รูปที่ 4.30



รูปที่ 4.31



รูปที่ 4.32



รูปที่ 4.29 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

รูปที่ 4.30 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

รูปที่ 4.31 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

รูปที่ 4.32 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

จากรูปที่ 4.29 กรณีค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) นอกจากนี้เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.31 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR)

ส่วนรูปที่ 4.32 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 5 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปรกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC)

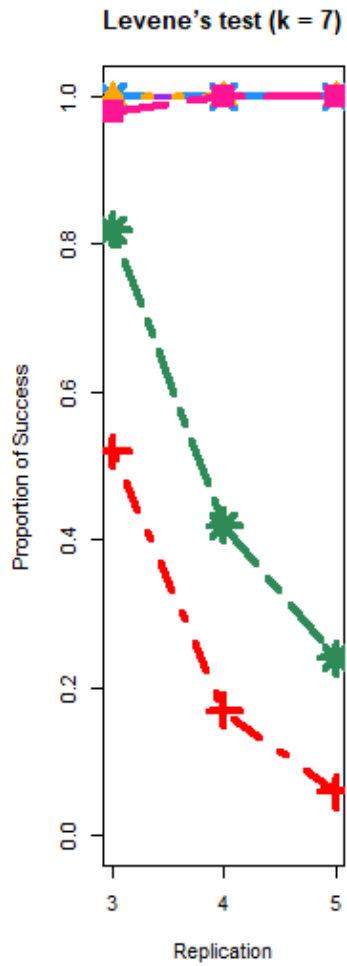
นอกจากนี้วิธีการแปลงทั้ง 6 วิธี เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น เอกสารนี้ค่าสัดส่วนความสำเร็จขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอนในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 จำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 7

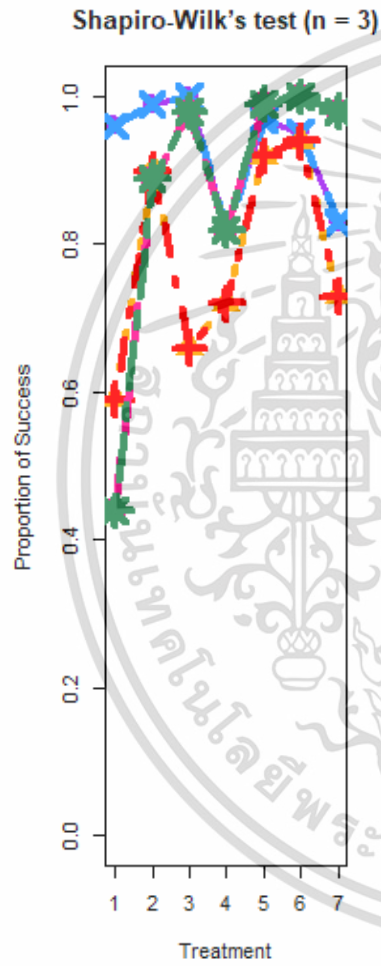
ตารางที่ 4.9 สัดส่วนความสำเร็จสำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนมีความแตกต่างกันมาก

| จำนวนซ้ำ | สมมติฐานการทดสอบ | | วิธีการแปลงข้อมูล | | | | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|
| | | | BC+W | W+BC | Log+W | W+Log | FR+W | W+FR |
| 3 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.52 | 0.98 | 0.82 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.96 | 0.96 | 0.59 | 0.59 | 0.44 | 0.44 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.99 | 0.99 | 0.90 | 0.90 | 0.89 | 0.89 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 1.0 | 1.0 | 0.66 | 0.66 | 0.98 | 0.98 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.82 | 0.82 | 0.72 | 0.72 | 0.82 | 0.82 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.97 | 0.97 | 0.92 | 0.92 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 6 | 0.95 | 0.95 | 0.94 | 0.94 | 1.0 | 1.0 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 7 | 0.83 | 0.83 | 0.73 | 0.73 | 0.98 | 0.98 |
| 4 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.17 | 1.0 | 0.42 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.77 | 0.77 | 0.14 | 0.14 | 0.07 | 0.07 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.97 | 0.97 | 0.85 | 0.85 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.97 | 0.97 | 0.72 | 0.72 | 0.96 | 0.96 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.68 | 0.68 | 0.64 | 0.64 | 0.81 | 0.81 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.89 | 0.89 | 0.92 | 0.92 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 6 | 0.92 | 0.92 | 0.90 | 0.90 | 0.99 | 0.99 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 7 | 0.70 | 0.70 | 0.56 | 0.56 | 0.94 | 0.94 |
| 5 | ความแปรปรวนทุกทริตเมนต์เท่ากัน | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.06 | 1.0 | 0.24 |
| | ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ | ทริตเมนต์ที่ 1 | 0.35 | 0.35 | 0.06 | 0.06 | 0.02 | 0.02 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 2 | 0.76 | 0.76 | 0.46 | 0.46 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 3 | 0.99 | 0.99 | 0.55 | 0.55 | 0.93 | 0.93 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 4 | 0.61 | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.72 | 0.72 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 5 | 0.95 | 0.95 | 0.86 | 0.86 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 6 | 0.85 | 0.85 | 0.72 | 0.72 | 0.97 | 0.97 |
| | | ทริตเมนต์ที่ 7 | 0.52 | 0.52 | 0.46 | 0.46 | 0.85 | 0.85 |

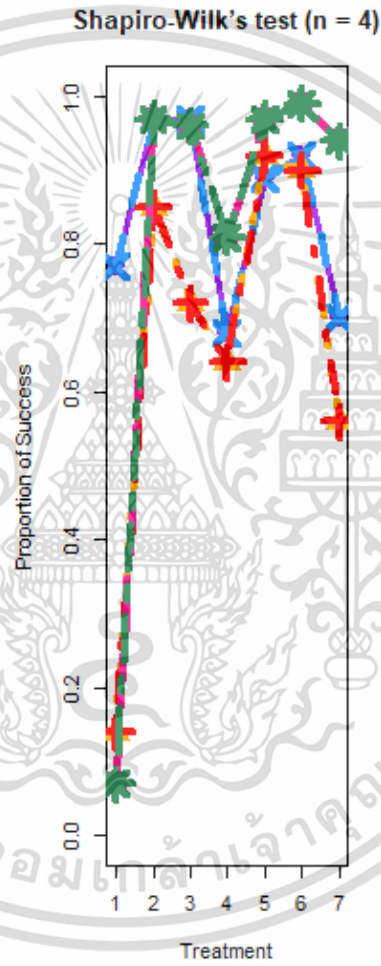
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



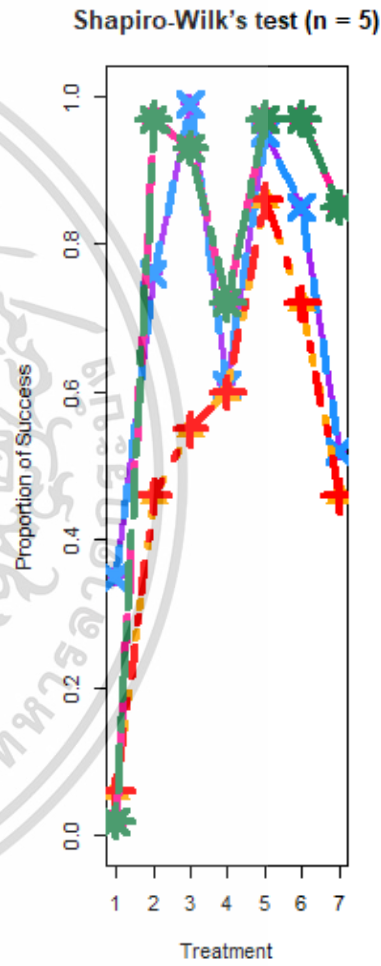
รูปที่ 4.33



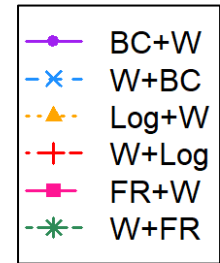
รูปที่ 4.34



รูปที่ 4.35



รูปที่ 4.36



รูปที่ 4.33 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

รูปที่ 4.34 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

รูปที่ 4.35 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

รูปที่ 4.36 สัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติเมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก

จากรูปที่ 4.33 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3, 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสูงสุด รองลงมาคือวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) นอกจากนี้เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

จากรูปที่ 4.34 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 3 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR)

ส่วนรูปที่ 4.35 และรูปที่ 4.36 กรณีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 และ 5 และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (W+FR) มีสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC)

นอกจากนี้วิธีการแปลงทั้ง 6 วิธี เมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น เอกสารนี้ค่าสัดส่วนความสำเร็จขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอนในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุปผลการทดลอง

4.4.1 สรุปผลความสามารถในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4.10 วิธีการแปลงที่ให้สัดส่วนความสำเร็จสูงที่สุด ในการแก้ปัญหาการความแปรปรวน

| จำนวนทรีตเมนต์ | จำนวนซ้ำ | ความแปรปรวนแตกต่างกัน | | |
|----------------|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | น้อย | ปานกลาง | มาก |
| 3 | 3 | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W |
| | 4 | BC+W, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W |
| | 5 | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W |
| 5 | 3 | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W |
| | 4 | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W |
| | 5 | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W |
| 7 | 3 | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W |
| | 4 | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W |
| | 5 | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W | BC+W, W+BC, Log+W, FR+W |

จากตารางที่ 4.10 กรณีความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบ บ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) ให้สัดส่วนความสำเร็จสูงที่สุดเท่ากันในการแก้ปัญหาความแปรปรวนเกือบทุกกรณี ยกเว้นกรณีที่จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 จำนวนซ้ำของหน่วย

ทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) ให้สัดส่วนความสำเร็จสูงที่สุดเท่ากัน

กรณีความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) ให้สัดส่วนความสำเร็จสูงที่สุดเท่ากันในการแก้ปัญหาความแปรปรวนทุกกรณี

กรณีความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) ให้สัดส่วนความสำเร็จสูงที่สุดเท่ากันในการแก้ปัญหาความแปรปรวนเกือบทุกกรณี ยกเว้นจำนวนทริตเมนต์เท่ากับ 7 จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์เท่ากับ 3 วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) ให้สัดส่วนความสำเร็จสูงที่สุดเท่ากัน

4.4.2 สรุปผลความสามารถในการแก้ปัญหาค่าการแจกแจงปกติ

ตารางที่ 4.11 วิธีการแปลงที่ให้สัดส่วนความสำเร็จเฉลี่ยสูงที่สุด ในการแก้ปัญหาค่าการแจกแจงปกติ

| จำนวนทริตเมนต์ | จำนวนซ้ำ | ความแปรปรวนแตกต่างกัน | | |
|----------------|----------|-----------------------|------------|------------|
| | | น้อย | ปานกลาง | มาก |
| 3 | 3 | FR+W, W+FR | FR+W, W+FR | BC+W, W+BC |
| | 4 | FR+W, W+FR | FR+W, W+FR | FR+W, W+FR |
| | 5 | FR+W, W+FR | FR+W, W+FR | FR+W, W+FR |
| 5 | 3 | FR+W, W+FR | FR+W, W+FR | BC+W, W+BC |
| | 4 | BC+W, W+BC | FR+W, W+FR | BC+W, W+BC |
| | 5 | BC+W, W+BC | FR+W, W+FR | FR+W, W+FR |
| 7 | 3 | BC+W, W+BC | BC+W, W+BC | BC+W, W+BC |
| | 4 | BC+W, W+BC | BC+W, W+BC | BC+W, W+BC |
| | 5 | BC+W, W+BC | BC+W, W+BC | FR+W, W+FR |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การอภิปรายผล

เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนได้ 100% ทุกกรณี โดยที่จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ จำนวนทรีตเมนต์ และความแตกต่างของความแปรปรวนไม่มีผลต่อค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวน ส่วนวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันได้ 100% เกือบทุกกรณี ยกเว้นเมื่อจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากับ 4 จำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 3 สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนได้ 92% ซึ่งสอดคล้องกับจากผลงานวิจัยของญาดามาและพาซิดซันต์ (2557) พบว่าวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลซึ่งได้จากการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) เป็นวิธีการแปลงข้อมูลที่สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนได้ 100% ทุกกรณี โดยที่จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ จำนวนทรีตเมนต์ และความแตกต่างของความแปรปรวนไม่มีผลต่อค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนเช่นกัน และในส่วนของวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ซึ่งประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่ถ่วงน้ำหนักแล้ว (W+BC) พบว่าจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ และจำนวนทรีตเมนต์ ไม่มีผลต่อค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวน แต่เมื่อความแปรปรวนแตกต่างกันมากขึ้น ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนจะลดลง สำหรับวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันได้เพียงบางกรณี โดยเมื่อจำนวนทรีตเมนต์ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ และความแตกต่างของความแปรปรวนเพิ่มมากขึ้น จะเห็นได้ว่าค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันจะลดลง

ในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากัน พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) ให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันมีค่าที่สูง ส่วนวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) คณะผู้ทำปัญหาพิเศษได้ตรวจสอบค่าข้อมูลภายหลังการแปลง พบว่าวิธีการแปลงที่นำข้อมูลมาถ่วงน้ำหนัก (W) ก่อน คือการนำค่าข้อมูลที่ได้จากการสุ่มมาหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมด จะทำให้ข้อมูลที่ได้อยู่ในช่วงค่าที่ต่ำ ส่งผลให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันมี

ค่าต่ำกว่า แต่กรณีวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) คณะผู้ทำ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ปัญหาพิเศษได้ทำการกำหนดค่าคงตัว (λ) ให้มีความเหมาะสมตามลักษณะของข้อมูลที่ได้รับการ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงในแต่ละรอบ ส่งผลให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันมีค่าที่สูง เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ แต่ละวิธีการแปลงข้อมูลจะให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงใกล้เคียงกัน โดยเมื่อพิจารณาในกรณีที่ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย วิธีการแปลงข้อมูลที่ให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงที่สุดเป็นส่วนใหญ่ คือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) เมื่อพิจารณาในกรณีที่ความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง วิธีการแปลงข้อมูลที่ให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงที่สุดเป็นส่วนใหญ่ คือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบรากที่สี่ (W+FR) เมื่อพิจารณาในกรณีที่ความแปรปรวนแตกต่างกันมาก วิธีการแปลงข้อมูลที่ให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงที่สุดเป็นส่วนใหญ่ คือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบรากที่สี่ (W+FR) และโดยส่วนใหญ่ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนทริตเมนต์ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์ และความแตกต่างของความแปรปรวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับจากผลงานวิจัยของญาดาภาและพาชิตชนัต (2557) พบว่าเมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ แต่ละวิธีการแปลงข้อมูลจะให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงใกล้เคียงกัน โดยเมื่อพิจารณาในกรณีที่ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย วิธีการแปลงข้อมูลที่ให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติสูงที่สุดเป็นส่วนใหญ่ คือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ร่วมกับวิธีการถ่วงน้ำหนัก (BC+W)

ในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) กับวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) ให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติเท่ากันในกรณีเดียวกัน คณะผู้ทำปัญหาพิเศษได้ทำการตรวจสอบข้อมูลภายหลังการแปลงของทั้ง 2 วิธี นำมาตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูล พบว่าการกระจายตัวของข้อมูลภายหลังการแปลงทั้ง 2 วิธี มีรูปแบบที่เหมือนกัน แต่ช่วงของข้อมูลที่ได้จะมีความแตกต่างกัน จึงทำการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล ค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) พบว่าค่าสถิติทดสอบชาปิโร-วิลค์ ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง มีค่าเท่ากันในกรณีเดียวกันทุกประการ ส่วนวิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) กับวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) กับวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบรากที่สี่ (W+FR) จะให้ผลในลักษณะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการแก้ปัญหาค่าความแปรปรวนไม่เท่ากันร่วมกับการแก้ปัญหาค่าการแจกแจงปกติ ด้วยวิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 6 วิธี โดยจำลองข้อมูลในแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กำหนดปัจจัยการทดลองมีผลกระทบแบบตรงจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์เท่ากัน โดยกำหนดจำนวนทรีตเมนต์ (k) และจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ (n) เป็นดังนี้ คือ $(k, n) = (3, 3), (3, 4), (3, 5), (5, 3), (5, 4), (5, 5), (7, 3), (7, 4), (7, 5)$ กำหนดค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อย ความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง และความแปรปรวนแตกต่างกันมาก โดยกำหนดการแจกแจงของตัวแปรตามเป็นการแจกแจงปกติ กระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็นจำนวน 100 รอบ และใช้สถิติทดสอบเลวินในการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน สถิติทดสอบชาปีโร-วิลค็อกในการทดสอบการแจกแจงปกติ

5.1 สรุปผลการวิจัย

กรณีที่ความแปรปรวนแตกต่างกันน้อยและความแปรปรวนแตกต่างกันมาก พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลที่สามารถแก้ปัญหาค่าความแปรปรวนไม่เท่ากันร่วมกับการแก้ปัญหาค่าการแจกแจงปกติของข้อมูลได้ดี คือวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) กรณีที่ความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลที่สามารถแก้ปัญหาค่าความแปรปรวนไม่เท่ากันร่วมกับการแก้ปัญหาค่าการแจกแจงปกติของข้อมูลได้ดี คือวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W)

กรณีค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาค่าความแปรปรวนไม่เท่ากัน พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) และวิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) เมื่อจำนวนทรีตเมนต์ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ และความแตกต่างของความแปรปรวนเพิ่มขึ้น จะไม่ส่งผลต่อค่าสัดส่วนความสำเร็จ ส่วนวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) เมื่อจำนวนทรีตเมนต์ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ และความแตกต่างของความแปรปรวนเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนกรณีค่าสัดส่วนความสำเร็จในการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติ พบว่าวิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) วิธีการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมแล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (Log+W) วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (W+Log) วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่ (W+FR) เมื่อจำนวนทรีตเมนต์ จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ความแตกต่างของความแปรปรวนเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จมีแนวโน้มลดลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ด้านการนำไปใช้

ในกรณีที่ตัวแปรตามมีลักษณะตรงตามสถานการณ์ที่กำหนดในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้ทำปัญหาพิเศษ สามารถนำเอาวิธีการแปลงข้อมูลที่น่าเสนอไปใช้ในการแปลงข้อมูลได้ ดังนี้

วิธีการแปลงข้อมูลแบบรากที่สี่แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (FR+W) สามารถแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันร่วมกับการแก้ปัญหาการแจกแจงปกติของตัวแปรตามได้ 1 กรณี คือ ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติที่มีความแปรปรวนแตกต่างกันปานกลาง

ส่วนในกรณีที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติที่มีความแปรปรวนแตกต่างกันน้อยและความแปรปรวนแตกต่างกันมาก ควรเลือกใช้วิธีการแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์แล้วถ่วงน้ำหนักข้อมูล (BC+W) และวิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลแล้วแปลงข้อมูลแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (W+BC) จะเหมาะสมมากกว่า

5.2.2 ด้านการทำงานวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับงานวิจัยในครั้งต่อไป อาจกำหนดลักษณะของข้อมูลให้เป็นข้อมูลในแผนแบบการทดลองอื่น และทำการจำลองข้อมูลด้วยการแจกแจงในรูปแบบอื่นๆ ที่หลากหลายมากขึ้น กำหนดจำนวนทรีตเมนต์และจำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ในขนาดต่างๆ และในส่วนของความแปรปรวนอาจกำหนดความแตกต่างของความแปรปรวนในอัตราส่วนที่ต่างออกไปจากงานวิจัยในครั้ง นี้ และเพิ่มวิธีการแปลงข้อมูลแบบอื่นๆ เพื่อให้ได้ผลสรุปในเรื่องของวิธีการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันที่มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- จิราวัลย์ จิตรถเวช. 2552. การวางแผนและการวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ : โครงการส่งเสริมและพัฒนาเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ชลธิชา เตโซ. 2548. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ w สถิติทดสอบ K^2 สถิติทดสอบ QH^* และสถิติทดสอบ G สำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปรกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศาสตร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ญาดามา ไซตติลภ และพาชิดชนิต ศิริพานิช. 2557. การแปลงข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์. 54(3): 152-178.
- ดวงพร ทัชชะวนิช. 2560. การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนแบบใช้พารามิเตอร์และแบบไม่ใช้พารามิเตอร์. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 26(1): 106-117.
- ธีรพงษ์ แก้วประเสริฐ, มานันต์ คำกอง และพุดิพงษ์ พุกกะมาน. 2560. การเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูลของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังนัยทั่วไป และการประมาณปริมาณฝนในฤดูร้อนของอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 22(3): 385-396.
- ธนโชติ ไชยโต. 2559. การประยุกต์ใช้วิธีการแปลงเพื่อประเมินภัยแล้ง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 21(2): 86-96.
- พิชชาพัส ภูริจารุโรจน์, วรวรรณ พัยคเวช, นัทธพงศ์ ตริสุธรรมมาศ, ศุภนุช รักษาคม และจุฑาภรณ์ สีนสมบูรณ์ทอง. (2563). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแปลงข้อมูลสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 28(8): 1326-1331.
- พุทธิดา ภูตระกูล. 2552. การแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูลแบบ Box-Cox สำหรับแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดที่มีความไม่แน่นอนของภาพของความแปรปรวน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศาสตร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 20-22.
- ลัดดา วัฒนชะวีระกุล. 2563. การแปลงข้อมูลการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศในประเทศไทย: กรณีศึกษาประเทศอาเซียน. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 19(2): 105-166.
- วรรณพร จันโทภาส. 2552. การเปรียบเทียบการทดสอบและวิธีการแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่คงที่ของความคลาดเคลื่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศาสตร. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สมกิต วงศ์มาก. 2549. การศึกษาอำนาจการทดสอบของวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ภายหลังจากแปลงข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โลและการใช้ข้อมูลจริง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Bowerman, B. L.; O'Connell, R. T.; Dickey, D. A. 1986. **Linear Statistical Models An Applied Approach**. Boston: PWS Publishes. 586-588.
- Box, G. E. P and Cox, D. R. 1964. **An Analysis of Transformations**. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*. 26(2): 211-252. [Online]. <http://www.jstor.org/stable/2984418>.
- Conover, W. J.; Johnson, M. E. and Johnson, M. M. 1981. **A Comparative Study of Tests for Homogeneity of Variances: With Applications to the Outer Continental Shelf Bidding Data**. *Technometrics*. 23(November): 351-361. [Online]. <http://www.jstor.org/stable/1268225>.
- Gorbunova, A. A.; Lemeshko, B. Y. and Lemeshko, S. B. (2010). **About Robustness and Power of Variance Homogeneity Tests**. [Online]. http://ami.nstu.ru/~headrd/seminar/publik_html/CDAM_2010_gorbunova.pdf.
- Krishnamoorthy, K., Mathew, T. and Mukherjee, S. (2008). **Normal-Based Methods for a Gamma Distribution: Prediction and Tolerance Intervals and Stress-Strength Reliability**. *American Statistical Association and the American Society for Quality*. 50(1): 69-78.
- Levene, H. 1960. **Robust Tests for Equality of Variances**. In *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*. Olkin, I. et al. ed. CA: Stanford University, 278-292.
- Napier, J. 1614. **Mirifici Logarithmorum canonis descriptio, ejusque usus, in utraque trigonometria**. [Online]. <https://shorturl.asia/lkRqL>.
- Royston, J. P. 1982. **An Extension of Shapiro and Wilk's W test for Normality to Large Sample**. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*. 31(2): 115-124. [Online]. <http://www.jstor.org/stable/2347973>.
- Shapiro, S. S. and Wilk, M. B. 1965. **An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)**. *Biometrika*. 52 (December): 591-611. [Online]. <http://www.jstor.org/discover/10.2307/2333709>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Shapiro, S. S.; Wilk, M. B. and Chen, H. J. 1968. **A Comparative Study of Variance Tests for Normality**. The Journal of the American Statistical Association. 63(December): 1343-1372. [Online]. <http://www.jstor.org/stable/2285889>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก1 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับการทดสอบซาไฟโร-วิลก์ (a_l)

| l | n | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 0.707 | 0.707 | 0.687 | 0.665 | 0.643 | 0.623 | 0.605 | 0.589 | 0.574 |
| 2 | - | - | 0.168 | 0.241 | 0.281 | 0.303 | 0.316 | 0.324 | 0.329 |
| 3 | - | - | - | - | 0.088 | 0.140 | 0.174 | 0.198 | 0.214 |
| 4 | - | - | - | - | - | - | 0.056 | 0.095 | 0.122 |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.040 |

| l | n | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0.560 | 0.548 | 0.536 | 0.525 | 0.515 | 0.506 | 0.497 | 0.489 | 0.481 | 0.473 |
| 2 | 0.332 | 0.333 | 0.333 | 0.332 | 0.331 | 0.329 | 0.327 | 0.325 | 0.323 | 0.321 |
| 3 | 0.226 | 0.235 | 0.241 | 0.246 | 0.250 | 0.252 | 0.254 | 0.255 | 0.256 | 0.257 |
| 4 | 0.143 | 0.159 | 0.171 | 0.180 | 0.188 | 0.194 | 0.199 | 0.203 | 0.206 | 0.209 |
| 5 | 0.070 | 0.092 | 0.110 | 0.124 | 0.135 | 0.145 | 0.152 | 0.159 | 0.164 | 0.169 |
| 6 | - | 0.030 | 0.054 | 0.073 | 0.088 | 0.101 | 0.111 | 0.120 | 0.127 | 0.133 |
| 7 | - | - | - | 0.024 | 0.043 | 0.059 | 0.073 | 0.084 | 0.093 | 0.101 |
| 8 | - | - | - | - | - | 0.020 | 0.036 | 0.050 | 0.061 | 0.071 |
| 9 | - | - | - | - | - | - | - | 0.016 | 0.030 | 0.042 |
| 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.014 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 (ต่อ)

| l | n | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 0.464 | 0.459 | 0.454 | 0.449 | 0.445 | 0.441 | 0.437 | 0.433 | 0.429 | 0.425 |
| 2 | 0.319 | 0.316 | 0.313 | 0.310 | 0.307 | 0.304 | 0.302 | 0.299 | 0.297 | 0.294 |
| 3 | 0.258 | 0.257 | 0.256 | 0.255 | 0.254 | 0.253 | 0.252 | 0.251 | 0.250 | 0.249 |
| 4 | 0.212 | 0.213 | 0.214 | 0.215 | 0.215 | 0.215 | 0.215 | 0.215 | 0.215 | 0.215 |
| 5 | 0.174 | 0.176 | 0.179 | 0.181 | 0.182 | 0.184 | 0.185 | 0.186 | 0.186 | 0.187 |
| 6 | 0.140 | 0.144 | 0.148 | 0.151 | 0.154 | 0.156 | 0.158 | 0.160 | 0.162 | 0.163 |
| 7 | 0.109 | 0.115 | 0.120 | 0.125 | 0.128 | 0.132 | 0.135 | 0.137 | 0.140 | 0.142 |
| 8 | 0.080 | 0.088 | 0.094 | 0.100 | 0.105 | 0.109 | 0.113 | 0.116 | 0.119 | 0.122 |
| 9 | 0.053 | 0.062 | 0.070 | 0.076 | 0.082 | 0.088 | 0.092 | 0.097 | 0.100 | 0.104 |
| 10 | 0.026 | 0.037 | 0.046 | 0.054 | 0.061 | 0.067 | 0.073 | 0.078 | 0.082 | 0.086 |
| 11 | - | 0.012 | 0.023 | 0.032 | 0.040 | 0.048 | 0.054 | 0.060 | 0.065 | 0.070 |
| 12 | - | - | 0.000 | 0.011 | 0.020 | 0.028 | 0.036 | 0.042 | 0.048 | 0.054 |
| 13 | - | - | - | - | 0.000 | 0.009 | 0.018 | 0.025 | 0.032 | 0.038 |
| 14 | - | - | - | - | - | - | 0.000 | 0.008 | 0.016 | 0.023 |
| 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.000 | 0.008 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก2 วิธีการแปลงตัวสถิติทดสอบชาปีโร-วิลก์โดยประมาณ

| n | b_n | c_n | d_n | n | b_n | c_n | d_n |
|----|--------|-------|--------|----|--------|-------|--------|
| 7 | -2.356 | 1.245 | 0.4533 | 29 | -6.074 | 1.934 | 0.1907 |
| 8 | -2.696 | 1.333 | 0.4186 | 30 | -6.150 | 1.949 | 0.1872 |
| 9 | -2.968 | 1.400 | 0.3900 | | | | |
| 10 | -3.262 | 1.471 | 0.3600 | 31 | -6.248 | 1.965 | 0.1840 |
| | | | | 32 | -6.324 | 1.976 | 0.1811 |
| 11 | -3.485 | 1.515 | 0.3451 | 33 | -6.402 | 1.988 | 0.1781 |
| 12 | -3.731 | 1.571 | 0.3270 | 34 | -6.480 | 2.000 | 0.1755 |
| 13 | -3.936 | 1.613 | 0.3111 | 35 | -6.559 | 2.012 | 0.1727 |
| 14 | -4.155 | 1.655 | 0.2969 | | | | |
| 15 | -4.373 | 1.695 | 0.2842 | 36 | -6.640 | 2.024 | 0.1702 |
| | | | | 37 | -6.721 | 2.037 | 0.1677 |
| 16 | -4.567 | 1.724 | 0.2727 | 38 | -6.803 | 2.049 | 0.1656 |
| 17 | -4.713 | 1.739 | 0.2622 | 39 | -6.887 | 2.062 | 0.1633 |
| 18 | -4.885 | 1.770 | 0.2528 | 40 | -6.961 | 2.075 | 0.1612 |
| 19 | -5.018 | 1.786 | 0.2440 | | | | |
| 20 | -5.153 | 1.802 | 0.2359 | 41 | -7.035 | 2.088 | 0.1591 |
| | | | | 42 | -7.111 | 2.101 | 0.1572 |
| 21 | -5.291 | 1.818 | 0.2264 | 43 | -7.188 | 2.114 | 0.1552 |
| 22 | -5.413 | 1.835 | 0.2207 | 44 | -7.266 | 2.128 | 0.1534 |
| 23 | -5.508 | 1.848 | 0.2157 | 45 | -7.345 | 2.141 | 0.1516 |
| 24 | -5.605 | 1.862 | 0.2106 | | | | |
| 25 | -5.504 | 1.876 | 0.2063 | 46 | -7.414 | 2.155 | 0.1499 |
| | | | | 47 | -7.484 | 2.169 | 0.1482 |
| 26 | -5.803 | 1.890 | 0.2020 | 48 | -7.555 | 2.183 | 0.1466 |
| 27 | -5.905 | 1.905 | 0.1980 | 49 | -7.615 | 2.198 | 0.1451 |
| 28 | -5.988 | 1.919 | 0.1943 | 50 | -7.677 | 2.212 | 0.1436 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก3 ความน่าจะเป็นทางบนสำหรับการแจกแจงปรกติมาตรฐาน

| | .00 | .01 | .02 | .03 | .04 | .05 | .06 | .07 | .08 | .09 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| .0 | .5000 | .4960 | .4920 | .4880 | .4840 | .4801 | .4761 | .4721 | .4681 | .4641 |
| .1 | .4602 | .4562 | .4522 | .4483 | .4443 | .4404 | .4364 | .4325 | .4286 | .4247 |
| .2 | .4207 | .4168 | .4129 | .4090 | .4052 | .4013 | .3974 | .3936 | .3897 | .3859 |
| .3 | .3821 | .3783 | .3745 | .3707 | .3669 | .3632 | .3594 | .3557 | .3520 | .3483 |
| .4 | .3446 | .3409 | .3372 | .3336 | .3300 | .3264 | .3228 | .3192 | .3156 | .3121 |
| .5 | .3085 | .3050 | .3015 | .2981 | .2946 | .2912 | .2877 | .2843 | .2810 | .2776 |
| .6 | .2743 | .2709 | .2676 | .2643 | .2611 | .2578 | .2546 | .2514 | .2483 | .2451 |
| .7 | .2420 | .2389 | .2358 | .2327 | .2296 | .2266 | .2236 | .2206 | .2177 | .2148 |
| .8 | .2119 | .2090 | .2061 | .2033 | .2005 | .1977 | .1949 | .1922 | .1894 | .1867 |
| .9 | .1841 | .1814 | .1788 | .1762 | .1736 | .1711 | .1685 | .1660 | .1635 | .1611 |
| 1.0 | .1587 | .1562 | .1539 | .1515 | .1492 | .1469 | .1446 | .1423 | .1401 | .1379 |
| 1.1 | .1357 | .1335 | .1314 | .1292 | .1271 | .1251 | .1230 | .1210 | .1190 | .1170 |
| 1.2 | .1151 | .1131 | .1112 | .1093 | .1075 | .1056 | .1038 | .1020 | .1003 | .0985 |
| 1.3 | .0968 | .0951 | .0934 | .0918 | .0901 | .0885 | .0869 | .0853 | .0838 | .0823 |
| 1.4 | .0808 | .0793 | .0778 | .0764 | .0749 | .0735 | .0721 | .0708 | .0694 | .0681 |
| 1.5 | .0668 | .0655 | .0643 | .0630 | .0618 | .0606 | .0594 | .0582 | .0571 | .0559 |
| 1.6 | .0548 | .0537 | .0526 | .0516 | .0505 | .0495 | .0485 | .0475 | .0465 | .0455 |
| 1.7 | .0446 | .0436 | .0427 | .0418 | .0409 | .0401 | .0314 | .0384 | .0375 | .0367 |
| 1.8 | .0359 | .0351 | .0344 | .0336 | .0329 | .0322 | .0250 | .0307 | .0301 | .0294 |
| 1.9 | .0287 | .0281 | .0274 | .0268 | .0256 | .0250 | .0250 | .0244 | .0239 | .0233 |
| 2.0 | .0228 | .0222 | .0217 | .0212 | .0207 | .0202 | .0197 | .0192 | .0188 | .0183 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

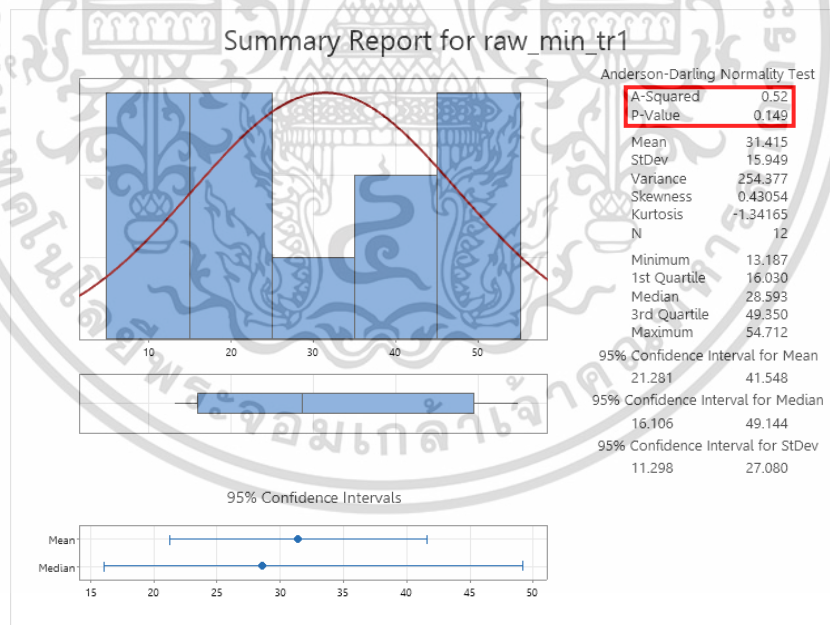
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการแจกแจงของข้อมูล

กรณี ผลการทดสอบการแจกแจงปรกติด้วยสถิติทดสอบชาฟิโร-วิลค์ หลังการแปลงข้อมูลในค่าสัดส่วน
ความสำเร็จที่เท่ากัน

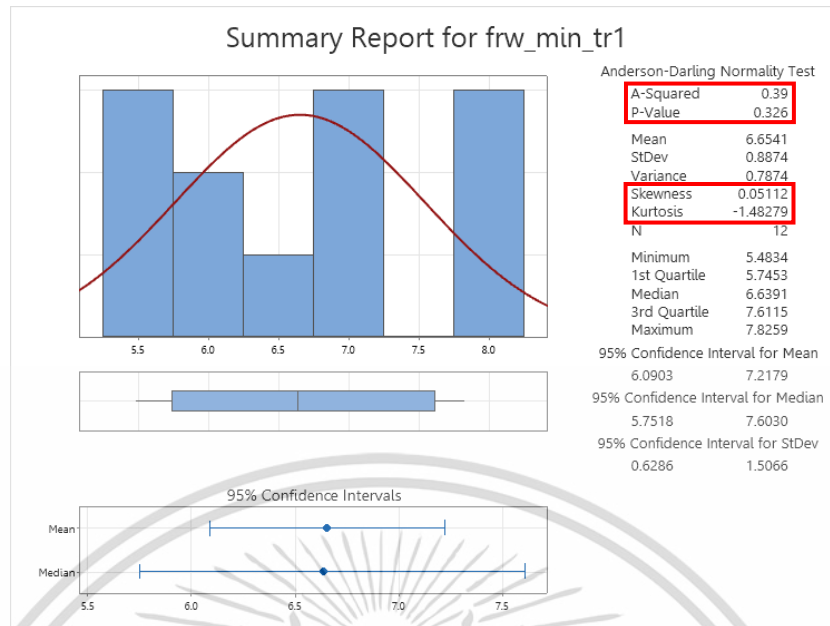
| | raw_min_tr1 | frw_min_tr1 | wfr_min_tr1 |
|----|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 21.8313 | 6.21991 | 1.08300 |
| 2 | 20.4159 | 6.11655 | 1.06500 |
| 3 | 24.2067 | 6.38260 | 1.11133 |
| 4 | 14.5674 | 5.62159 | 0.97882 |
| 5 | 13.1871 | 5.48341 | 0.95476 |
| 6 | 13.6100 | 5.52686 | 0.96233 |
| 7 | 53.2813 | 7.77424 | 1.35363 |
| 8 | 54.7116 | 7.82589 | 1.36263 |
| 9 | 54.0558 | 7.80234 | 1.35853 |
| 10 | 36.5745 | 7.07634 | 1.23212 |
| 11 | 32.9786 | 6.89560 | 1.20065 |
| 12 | 37.5557 | 7.12333 | 1.24030 |

รูปที่ ค1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการสุ่ม y_{ij} เมื่อ $k = 3$ และ $n = 3$

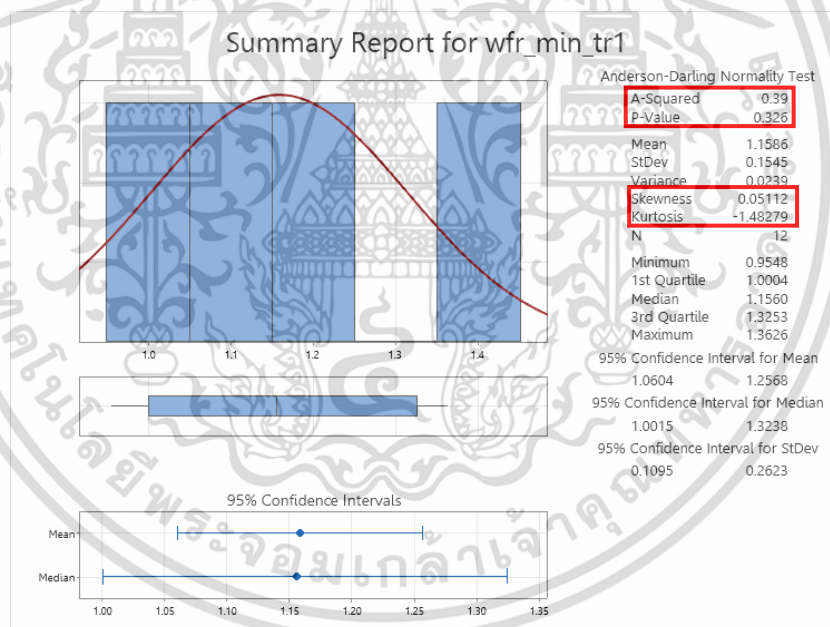


รูปที่ ค2 แสดงการแจกแจงและค่าสถิติต่างๆ จากโปรแกรม Minitab ของข้อมูล raw_min_tr1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค3 แสดงการแจกแจงและค่าสถิติต่างๆ จากโปรแกรม Minitab ของข้อมูล frw_min_tr1



รูปที่ ค4 แสดงการแจกแจงและค่าสถิติต่างๆ จากโปรแกรม Minitab ของข้อมูล wfr_min_tr1

จากรูปที่ ค2, ค3 และ ค4 จากค่า summary จะพบว่าข้อมูลทั้ง 3 ชุด มีการแจกแจงปกติ แต่ข้อมูลชุด frw_min_tr1 และ wfr_min_tr1 ซึ่งเป็นข้อมูลหลังการแปลง มีค่าการทดสอบ A-Squared, p-value, Skewness และ ค่า Kurtosis ที่เท่ากัน นั่นจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ค่าสัดส่วนความสำเร็จของวิธีการแปลงข้อมูลที่มีการสลับกัน เช่น BC+W กับ W+BC, Log+W กับ W+Log และ เอกสารนี้ FR+W กับ W+FR มีค่าเท่ากันในกรณีที่ใช้ข้อมูล y_{ij} ชุดเดียวกัน อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ง1 แสดงความหมายของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในปัญหาพิเศษ

| ตัวแปร | หน้าที่การทำงาน |
|-------------------|---|
| k | จำนวนทรีทเมนต์ |
| n | จำนวนซ้ำของหน่วยทดลองในแต่ละทรีทเมนต์ |
| mean_value | ค่าเฉลี่ย |
| sd_value | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| treatment_effects | อิทธิพลของทรีทเมนต์ τ_i |
| var_ratio | อัตราส่วนของความแปรปรวนในแต่ละวิธีการทดลอง |
| loops | จำนวนรอบในการทดสอบ |
| error | ตัวแปรเก็บค่าความคลาดเคลื่อนที่สร้างขึ้น |
| tr | กำหนดค่าของอิทธิของทรีทเมนต์ |
| y | ค่าข้อมูลตัวแปรตามที่สร้างขึ้นตามขอบเขตการวิจัย |
| levene_test_group | ฟังก์ชันการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนที่สร้างขึ้น |
| p_levene(...) | ค่าการทดสอบ Levene's ของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆจากฟังก์ชันที่สร้างขึ้น |
| shapiro(...) | การทดสอบการแจกแจงของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆด้วยสถิติทดสอบ Shapiro-wilk test |
| p_values_sw(...) | การดึง p-value ของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆออกจากฟังก์ชันการทดสอบของสถิติทดสอบ Shapiro-wilk test |
| fr(...) | การถอดรากที่สี่ของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆ |
| w(...) | การหาส่วนกลับของส่วนเบี่ยงเบนของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆ |
| frw(...) | การถ่วงน้ำหนักของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆ |
| shapiro(...)_frw | การทดสอบการแจกแจงของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆหลังการแปลงข้อมูลด้วยสถิติทดสอบ Shapiro-wilk test |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง1 (ต่อ)

| ตัวแปร | หน้าที่การทำงาน |
|------------------------|--|
| p_values_sw (...) _frw | การดึง p-value ของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆหลังการแปลงข้อมูลออกจากฟังก์ชันการทดสอบของสถิติทดสอบ Shapiro-wilk test |
| p_levene (...) _frw | ค่าการทดสอบ Levene's ของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆหลังการแปลงข้อมูลจากฟังก์ชันที่สร้างขึ้น |
| s1 (...) | การนับจำนวนรอบที่ยอมรับสมมติฐานการทดสอบ Shapiro-wilk test ของทริทเมนต์ที่ 1 ของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆ |
| s2 (...) | การนับจำนวนรอบที่ยอมรับสมมติฐานการทดสอบ Shapiro-wilk test ของทริทเมนต์ที่ 2 ของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆ |
| s3 (...) | การนับจำนวนรอบที่ยอมรับสมมติฐานการทดสอบ Shapiro-wilk test ของทริทเมนต์ที่ 3 ของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆ |
| l (...) | การนับจำนวนรอบที่ยอมรับสมมติฐานการทดสอบ Levene's test ของกลุ่มข้อมูลตามค่าสัดส่วนความแปรปรวนต่างๆ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างคำสั่งโปรแกรม R ที่ใช้ในงานวิจัย

#กำหนดค่าต่างๆตามขอบเขตการวิจัย

```
set.seed(1)
```

```
k <- 3
```

```
n <- 3
```

```
mean_value <- 12
```

```
sd_value <- 3
```

```
treatment_effects <- c(0, 0, 0, 9.8995, 12.1244, 15.6525, 24.0416, 29.4449, 38.0132,
43.8406, 53.6936, 69.3181)
```

```
var_ratio <- matrix(c(1, 1, 2, 1, 2, 3, 1, 3, 6), k, 12)
```

```
loops <- 100
```

สร้างตัวแปรเก็บข้อมูลทั้ง 12 รอบ

```
accepted_data <- array(0, dim = c(n, k, 12))
```

```
y <- array(0, dim = c(n, k, 12))
```

สร้างตัวแปรเพื่อเก็บข้อมูลแยกตามสัดส่วน 1:1:2

```
y_min <- array(0, dim = c(n, k, 4))
```

สร้างตัวแปรเพื่อเก็บข้อมูลแยกตามสัดส่วน 1:2:3

```
y_mid <- array(0, dim = c(n, k, 4))
```

สร้างตัวแปรเพื่อเก็บข้อมูลแยกตามสัดส่วน 1:3:6

```
y_max <- array(0, dim = c(n, k, 4))
```

สร้างตัวแปร ytr1, ytr2, ytr3 เพื่อเก็บค่าทั้ง 12 รอบ

```
y_tr1 <- array(0, dim = c(n, 12))
```

```
y_tr2 <- array(0, dim = c(n, 12))
```

```
y_tr3 <- array(0, dim = c(n, 12))
```

#สร้างตัวแปรเก็บค่าแต่ละทริทเมนต์ แยกตามค่าสัดส่วน

```
y_tr1_min <- array(0, dim = c(n, 4))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
y_tr2_min <- array(0, dim = c(n, 4))
```

```
y_tr3_min <- array(0, dim = c(n, 4))
```

```
y_tr1_mid <- array(0, dim = c(n, 4))
```

```
y_tr2_mid <- array(0, dim = c(n, 4))
```

```
y_tr3_mid <- array(0, dim = c(n, 4))
```

```
y_tr1_max <- array(0, dim = c(n, 4))
```

```
y_tr2_max <- array(0, dim = c(n, 4))
```

```
y_tr3_max <- array(0, dim = c(n, 4))
```

```
#### count for FR+W ####
```

```
s1_min <- 0
```

```
s2_min <- 0
```

```
s3_min <- 0
```

```
s1_mid <- 0
```

```
s2_mid <- 0
```

```
s3_mid <- 0
```

```
s1_max <- 0
```

```
s2_max <- 0
```

```
s3_max <- 0
```

```
l_min <- 0
```

```
l_mid <- 0
```

```
l_max <- 0
```

```
for (loop in 1:loops) {
```

```
  for (vr in 1:12) {
```

```
    error <- array(rnorm((k * n), 0, sd_value), dim = c(n, k))
```

เอกสารนี้เป็น shapiro_er <- apply(error, 2, shapiro.test) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณี p_values_er <- sapply(shapiro_er, function(x) x\$p.value) เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while (any(p_values_er < 0.05)) {
  error <- array(rnorm((k * n), 0, sd_value), dim = c(n, k))
  shapiro_er <- apply(error, 2, shapiro.test)
  p_values_er <- sapply(shapiro_er, function(x) x$p.value)
}

d <- treatment_effects[vr]
tr <- c(-d, 0, d)
tr <- abs(tr)
y1 <- array(dim = c(n, 1))
y2 <- array(dim = c(n, 1))
y3 <- array(dim = c(n, 1))

for (i in 1:n) {
  y1[i] <- abs(mean_value + tr[1] + (sqrt(var_ratio[1, vr]) * error[i, 1]))
  y2[i] <- abs(mean_value + tr[2] + (sqrt(var_ratio[2, vr]) * error[i, 2]))
  y3[i] <- abs(mean_value + tr[3] + (sqrt(var_ratio[3, vr]) * error[i, 3]))
}

while (any(y1 < 0) || any(y2 < 0) || any(y3 < 0)) {
  error <- array(rnorm((k * n), 0, sd_value), dim = c(n, k))
  for (i in 1:n) {
    y1[i] <- abs(mean_value + tr[1] + (sqrt(var_ratio[1, vr]) * error[i, 1]))
    y2[i] <- abs(mean_value + tr[2] + (sqrt(var_ratio[2, vr]) * error[i, 2]))
    y3[i] <- abs(mean_value + tr[3] + (sqrt(var_ratio[3, vr]) * error[i, 3]))
  }
}

if (identical(var_ratio[, vr], c(1, 1, 2))) {
  y_min[, , vr %% 4 + 1] <- matrix(c(y1, y2, y3), n, k)
  shapiro_min <- apply(y_min[, , vr %% 4 + 1], 2, shapiro.test)
  p_values_sw_min <- sapply(shapiro_min, function(x) x$p.value)
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (any(p_values_sw_min < 0.05)) {
  cat("Warning: Shapiro-Wilk test failed for y_min. Retrying...\n")
  while (any(p_values_sw_min < 0.05)) {

    error <- array(rnorm((k * n), 0, sd_value), dim = c(n, k))

    for (i in 1:n) {
      y1[i] <- abs(mean_value + tr[1] + (sqrt(var_ratio[1, vr]) * error[i, 1]))
      y2[i] <- abs(mean_value + tr[2] + (sqrt(var_ratio[2, vr]) * error[i, 2]))
      y3[i] <- abs(mean_value + tr[3] + (sqrt(var_ratio[3, vr]) * error[i, 3]))
    }
    y_min[, , vr %% 4 + 1] <- matrix(c(y1, y2, y3), n, k)
    shapiro_min <- apply(y_min[, , vr %% 4 + 1], 2, shapiro.test)
    p_values_sw_min <- sapply(shapiro_min, function(x) x$p.value)
  }
} else if (identical(var_ratio[, vr], c(1, 2, 3))) {
  y_mid[, , vr %% 4 + 1] <- matrix(c(y1, y2, y3), n, k)
  shapiro_mid <- apply(y_mid[, , vr %% 4 + 1], 2, shapiro.test)
  p_values_sw_mid <- sapply(shapiro_mid, function(x) x$p.value)
  if (any(p_values_sw_mid < 0.05)) {
    cat("Warning: Shapiro-Wilk test failed for y_mid. Retrying...\n")
    while (any(p_values_sw_mid < 0.05)) {

      error <- array(rnorm((k * n), 0, sd_value), dim = c(n, k))
      for (i in 1:n) {
        y1[i] <- abs(mean_value + tr[1] + (sqrt(var_ratio[1, vr]) * error[i, 1]))
        y2[i] <- abs(mean_value + tr[2] + (sqrt(var_ratio[2, vr]) * error[i, 2]))
        y3[i] <- abs(mean_value + tr[3] + (sqrt(var_ratio[3, vr]) * error[i, 3]))
      }
      y_mid[, , vr %% 4 + 1] <- matrix(c(y1, y2, y3), n, k)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสาร shapiro_mid <- apply(y_mid[, , vr %% 4 + 1], 2, shapiro.test) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ที่ p_values_sw_mid <- sapply(shapiro_mid, function(x) x\$p.value) ึ่งที่มีการนำไปใช้

```

    }
  }
} else if (identical(var_ratio[, vr], c(1, 3, 6))) {
  y_max[, , vr %% 4 + 1] <- matrix(c(y1, y2, y3), n, k)
  shapiro_max <- apply(y_max[, , vr %% 4 + 1], 2, shapiro.test)
  p_values_sw_max <- sapply(shapiro_max, function(x) x$p.value)

  if (any(p_values_sw_max < 0.05)) {
    cat("Warning: Shapiro-Wilk test failed for y_max. Retrying...\n")
    while (any(p_values_sw_max < 0.05)) {

      error <- array(rnorm((k * n), 0, sd_value), dim = c(n, k))

      for (i in 1:n) {
        y1[i] <- abs(mean_value + tr[1] + (sqrt(var_ratio[1, vr]) * error[i, 1]))
        y2[i] <- abs(mean_value + tr[2] + (sqrt(var_ratio[2, vr]) * error[i, 2]))
        y3[i] <- abs(mean_value + tr[3] + (sqrt(var_ratio[3, vr]) * error[i, 3]))
      }
      y_max[, , vr %% 4 + 1] <- matrix(c(y1, y2, y3), n, k)
      shapiro_max <- apply(y_max[, , vr %% 4 + 1], 2, shapiro.test)
      p_values_sw_max <- sapply(shapiro_max, function(x) x$p.value)
    }
  }
}
y[, , vr] <- matrix(c(y1, y2, y3), n, k)

```

นำข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบแล้วเก็บไว้

```
accepted_data[, , vr] <- y[, , vr]
```

กำหนดข้อมูลของแต่ละ Treatment

```
y_tr1[, vr] <- y1
```

เอกสารนี้เป็นของ **y_tr2[, vr] <- y2** สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณี **y_tr3[, vr] <- y3** ใดๆจะมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (identical(var_ratio[, vr], c(1, 1, 2))) {
  y_min[, , vr %% 4 + 1] <- y[, , vr]
  y_tr1_min[, vr %% 4 + 1] <- y1
  y_tr2_min[, vr %% 4 + 1] <- y2
  y_tr3_min[, vr %% 4 + 1] <- y3
} else if (identical(var_ratio[, vr], c(1, 2, 3))) {
  y_mid[, , vr %% 4 + 1] <- y[, , vr]
  y_tr1_mid[, vr %% 4 + 1] <- y1
  y_tr2_mid[, vr %% 4 + 1] <- y2
  y_tr3_mid[, vr %% 4 + 1] <- y3
} else if (identical(var_ratio[, vr], c(1, 3, 6))) {
  y_max[, , vr %% 4 + 1] <- y[, , vr]
  y_tr1_max[, vr %% 4 + 1] <- y1
  y_tr2_max[, vr %% 4 + 1] <- y2
  y_tr3_max[, vr %% 4 + 1] <- y3
}
}#vr

# ฟังก์ชันสำหรับ Levene's Test
levene_test_group <- function(y_group1,y_group2,y_group3) {
  ni <- length(y_group1)

  # คำนวณค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่ม
  mean_group1 <- mean(y_group1)
  mean_group2 <- mean(y_group2)
  mean_group3 <- mean(y_group3)

  # คำนวณค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ย
  x_group1 <- abs(y_group1 - mean_group1)
  x_group2 <- abs(y_group2 - mean_group2)
  x_group3 <- abs(y_group3 - mean_group3)
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรีรัมย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

# คำนวณค่ารวมของ x
x_group <- c(x_group1,x_group2,x_group3)
sum_x_group <- sum(x_group)

# คำนวณ SST, SSTR, SSE
SST_group <- sum(x_group^2) - ((sum_x_group^2) / (k*ni))
sum_sq_tr_group1 <- (sum(x_group1)^2) / ni
sum_sq_tr_group2 <- (sum(x_group2)^2) / ni
sum_sq_tr_group3 <- (sum(x_group3)^2) / ni
sum_sq_tr_group <- c(sum_sq_tr_group1,sum_sq_tr_group2,sum_sq_tr_group3)
SSTR_group <- sum(sum_sq_tr_group) - ((sum_x_group^2) / (k*ni))
SSE_group <- SST_group - SSTR_group

# คำนวณ F-statistic
f_levene_group <- (SSTR_group / (k - 1)) / (SSE_group / (k * (ni - 1)))

# คำนวณ p-value
p_levene_group <- round(1 - pf(f_levene_group, k - 1, k * (n - 1)), digits = 6)

# return p-value
return(p_levene_group)
}

```

```
#####levene #####
```

```
#####
```

```
# ใช้ฟังก์ชันสำหรับ Levene's Test กับทุกกลุ่ม
```

```
p_levene_min <- levene_test_group(y_tr1_min,y_tr2_min,y_tr3_min)
```

```
p_levene_mid <- levene_test_group(y_tr1_mid,y_tr2_mid,y_tr3_mid)
```

```
p_levene_max <- levene_test_group(y_tr1_max,y_tr2_max,y_tr3_max)
```

```
#####
```

```
##### shapiro-wilk #####
```

```
ไม่ว่ากรณี shapiro_min <- apply(y_min[, , vr %% 4 + 1], 2, shapiro.test)เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
```

```
p_values_sw_min <- sapply(shapiro_min, function(x) x$p.value)
```

```
shapiro_mid <- apply(y_mid[, , vr %% 4 + 1], 2, shapiro.test)
```

```
p_values_sw_mid <- sapply(shapiro_mid, function(x) x$p.value)
```

```
shapiro_max <- apply(y_max[, , vr %% 4 + 1], 2, shapiro.test)
```

```
p_values_sw_max <- sapply(shapiro_max, function(x) x$p.value)
```

```
#####
#####Transtransformation#####
#####
##### FR + W #####
#####
fr_min <- sqrt(sqrt(y_min))
w_min <- 1 / sd(fr_min)
frw_min <- fr_min * w_min

fr_mid <- sqrt(sqrt(y_mid))
w_mid <- 1 / sd(fr_mid)
frw_mid <- fr_mid * w_mid

fr_max <- sqrt(sqrt(y_max))
w_max <- 1 / sd(fr_max)
frw_max <- fr_max * w_max
```

```
# 1:1:2 #
```

```
fr_tr1_min <- sqrt(sqrt(y_tr1_min))
```

```
w_tr1_min <- 1 / sd(fr_tr1_min)
```

```
frw_data_tr1_min <- fr_tr1_min * w_tr1_min
```

```
fr_tr2_min <- sqrt(sqrt(y_tr2_min))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fr_tr3_min <- sqrt(sqrt(y_tr3_min))
w_tr3_min <- 1 / sd(fr_tr3_min)
frw_data_tr3_min <- fr_tr3_min * w_tr3_min
```

1:2:3

```
fr_tr1_mid <- sqrt(sqrt(y_tr1_mid))
w_tr1_mid <- 1 / sd(fr_tr1_mid)
frw_data_tr1_mid <- fr_tr1_mid * w_tr1_mid
```

```
fr_tr2_mid <- sqrt(sqrt(y_tr2_mid))
w_tr2_mid <- 1 / sd(fr_tr2_mid)
frw_data_tr2_mid <- fr_tr2_mid * w_tr2_mid
```

```
fr_tr3_mid <- sqrt(sqrt(y_tr3_mid))
w_tr3_mid <- 1 / sd(fr_tr3_mid)
frw_data_tr3_mid <- fr_tr3_mid * w_tr3_mid
```

1:3:6

```
fr_tr1_max <- sqrt(sqrt(y_tr1_max))
w_tr1_max <- 1 / sd(fr_tr1_max)
frw_data_tr1_max <- fr_tr1_max * w_tr1_max
```

```
fr_tr2_max <- sqrt(sqrt(y_tr2_max))
w_tr2_max <- 1 / sd(fr_tr2_max)
frw_data_tr2_max <- fr_tr2_max * w_tr2_max
```

```
fr_tr3_max <- sqrt(sqrt(y_tr3_max))
w_tr3_max <- 1 / sd(fr_tr3_max)
frw_data_tr3_max <- fr_tr3_max * w_tr3_max
```

```
#####
```

เอกสารนี้##### Shapiro-Wilk #####

ไม่ว่ากรณีใดๆ shapiro_min_frw <- apply(frw_min, 2, shapiro.test) เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
shapiro_mid_frw <- apply(fr_w_mid, 2, shapiro.test)
shapiro_max_frw <- apply(fr_w_max, 2, shapiro.test)
```

```
p_values_sw_min_frw <- sapply(shapiro_min_frw, function(x) x$p.value)
p_values_sw_mid_frw <- sapply(shapiro_mid_frw, function(x) x$p.value)
p_values_sw_max_frw <- sapply(shapiro_max_frw, function(x) x$p.value)
```

```
#####
##### Levene's #####
p_levene_min_frw <-
levene_test_group(fr_w_data_tr1_min,fr_w_data_tr2_min,fr_w_data_tr3_min)
p_levene_mid_frw <-
levene_test_group(fr_w_data_tr1_mid,fr_w_data_tr2_mid,fr_w_data_tr3_mid)
p_levene_max_frw <-
levene_test_group(fr_w_data_tr1_max,fr_w_data_tr2_max,fr_w_data_tr3_max)

#####
##### count SW #####
##### For Fr+W #####
#####
if (p_values_sw_min_frw[1] >= 0.05) {
  s1_min <- s1_min + 1
}
if (p_values_sw_min_frw[2] >= 0.05) {
  s2_min <- s2_min + 1
}
if (p_values_sw_min_frw[3] >= 0.05) {
  s3_min <- s3_min + 1
}

#####
```

เอกสารนี้ MID ##### ถ้า
ไม่ว่าการ if (p_values_sw_mid_frw[1] >= 0.05) { และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

s1_mid <- s1_mid + 1
}
if (p_values_sw_mid_frw[2] >= 0.05) {
  s2_mid <- s2_mid + 1
}
if (p_values_sw_mid_frw[3] >= 0.05) {
  s3_mid <- s3_mid + 1
}

#####
##### MAX #####
if (p_values_sw_max_frw[1] >= 0.05) {
  s1_max <- s1_max + 1
}
if (p_values_sw_max_frw[2] >= 0.05) {
  s2_max <- s2_max + 1
}
if (p_values_sw_max_frw[3] >= 0.05) {
  s3_max <- s3_max + 1
}

#####
##### count Levene #####
##### MIN #####
if(p_levene_min_frw >= 0.05){
  l_min <- l_min + 1
}

#####
##### MID #####
if(p_levene_mid_frw >= 0.05){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#####
##### MAX #####
if(p_levene_max_frw >= 0.05){
  l_max <- l_max + 1
}
}#loop
```

#แสดงผลการนับจำนวนที่ยอมรับ

```
for ( c in 1) {
```

```
  cat(" k=3 ", "\n")
  cat(" n=3 ", "\n")
  cat("#####", "\n")
```

```
  cat("COUNT FOR FR+W", "\n")
  cat("Count SW", "\n")
  cat("s1_min:", s1_min, "\n")
  cat("s2_min:", s2_min, "\n")
  cat("s3_min:", s3_min, "\n")
  cat("\n")
  cat("Count W", "\n")
  cat("l_min", l_min, "\n")
  cat("#####", "\n")
```

```
  cat("Count SW", "\n")
  cat("s1_mid:", s1_mid, "\n")
  cat("s2_mid:", s2_mid, "\n")
  cat("s3_mid:", s3_mid, "\n")
  cat("\n")
```

```
  cat("Count W", "\n")
```

เอกสารนี้เป็นการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cat("Count SW", "\n")
cat("s1_max:", s1_max, "\n")
cat("s2_max:", s2_max, "\n")
cat("s3_max:", s3_max, "\n")
cat("\n")

cat("Count W", "\n")
cat("l_max", l_max, "\n")
cat("#####", "\n")
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คำรับรองเล่มโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา

วันที่ 7 เดือน เมษายน พ.ศ. 2567

| | | | |
|-----------------------|----------|--------------|----------|
| ข้าพเจ้า นายรุ่งโรจน์ | ลาดทา | รหัสประจำตัว | 63050657 |
| นางสาวสุธิดา | หาพรต | รหัสประจำตัว | 63050680 |
| นางสาวเสาวนีย์ | โพธิ์ทอง | รหัสประจำตัว | 63050685 |

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา สถิติประยุกต์ ภาควิชา สถิติ

ขอรับรองว่าปัญหาพิเศษ

ชื่อภาษาไทย การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการแปลงข้อมูลแบบปรับเพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่เท่ากันสำหรับแผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

ชื่อภาษาอังกฤษ Efficiency Comparison of Adjusted Data Transformation Methods on CRD with Unequal Variance

ปีการศึกษา 2566

เป็นผลงานวิจัยที่ได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มปัญหาพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 11.34 %

| | | |
|--|---------------------------------------|--|
| ลงชื่อ..... <u>รุ่งโรจน์ ลาดทา</u> | ลงชื่อ..... <u>สุธิดา หาพรต</u> | ลงชื่อ..... <u>เสาวนีย์ โพธิ์ทอง</u> |
| (นายรุ่งโรจน์ ลาดทา) | (นางสาวสุธิดา หาพรต) | (นางสาวเสาวนีย์ โพธิ์ทอง) |
| นักศึกษา | นักศึกษา | นักศึกษา |

ข้าพเจ้า รศ.สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ได้ตรวจสอบปัญหาพิเศษ ของนักศึกษาข้างต้นแล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....Mota.....

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้