ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)

ปริญญา

สถิติ	สถิติ
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูลเมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

A Comparison on Transformation Methods for Proportion Data when Data are Unconformed to the Additivity Assumption in the Randomized Complete Block Design

นามผู้วิจัย นางสาวสุบงกช แป้นโก๋

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์อนันต์ชัย เชื่อนธรรม, M.S.)

กรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญอ้อม โฉมที, Ph.D.)

กรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตน์ทนา สังข์พงษ์, บธ.ม.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์สายสุดา สมชิต, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 14 เดือน มกราคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูลเมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

A Comparison on Transformation Methods for Proportion Data when Data are Unconformed to the Additivity Assumption in the Randomized Complete Block Design

โดย

นางสาวสุบงกช แป้นโก๋

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)

พ.ศ. 2551

สุบงกช แป้นโก๋ 2551: การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูลเมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ) สาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์อนันต์ชัย เขื่อนธรรม, M.S. 105 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลการฝ่าฝืนข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกสำหรับข้อมูลที่อยู่ในรูปสัดส่วนและเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธีคือ วิธีของTukey วิธีของ Box และ Cox วิธีของ Folded power วิธีของ Guerrero และ Johnson และ วิธีของ Aranda - Ordaz ในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์โดยแบ่งจำนวนบล็อก 3 ขนาด คือ 4, 8 และ 12 บล็อก จำนวนทรีทเมนต์เป็น 7 ขนาดคือ 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 ทรีทเมนต์ สร้างข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ทั้งสิ้น 42 ลักษณะ ในแต่ละลักษณะกระทำซ้ำ 3,000 ครั้ง เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือ ร้อยละของข้อมูลที่แปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบที่สูง ร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด

ผลการวิจัยพบว่า วิธีของ Aranda – Ordaz เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับทุกจำนวนของบล็อกที่มีจำนวนทรีทเมนต์ปานกลาง คือ 7, 9 และ 11 ทรีทเมนต์และจำนวนทรีทเมนต์มากคือ 13และ 15 ทรีทเมนต์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01และ 0.05 และวิธีของ Aranda – Ordaz เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อมีจำนวนบล็อกปานกลางคือ 8 บล็อกและจำนวนบล็อกมากคือ 12 บล็อก ที่มีจำนวนทรีทเมนต์น้อย คือ 3และ 5 ทรีทเมนต์

วิธีของ Guerrero และ Johnson เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ จำนวนของบล็อกที่มีจำนวนน้อยและปานกลางที่มีจำนวนทรีทเมนต์น้อยที่ระดับนัยสำคัญ 0.01และ 0.05 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธีของ Guerrero และ Johnson เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด สำหรับจำนวนบล็อกน้อยและปานกลางที่มีจำนวนทรีทเมนต์ปานกลาง และเหมาะสมสำหรับจำนวนบล็อกมากที่มีจำนวนทรีทเมนต์น้อย

วิธีของ Box และ Cox เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับจำนวนบล็อกน้อยที่มีจำนวนทรีทเมนต์ปานกลาง และมาก และเหมาะ สำหรับจำนวนบล็อกปานกลางที่มีจำนวนทรีทเมนต์ปานกลาง และวิธีของ Box และ Cox เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อมีจำนวนบล็อกปานกลางที่มีจำนวนทรีทเมนต์น้อย

สุบงกช แป้นโก๋ ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

14 / มี.ค. / 51

Subongot Pango 2008: A Comparison on Transformation Methods for Proportion Data when Data are Unconformed to the Additivity Assumption in the Randomized Complete Block Design. Master of Science (Statistics), Major Field: Statistics, Department of Statistics. Thesis Advisor: Associate Professor Ananchai Khuantham, M.S. 105 pages.

The purpose of this research was to study the effects of failure to meet the additivity assumption for proportion data and to compare five data transformation methods in the randomized complete block design, namely the Tukey transformation , the Box and Cox transformation, the folded power transformation, the Guerrero and Johnson transformation and the Aranda-Ordaz transformation. The study was designed for situations where three different numbers of blocks (4, 8, 12) and seven different number of treatments (3, 5, 7, 9, 11, 13 and 15) were included in the models. Data were generated by the Monte Carlo simulation technique. There were 42 cases and each case was repeated 3,000 times. The criterions of comparison were the maximum percentage of valid transformation, the ability to control probability of type I errors and the power of the test, the maximum percentage of increasing f-value and the minimum percentage of decreasing f-value.

The findings indicated that the Aranda-Ordaz transformation was a suitable method for all numbers of blocks with a medium (7, 9 and 11) and a large (13,15) number of treatments, at both 0.01 and 0.05 significance levels. When the number of blocks were medium (8 blocks) and large (12 blocks), with a small number of treatments (3, 5), the Aranda-Ordaz method was the most suitable at 0.01 level of significance.

The Guerrero and Johnson transformation was an appropriate method for the small and medium number of blocks with the small number of treatments at both 0.01 and 0.05 significance levels. However, the Guerrero and Johnson method was the best for the cases of the small and medium number of blocks with the medium number of treatments at the significance level of 0.05. For the large number of blocks, the Guerrero and Johnson method was the best when the number of treatments was small at 0.05 level of significance

The Box and Cox transformation was an appropriate method for the small number of blocks when the number of treatments were medium and large at 0.05 level of significance. For the medium number of blocks with the medium number of treatments at 0.05 level of significance, the Box and Cox method was the best. At the 0.01 significance level the Box and Cox method was the most suitable in case of the medium number of blocks with the small number of treatments.

Subongot Pango — Student's signature

Thesis Advisor's signature — 14 / Jan / 08

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ. อนันต์ชัย เขื่อนธรรม ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. บุญอ้อม โฉมที กรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชาเอก ผศ. รัตน์ทนา สังข์พงษ์ กรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชารอง และ ดร. บุญเลิศ ศรีหิรัญ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติผู้ใหญ่ที่เคารพ รวมทั้งเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในหลาย ๆ ด้าน และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนจนมีความรู้จนถึงปัจจุบัน

สุบงกช แป้นโก๋

มกราคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(11)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตการวิจัย	4
การตรวจเอกสาร	7
วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	7
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	32
สรุปและข้อเสนอแนะ	67
สรุป	67
ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	86
ภาคผนวก	89
ภาคผนวก ก การกำหนดลักษณะอิทธิพลของบล็อก และอิทธิพลของทรีทเมนต์	90
ภาคผนวก ข การประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในงานวิจัย	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าอิทธิพลของบล็อกที่ศึกษาในงานวิจัย	5
2	ค่าอิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ศึกษาในงานวิจัย	5
3	ข้อมูลของแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์	10
4	การวิเคราะห์ความแปรปรวน	11
5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตรวจสอบอิทธิพลแบบบวก	13
6	ความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ	20
7	ลักษณะข้อมูลแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่ศึกษาในงานวิจัย จำนวนทั้งสิ้น 42 ลักษณะ	26
8	ค่าวิกฤติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการตรวจสอบข้อสมมติ	30
9	เปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	32
10	เปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	36
11	เปรียบเทียบความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับ อิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	40
12	เปรียบเทียบความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับ อิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	45
13	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบหลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบหลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	51
15	เปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการ แปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	53
16	เปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่ ระดับนัยสำคัญ 0.01	56
17	เปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	60
18	เปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	63
19	สรุปเปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลที่แปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติจากวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี เมื่อข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ	68
20	สรุปเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ	73
21	สรุปเปรียบเทียบร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกจากวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี จำแนกตาม ขนาดการทดลอง และ ระดับนัยสำคัญ	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	สรุปเปรียบเทียบร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติ เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกจากวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี จำแนกตาม ขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ	78
23	สรุปเปรียบเทียบ ร้อยละ ความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ ร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นและร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงของวิธีการแปลง 5 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ	82

ตารางผนวกที่

ก1	อิทธิพลของบล็อกที่ศึกษาในงานวิจัย	92
ก2	อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ศึกษาในงานวิจัย	93
ข1	ฟังก์ชันของ Microsoft Excel ที่ใช้ในงานวิจัย	96

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	34
2	ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05	34
3	ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05	35
4	ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05	35
5	ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	37
6	ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01	38
7	ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01	38
8	ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01	39
9	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Tukey แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Box และ Cox แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	42
11	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Floded power แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	43
12	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Guerrero และ Johnson แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	43
13	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Aranda - Ordez แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	44
14	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วย วิธีของ Tukey แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	46
15	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีBox และ Cox แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	47
16	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Floded power แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	47
17	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Guerrero และ Johnson แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Aranda - Ordez แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	48
19	อำนาจการทดสอบหลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	50
20	อำนาจการทดสอบหลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	52
21	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	54
22	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4 บล็อก และ ระดับนัยสำคัญ 0.05	54
23	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8 บล็อก และ ระดับนัยสำคัญ 0.05	55
24	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05	55
25	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่มีจำนวน 4 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01	58
27	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่มีจำนวน 8 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01	58
28	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่มีจำนวน 12 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01	59
29	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	61
30	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01	61
31	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05	62
32	ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

33 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 64

34 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01 65

35 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8 บล็อก และ ระดับนัยสำคัญ 0.01 65

36 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01 66

ภาพผนวกที่

ข1 การสร้างข้อมูลจาก Microsoft Excel 98

ข1 การตรวจข้อสมมติ 99

ข3 การแปลงวิธีของ Tukey 100

ข4 การแปลงวิธี Box และ Cox 100

ข5 การแปลงวิธี Floded power 101

ข6 การแปลงวิธี Guerrero และ Johnson 101

ข7 การแปลงวิธี Aranda - Ordez 102

ข8 การกรองข้อมูล 102

ข9 แบบฟอร์มนับจำนวนครั้งของการยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 103

ข10 นับจำนวนครั้งของการยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 ของแต่ละวิธีการแปลงข้อมูล 103

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ข11 ผลสรุปของแต่ละกรณี 104
ข12 ผลทั้งหมดมาคำนวณร้อยละ ความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ และค่าทดสอบเอฟ 104

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

r	=	จำนวนบล็อก
t	=	จำนวนทรีทเมนต์
ρ_i	=	อิทธิพลของบล็อก
τ_j	=	อิทธิพลของทรีทเมนต์
$\rho_i\tau_j$	=	อิทธิพลแบบผลคูณของบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ j
ε_{ij}	=	ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง
σ^2	=	ความแปรปรวน
TK	=	การแปลงข้อมูลโดยวิธีของ Tukey
BC	=	การแปลงข้อมูลโดยวิธีของ Box และ Cox
FD	=	การแปลงข้อมูลโดยวิธี Floded power
GJ	=	การแปลงข้อมูลโดยวิธี Guerrero และ Johnson
AO	=	การแปลงข้อมูลโดยวิธี Aranda - Ordez

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูลเมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

A Comparison on Transformation Methods for Proportion Data when Data are Unconformed to the Additivity Assumption in the Randomized Complete Block Design

คำนำ

ปัจจุบันการวางแผนการทดลอง(Experimental design) เป็นระเบียบวิธีการทางสถิติที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาต่างๆ มากมาย อาทิเช่น ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านวิศวกรรม เป็นต้น ซึ่งแผนการทดลองที่นิยมใช้กันในทางปฏิบัติมากที่สุดแผนหนึ่งคือ แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์(Randomized complete block design : RCBD)

ซึ่งการทดลองจะต้องมีการวางแผนการทดลองล่วงหน้าเพื่อที่จะทำให้การวิเคราะห์เป็นไปตามแผนการทดลองเป็นไปอย่างถูกต้อง แต่ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบอิทธิพลทรีทเมนต์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งไม่ได้คำนึงถึงลักษณะของข้อมูลว่า มีความเหมาะสมกับวิธีทดสอบที่ใช้หรือไม่ กรณีที่ข้อมูลที่รวบรวมได้ไม่สอดคล้องกับข้อสมมติ (Assumption) ของการวิเคราะห์จะทำให้ผลการทดสอบแตกต่างไปจากความเป็นจริง อาจมีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญ (Level of significance) และอำนาจการทดสอบ(Power of the test) ในทางทฤษฎีแล้วควรจะทดสอบข้อมูลที่ได้มาเสียก่อนว่ามีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติหรือไม่หากข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติก็จำเป็นที่จะต้องมีการแก้ไขด้วยการแปลงข้อมูล (Transformation of data) เหล่านั้นเสียก่อน แล้วจึงนำข้อมูลที่แปลงแล้วมาวิเคราะห์ จึงจะได้ผลถูกต้องตามความเป็นจริง

เมื่อข้อมูลไม่สอดคล้องกับข้อสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวน นักสถิติส่วนใหญ่ให้แนวความคิดว่า ควรแปลงข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง Kirk (1995) ให้แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการแปลงข้อมูล ซึ่งมีหลายวิธี วิธีแรกเรียกว่า การแปลงโดยใช้รากที่สอง (Square-root transformation) รูปแบบ คือ $Y' = \sqrt{Y}$ สำหรับชนิดการแจกแจง เช่น การแจกแจงแบบพัวซอง ที่มีค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์และความแปรปรวนเป็นสัดส่วนกัน วิธีการแปลงนี้จะช่วยให้ค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์และความแปรปรวนไม่เป็นสัดส่วนกัน ทำให้มีอิทธิพลแบบบวก และความแปรปรวนเป็น

เอกภาพมากขึ้น วิธีที่สองเรียกว่า การแปลงข้อมูลโดยใช้ลอการิทึม (Logarithmic transformation) รูปแบบ คือ $Y' = \log_{10} Y$ หรือ $Y' = \log_{10}(Y+1)$ ถ้าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นสัดส่วนกัน ควรแปลงข้อมูลด้วยวิธีนี้ การแปลงข้อมูลโดยใช้ลอการิทึมจะใช้ได้ดีเมื่อตัวแปรตามเป็นการวัดเวลาตอบสนองและข้อมูลมีความเบ้เป็นบวก วิธีที่สามเรียกว่า การแปลงโดยใช้เศษส่วนกลับ (Reciprocal transformation) รูปแบบ คือ $Y' = \frac{1}{Y}$ หรือ $Y' = \frac{1}{Y+1}$ เมื่อกำลังสองของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์เป็นสัดส่วนกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะแปลงข้อมูลโดยใช้วิธีนี้ การแปลงโดยใช้เศษส่วนกลับใช้ได้ดีเมื่อตัวแปรตามเป็นเวลาตอบสนอง วิธีที่สี่เรียกว่า การแปลงโดยใช้มุมหรือส่วนกลับของไซน์ (Angualr or Inverse sine transformation) รูปแบบ คือ $Y' = 2\arcsin\sqrt{Y}$ วิธีนี้ใช้ได้ดี เมื่อค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์และความแปรปรวนเป็นสัดส่วนกันและข้อมูลมีการแจกแจงแบบทวินามหรือข้อมูลมีลักษณะเป็นสัดส่วน

จากข้อความข้างต้นจะเห็นว่า มีการแปลงข้อมูลหลายวิธีที่จะช่วยให้การทดสอบ F คำนวณจากข้อมูลได้ผลดี ผู้วิจัยสนใจที่จะค้นคว้าว่า หากไม่ได้พิจารณาจากลักษณะของข้อมูลและวิธีการแปลงข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น จะทำการแปลงข้อมูลในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์กรณีที่ข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและไม่สอดคล้องกับข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกด้วยวิธีที่ต่างออกไป 5 วิธี คือ การแปลงข้อมูลโดยใช้วิธีของ Tukey วิธีของ Box และ Cox วิธี Folded power วิธีของ Guerrero และ Johnson และ วิธีของ Aranda-Ordaz จะให้ข้อสรุปไปในทางเดียวกันหรือไม่ ซึ่งยังขาดหลักฐานและการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธีดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีขึ้นเพื่อหาข้อสรุป โดยศึกษาเปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติ ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ค่าอำนาจการทดสอบ ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังแปลงข้อมูล และ ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังแปลงข้อมูล ที่ได้จากวิธีการแปลงข้อมูลที่แตกต่างกัน 5 วิธี เพื่อให้ได้อิทธิพลแบบบวกในการตัดสินใจเลือกวิธีการแปลงข้อมูลจำเป็นต้องออกแบบแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์โดยให้อิทธิพลเป็นแบบกำหนด (Fixed effects) ซึ่งค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) จะเป็นตัวประมาณค่าของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของประชากร (Kirk, 1995) การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ขนาดการทดลอง 21 ขนาด ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล(Monte Carlo technique) กระทำซ้ำ 3,000 ครั้ง

วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของการฝ่าฝืนข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก โดย ศึกษาลักษณะข้อมูลที่อยู่ในรูปสัดส่วน ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ขนาดการทดลอง และวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี ได้แก่ การแปลงข้อมูลโดยใช้หลักวิธีของ Tukey วิธีของ Box และ Cox วิธี Folded power วิธีของ Guerrero และ Johnson และ วิธีของ Aranda-Ordaz

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 5 วิธี หลังจากแปลงแล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกโดยเปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติหลังจากแปลงข้อมูลแต่ละวิธี ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังแปลงข้อมูล และ ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังแปลงข้อมูล เมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและ มีลักษณะไม่สอดคล้องกับข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อช่วยให้นักวิจัยทราบถึงอิทธิพลของการฝ่าฝืนข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกของข้อมูลที่อยู่ในรูปสัดส่วน ขนาดการทดลอง 21 ขนาด และประสิทธิภาพของวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี ได้แก่ การแปลงข้อมูลโดยใช้หลักวิธีของ Tukey วิธีของ Box และ Cox วิธี Folded power วิธีของ Guerrero และ Johnson และ วิธีของ Aranda-Ordaz

2. เพื่อให้ได้วิธีการแปลงข้อมูลที่ง่าย สะดวก ในกรณีมีข้อสงสัยหรือมีหลักฐานยืนยันการฝ่าฝืนข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งจะช่วยให้นักวิจัยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่ข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วน สามารถเลือกวิธีการแปลงข้อมูลได้ถูกต้องและเหมาะสม

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้จะทำภายใต้ขอบเขตดังนี้

1. ศึกษาเปรียบเทียบจากร้อยละของข้อมูลที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติหลังจากแปลงข้อมูลแต่ละวิธี ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังแปลงข้อมูล และ ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังแปลงข้อมูล ของวิธีการแปลง 5 วิธี

2. ศึกษาเฉพาะแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

3. ข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและมีลักษณะไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

4. ข้อมูลที่ศึกษาเป็นข้อมูลที่มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \rho_i + \tau_j + \rho_i\tau_j + \varepsilon_{ij}$$

โดยที่ $i = 1,2,\ldots,r$

$j = 1,2,\ldots,t$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองในบล็อกที่ i ซึ่งได้รับทรีทเมนต์ที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยรวมซึ่งเป็นค่าคงที่

ρ_i = อิทธิพลของบล็อกที่ i โดย $\sum \rho_i = 0$ ถ้า ρ_i เป็นอิทธิพลกำหนด

τ_j = อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ j โดย $\sum \tau_j = 0$ ถ้า τ_j เป็นอิทธิพลกำหนด

$\rho_i\tau_j$ = อิทธิพลแบบผลคูณของบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ j

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

5. กำหนดให้ค่า Y_{ij} มีค่าเป็นสัดส่วนและมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

6. ค่าคงที่ (μ) หรือค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 10

7. กำหนดอิทธิพลของบล็อก(ρ_i) และอิทธิพลของทรีทเมนต์(τ_j)โดยให้ อิทธิพลของทรีทเมนต์สอดคล้องกับค่าทดสอบ F (Kirk, 1995) ซึ่งมีผลต่ออำนาจการทดสอบ และ ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ที่มาของการกำหนดค่าอิทธิพลของบล็อกและอิทธิพลของทรีทเมนต์ แสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 ค่าอิทธิพลของบล็อกที่ศึกษาในงานวิจัย

r	$\rho_1, \rho_2, ..., \rho_{12}$
4	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)
8	(-0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.1)
12	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)

ตารางที่ 2 ค่าอิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ศึกษาในงานวิจัย

t	อิทธิพลของทรีทเมนต์	$\tau_1, \tau_2, ..., \tau_{20}$
3	$\tau_j = 0$	(-0.1,0.2,-0.1)
	$\tau_j \neq 0$	(-1,2,-1)
5	$\tau_j = 0$	(-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1)
	$\tau_j \neq 0$	(-2,2,-1,-1,2)
7	$\tau_j = 0$	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1)
	$\tau_j \neq 0$	(-2,2,-1,1,-1,-1,2)
9	$\tau_j = 0$	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
	$\tau_j \neq 0$	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)
11	$\tau_j = 0$	(-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
	$\tau_j \neq 0$	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-1,-1,2)
13	$\tau_j = 0$	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
	$\tau_j \neq 0$	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)
15	$\tau_j = 0$	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1)
	$\tau_j \neq 0$	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,-1,-1,2)

8. ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1

9. กำหนดจำนวนทรีทเมนต์(t)มีขนาดเป็น 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 และ จำนวนบล็อก(r) ได้แก่ 4, 8 และ 12 จะได้ขนาดการทดลอง 21 ขนาด ได้แก่ 4×3, 4×5, 4×7, 4×9, 4×11, 4×13, 4×15, 8×3, 8×5, 8×7, 8×9, 8×11, 8×13, 8×15, 12×3, 12×5, 12×7, 12×9,12×11, 12×13 และ 12×15

10 . วิธีการแปลงโดยอาศัยการวิเคราะห์ศึกษาค่า λ 10 ค่า คือ -1.00 , -0.50 , -0.25, 0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 โดยจะเลือกค่า λ ที่เหมาะสม โดย พิจารณาจากค่า SSE ของ λ ที่ให้ค่า SSE น้อยที่สุด ซึ่งเมื่อ $\lambda = 1.00$ ไม่ต้องแปลงข้อมูล(Montgomery,1997)

11. ระดับนัยสำคัญที่ใช้สำหรับการทดสอบสมมติฐาน 2 ระดับ คือ 0.01 และ 0.05

12. ทดลองซ้ำ 3,000 ครั้ง

การตรวจเอกสาร

การตรวจเอกสารแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นรายละเอียดของวิธีการทางสถิติต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และส่วนหลังจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้มีผู้ศึกษาแล้ว ดังนี้

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

1. ข้อสมมติในการวิเคราะห์ความแปรปรวนและผลกระทบเมื่อมีการฝ่าฝืนข้อสมมติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งใช้ตัวทดสอบ F เป็นตัวทดสอบสถิติจะอยู่ภายใต้ข้อสมมติ ดังนี้

1.1 ข้อสมมติเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติ (Normality)

จากการศึกษาพบว่า ตัวทดสอบ F ค่อนข้างจะทนทาน (Robust) ต่อการฝ่าฝืนข้อสมมติเกี่ยวกับการแจกแจงปกติ กล่าวคือ ประชากรที่มีความเบ้ (Skewed populations) จะมีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญ และอำนาจการทดสอบเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ถ้าประชากรมีความโด่งไม่ปกติ (Platykurtic and leptokurtic populations) จะมีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญเพียงเล็กน้อย แต่อาจมีผลต่ออำนาจของการทดสอบค่อนข้างมาก ถ้ามีจำนวนซ้ำน้อย

1.2 ข้อสมมติเกี่ยวกับความเป็นอิสระ (Independence)

โดยปกติการสุ่มตัวอย่างหรือการสุ่มทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลองจะเป็นหลักประกันที่ทำให้ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน การสุ่มจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการทดลอง การที่ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ จะทำให้ตัวตั้งและตัวหารของตัวทดสอบ F เป็นอิสระต่อกัน ในกรณีที่ข้อสมมติเกี่ยวกับความเป็นอิสระถูกฝ่าฝืนจะมีผลกระทบอย่างมากต่อทั้งระดับนัยสำคัญและอำนาจการทดสอบ

1.3 ข้อสมมติเกี่ยวกับเอกภาพของความแปรปรวน (Homogeneity of variance)

กรณีที่ความแปรปรวนของทรีทเมนต์แตกต่างกันพอสมควร ผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญและอำนาจของการทดสอบจะมีไม่มากนักถ้าแต่ละทรีทเมนต์มีจำนวนซ้ำเท่ากัน แต่ถ้ามีจำนวนซ้ำต่างกันหรือความแปรปรวนของทรีทเมนต์แตกต่างกัน จะมีผลกระทบอย่างมากต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบ

1.4 ข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก (Additivity)

การใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนกับข้อมูลที่มีการจำแนกสองทางหรือมากกว่า เช่น ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ หรือแบบลาตินสแควร์ จำเป็นต้องกำหนดว่า อิทธิพลของทรีทเมนต์และอิทธิพลอื่นจะเกิดในรูปผลบวก กล่าวคือ สำหรับการทดลองแบบสุ่มในบล็อก อิทธิพลของทรีทเมนต์กับอิทธิพลของบล็อกจะเกิดในรูปอื่นที่ไม่ใช่ผลบวก (Nonadditive) ไม่ได้ สำหรับการทดลองแบบลาตินสแควร์จะเกิดอิทธิพลที่ไม่ใช่ผลบวกระหว่างทรีทเมนต์ แถวนอนและแถวตั้งไม่ได้ ตัวอย่างของการเกิดอิทธิพลที่ไม่เป็นผลบวกก็คือ การเกิดอิทธิพลในรูปผลคูณ หรือการเกิดอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างทรีทเมนต์กับอิทธิพลอื่น การใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนกับข้อมูลที่มีอิทธิพลที่ไม่เป็นแบบบวก จะทำให้ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ มีความลำเอียงในทางลบ (Negatively bias) กล่าวคือ โอกาสของการปฏิเสธสมมติฐานว่างจะน้อยกว่าปกติ ในบางกรณีจะทำให้อำนาจของการทดสอบลดลง

2. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มี r บล็อก และ t ทรีทเมนต์ จะมีตัวแบบทางคณิตศาสตร์เป็นดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \rho_i + \tau_j + \rho_i\tau_j + \varepsilon_{ij}$$

โดยที่ $i = 1,2,\ldots,r$

$j = 1,2,\ldots,t$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองในบล็อกที่ i ซึ่งได้รับทรีทเมนต์ที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยรวมซึ่งเป็นค่าคงที่

ρ_i = อิทธิพลของบล็อกที่ i โดย $\sum \rho_i = 0$ ถ้า ρ_i เป็นอิทธิพลกำหนด

τ_j = อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ j โดย $\sum \tau_j = 0$ ถ้า τ_j เป็นอิทธิพลกำหนด

$\rho_i\tau_j$ = อิทธิพลแบบผลคูณของบล็อกที่ i ทรีทเมนต์ที่ j

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง โดย $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0,\sigma^2)$

เพื่อให้ได้อิทธิพลแบบบวกในการตัดสินใจเลือกวิธีการแปลงข้อมูลจำเป็นต้องออกแบบแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์โดยให้อิทธิพลของบล็อกและทรีทเมนต์เป็นแบบกำหนด ซึ่งค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) จะเป็นตัวประมาณค่าของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของประชากร (Kirk, 1995)

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มี r บล็อก t ทรีทเมนต์ จะเป็นดังนี้

ตารางที่ 3 ข้อมูลของแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

	บล็อก (i)				ผลรวมทรีทเมนต์ (Y_{j})
ทรีทเมนต์ (j)	1	2	...	r	
1	Y_{11}	Y_{21}		Y_{r1}	$Y_{.1}$
2	Y_{12}	Y_{22}		Y_{r2}	$Y_{.2}$
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
T	Y_{1t}	Y_{2t}	...	Y_{rt}	$Y_{.t}$
ผลรวมของบล็อก ($Y_{i.}$)	$Y_{1.}$	$Y_{2.}$	...	$Y_{r.}$	$Y_{..}$

การวิเคราะห์ความแปรปรวน กระทำได้ดังนี้

$$CT = \frac{(Y_{..})^2}{rt}$$

1. Total SS $= \sum_{i,j} Y_{ij}^2 - CT$

2. Block SS $= \sum_{i} \frac{Y_{i.}^2}{t} - CT$

3. Treatment SS $= \sum_{i} \frac{Y_{.j}^2}{r} - CT$

4. Error SS = Total SS - Block SS - Treatment SS

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ คือ

$H_0 : \tau_j = 0$ สำหรับทุกค่าของ j โดยที่ $j = 1,2,3,\ldots,t$

$H_1 : \tau_j \neq 0$ สำหรับค่า j อย่างน้อย 1 ค่า

เกณฑ์การตัดสินใจ

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าสถิติ F ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า F ที่เปิดจากตารางซึ่งมี df = t-1 , (r-1)(t-1)

จะได้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Expected Mean Squares (EMS) ของอิทธิพลต่าง ๆ ในกรณีที่ให้บล็อก และ ทรีทเมนต์เป็นอิทธิพลกำหนดจะเป็นดังนี้

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

Source	df	SS	EMS	MS	F
Block	r-1	SSB	$\sigma^2 + \frac{t}{r-1}\sum \rho_i^2$	SSB/(r-1)	
Treatment	t-1	SSTr	$\sigma^2 + \frac{r}{t-1}\sum \tau_j^2$	SSTr/(t-1)	$\frac{MSTr}{MSE}$
Error	(r-1)(t-1)	SSE	σ^2	SSE/(r-1)(t-1)	
Total	rt-1	SST			

4. วิธีการตรวจสอบข้อสมมติ

ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลว่าสอดคล้องตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกหรือไม่ โดยอาศัยวิธีการคำนวณหาตัวทดสอบสถิติ และ การวิเคราะห์เศษตกค้าง (Residual analysis) (อนันต์ชัย, 2549)สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิธีการคำนวณหาตัวทดสอบสถิติเพื่อให้สะดวกในการวิเคราะห์ผล

4.1 วิธีการคำนวณหาตัวทดสอบสถิติ

การตรวจสอบอิทธิพลแบบบวก (Test of additivity)

การทดสอบว่า ข้อมูลสอดคล้องตามข้อสมมติของการวิเคราะห์ที่ว่าอิทธิพลของทรีทเมนต์และอิทธิพลอื่นเป็นแบบบวกหรือไม่ จะใช้วิธีการทดสอบของทูคี (Tukey's test of additivity) โดยแบ่งค่าผลบวกกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองเมื่อใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

มีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของบล็อก $\left(\overline{Y}_{i.}\right)$ ค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ $\left(\overline{Y}_{.j}\right)$ และค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด $\left(\overline{Y}_{..}\right)$

2. คำนวณ $d_i = \overline{Y}_{i.} - \overline{Y}_{..}$ และ $d_j = \overline{Y}_{.j} - \overline{Y}_{..}$

3. คำนวณ $w_i = \sum_j Y_{ij} d_j$

4. คำนวณ $N = \sum_i w_i d_i$ และ $D = ((\sum_i d_i^2)(\sum_j d_j^2))$

5. คำนวณ SS for Nonadditivity เมื่อ

$$\text{SS for Nonaddivity} = \frac{N^2}{D} \quad \text{ซึ่งมี df} = 1$$

6. ทดสอบว่า อิทธิพลของบล็อกและทรีทเมนต์เป็นแบบบวกหรือไม่ โดยใช้ตัวทดสอบ F ดังนี้

H_0 : อิทธิพลของบล็อกและทรีทเมนต์เป็นแบบบวก

H_1 : อิทธิพลของบล็อกและทรีทเมนต์ไม่เป็นแบบบวก

จะได้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นดังนี้

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตรวจสอบอิทธิพลแบบบวก

Source	df	SS	MS	F
Block	r-1			
Treatment	t-1			
Error	(r-1)(t-1)			
Nonaddivity	1	SSNA	SSNA/1	$\frac{MSNA}{MSE_{NA}}$
Remainder	(r-1)(t-1)-1	SSE_{NA}	$SSE_{NA}/(r-1)(t-1)-1$	

เมื่อ $SSE_{NA} = SSE - SSNA$

เกณฑ์การตัดสินใจ

จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่าสถิติ F ที่คำนวณได้มากกว่าที่เปิดจากตาราง $F_{\alpha,1,(r-1)(t-1)-1}$

4.2 การวิเคราะห์เศษตกค้าง (Residual analysis)

การวิเคราะห์เศษตกค้าง (Residual analysis) เป็นวิธีตรวจสอบข้อกำหนดของการวิเคราะห์วิธีหนึ่งที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย เพียงอาศัยการพิจารณาลักษณะของแผนภาพการกระจายของเศษตกค้างเท่านั้น

ในกรณีที่ใช้การทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ อิทธิพลของทรีทเมนต์กับอิทธิพลอื่นอาจไม่เป็นแบบบวก (Non – additive effect) การตรวจสอบจะกระทำได้โดยการพล็อท ค่าเศษตกค้างกับค่าทำนาย (Predicted หรือ Fitted value)

โดยค่าทำนายของการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จะเท่ากับ

$$\hat{Y}_{ij} = \overline{Y}_{i.} + \overline{Y}_{.j} + \overline{Y}_{..}$$

ถ้าอิทธิพลต่าง ๆ เป็นแบบบวก แผนภาพการกระจายจะไม่มีรูปแบบ (Pattern) แต่ถ้าแผนภาพการกระจายมีรูปแบบค่อนข้างชัดเจนเช่นมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง (Curvilinear) แสดงว่าเศษตกค้างที่เป็นค่าลบจะเกิดกับค่าทำนายที่มีค่าต่ำ และมีค่าสูง ในขณะที่เศษตกค้างที่เป็นค่าบวกจะเกิดกับค่าทำนายที่มีค่าปานกลาง กรณีเช่นนี้เป็นผลจากการมีอิทธิพลในรูปผลคูณ (Multiplicative effect) เกิดขึ้นในข้อมูล

5. ข้อมูลที่อยู่ในรูปสัดส่วน

อนันต์ชัย (2549) ในกรณีค่า Y ซึ่งเป็นค่าสังเกตเดิมจะเป็นค่าสัดส่วน หรือเปอร์เซ็นต์ (ถ้าเป็นเปอร์เซ็นต์ต้องทำให้เป็นสัดส่วนเสียก่อน) เช่นเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพืช เปอร์เซ็นต์การตายของตัวหนอน สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิ ฯลฯ จะใช้การแปลงข้อมูลโดยใช้ อาร์คไซน์ (Arcsine transformation) โดยการแปลงที่ใช้อาร์คไซน์ จะช่วยทำให้การแจกแจงเป็นแบบปกติและความแปรปรวนมีความเป็นเอกภาพมากขึ้น ทั้งนี้ยังขาดหลักฐานเกี่ยวกับผลกระทบในการฝ่าฝืนข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก สำหรับข้อมูลที่อยู่ในรูปสัดส่วน

6. การแปลงข้อมูล

กรณีที่สมมติฐานว่างถูกปฏิเสธ จะสามารถแปลงข้อมูลเพื่อทำให้ข้อมูลสอดคล้องตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ในที่นี้จะเสนอวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธีดังนี้

6.1 การแปลงข้อมูลโดยอาศัยหลักการของทูคี (Tukey)

6.1.1. หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด ($\overline{Y}_{..}$) และคำนวณหาค่า $\hat{p}$ โดย

$$\hat{p} = 1 - B\overline{Y}_{..} \quad \text{เมื่อ} \quad B = \frac{N}{D}$$

6.1.2. ทำการแปลงค่าข้อมูล

$$Y_t = Y^{\hat{P}}$$

ในที่นี้

Y = ค่าสังเกตเดิม (Original observation)

Y_t = ค่าสังเกตที่แปลงแล้ว (Transformed observation)

6.1.3. นำข้อมูลที่แปลงแล้วมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

6.2 การแปลงข้อมูลโดยวิธีของ Box และ Cox

Box and Cox (1982) ได้แสดงให้เห็นว่า การแปลงพารามิเตอร์ λ ในรูป $y^* = y^{\lambda}$ อาจถูก Estimate พร้อม ๆ กับ Model parameter ตัวอื่น (เช่น ค่าเฉลี่ยรวมและอิทธิพลของทรีทเมนต์) โดยการใช้วิธีของ Maximum likelihood (ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด) วิธีการมีดังนี้

6.2.1 คำนวณหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของค่าสังเกต ซึ่งเท่ากับ $\dot{Y} = \ln^{-1}(\frac{1}{n}\sum \ln Y)$

6.2.2 กำหนดค่า λ ทั้ง 10 ค่า ทำการแปลงค่าสังเกตที่แต่ละระดับของ λ ตามสูตรการคำนวณ

$$y^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{y^{\lambda}-1}{\lambda Y^{\bullet(\lambda-1)}}, \lambda \neq 0 \\ Y^{\bullet} \ln y, \lambda = 0 \end{cases}$$

เมื่อ $Y^{\bullet} = \ln^{-1}(\frac{1}{n}\sum \ln Y)$ คือ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) ของค่าสังเกต

6.2.3 นำไปคำนวณหา Error sum of squares ที่แต่ละระดับของ λ หรือ SSE(λ) พิจารณาดูว่าSSE ของ λ ที่ระดับใดให้ค่าต่ำสุดเลือก λ ระดับนั้นมาใช้ในการแปลงข้อมูล

6.2.4 นำข้อมูลที่แปลงแล้วมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

6.3 การแปลงข้อมูลโดยวิธี Folded power

Mosteller and Tukey (1977) ได้เสนอการแปลงข้อมูลซึ่งมีวิธีการดังนี้

6.3.1 กำหนดค่า λ ทั้ง 10 ค่า ทำการแปลงค่าสังเกตที่แต่ละระดับของ λ ตามสูตรการคำนวณ

$$y^{(\lambda)} = \begin{cases} \dfrac{\left\{y^{\lambda} - (1-y)^{\lambda}\right\}}{\lambda}, \lambda \neq 0 \\ \log\left\{\dfrac{y}{1-y}\right\}, \lambda = 0 \end{cases}$$

6.3.2 นำไปคำนวณหา Error sum of squares ที่แต่ละระดับของ λ หรือ SSE(λ) พิจารณาดูว่า SSE ของ λ ที่ระดับใดให้ค่าต่ำสุดเลือก λ ระดับนั้นมาใช้ในการแปลงข้อมูล

6.3.3. นำข้อมูลที่แปลงแล้วมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

6.4 การแปลงข้อมูลโดยวิธีของ Guerrero และ Johnson

Guerrero and Johnson (1982) ได้เสนอการแปลงข้อมูลซึ่งมีวิธีการดังนี้

6.4.1 กำหนดค่า λ ทั้ง 10 ค่า ทำการแปลงค่าสังเกตที่แต่ละระดับของ λ ตามสูตรการคำนวณ

$$y^{(\lambda)} = \begin{cases} \dfrac{\left\{\left(\dfrac{y}{1-y}\right)^{\lambda} - 1\right\}}{\lambda}, \lambda \neq 0 \\ \log\left\{\dfrac{y}{1-y}\right\}, \lambda = 0 \end{cases}$$

6.4.2 นำไปคำนวณหา Error sum of squares ที่แต่ละระดับของ λ หรือ SSE(λ) พิจารณาดูว่า SSE ของ λ ที่ระดับใดให้ค่าต่ำสุดเลือก λ ระดับนั้นมาใช้ในการแปลงข้อมูล

6.4.3. นำข้อมูลที่แปลงแล้วมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

6.5 การแปลงข้อมูลโดยวิธีของ Aranda-Ordaz

Aranda-Ordaz (1981) ได้เสนอการแปลงข้อมูลซึ่งมีวิธีการดังนี้

6.5.1 กำหนดค่า λ ทั้ง 10 ค่า ทำการแปลงค่าสังเกตที่แต่ละระดับของ λ ตามสูตรการคำนวณ

$$y^{(\lambda)} = \begin{cases} \dfrac{\left\{\left(\left(\dfrac{y}{1-y}\right)^{\lambda} - 1\right)\right\}}{\lambda\left(\left(\dfrac{y}{1-y}\right)^{\lambda} + 1\right)}, \lambda \neq 0 \\ \log\left\{\dfrac{y}{1-y}\right\}, \lambda = 0 \end{cases}$$

6.5.2 นำไปคำนวณหา Error sum of squares ที่แต่ละระดับของ λ หรือ SSE(λ) พิจารณาดูว่า SSE ของ λ ที่ระดับใดให้ค่าต่ำสุดเลือก λ ระดับนั้นมาใช้ในการแปลงข้อมูล

6.5.3 นำข้อมูลที่แปลงแล้วมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

7. การจำลองแบบโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคมอนติคาร์โลเป็นสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์เชิงทดลองที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ หลักการของเทคนิคนี้จะใช้ตัวเลขสุ่ม (Random number) ในการหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการ (สุพรรณี, 2537) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการจำลองแบบโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล

7.1 การสร้างตัวเลขสุ่ม (Random number generating) ตัวเลขสุ่มเป็นสิ่งที่สำคัญมากในวิธีมอนติคาร์โลทั้งนี้เพราะว่าหลักการของมอนติคาร์โลนั้นจะต้องใช้ตัวเลขสุ่ม มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาลักษณะของตัวเลขสุ่มจะมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) ในช่วง 0 ถึง 1 สำหรับวิธีการสร้างตัวเลขสุ่มมีหลายวิธี สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิธีสร้างตัวเลขสุ่มด้วยวิธี Linear congruential สร้างชุดตัวเลขจำนวนเต็ม $X_1, X_2, \ldots$ ที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง M-1 จากสมการ

$$X_i = (aX_{i-1} + c) \bmod M \qquad , i = 1, 2, 3, \ldots$$

เมื่อ a เป็นตัวคูณคงที่

c เป็นค่าส่วนเพิ่ม (Increment)

X_0 เป็นตัวเลขนำ (Seed)

mod M เป็น Modulus ที่ M

ตัวเลขจำนวนเต็มที่สร้างได้จะมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง 0 ถึง M-1 ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดให้ $a = 7^5 = 16807, c = 0, X_0 = 123457$ และ $M = 2^{31-1} = 2{,}147{,}483{,}647$ จะได้ความยาวของชุดข้อมูลตัวเลขสุ่มเท่ากับ M-1 ตัว (ประมาณ 2 พันล้านตัว) เพราะฉะนั้น ตัวเลขสุ่ม $r_1, r_2, r_3, \ldots$ ที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง 0 ถึง 1 จะสร้างจากสมการ

$$r_i = \frac{X_i}{M} \qquad , i = 1, 2, 3, \ldots$$

7.2 การประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษามาใช้กับตัวเลขสุ่ม ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาที่ต้องการศึกษา บางปัญหาอาจไม่ใช้ตัวเลขสุ่มโดยตรง แต่อาจจะบางขั้นตอนที่ต้องใช้ตัวเลขสุ่ม เช่น ใช้ตัวเลขสุ่มเพื่อสร้างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติแล้วใช้ข้อมูลที่สร้างขึ้นในการแก้ปัญหาเป็นต้น

งานวิจัยนี้สร้างค่าความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีของ Box และ Muller ดังนี้ สร้างตัวแปรสุ่ม (z_1, z_2) ที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ที่เป็นอิสระกัน โดยใช้ตัวเลขสุ่มที่สร้างจากวิธี Linear congruential 2 ตัว คือ r_1 และ r_2 โดยที่

$$z_1 = (-2\ln r_1)^{1/2}.\cos(2\pi r_2)$$

$$z_2 = (-2\ln r_1)^{1/2}.\sin(2\pi r_2)$$

จากสมการข้างต้น จะได้ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน 2 ตัวเช่นกัน ถ้าหากต้องการตัวแปรสุ่ม ε_i ที่มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และ ความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 ทำการแปลงโดยเลือกใช้สมการใดสมการหนึ่ง จะได้

$$\varepsilon_i = \mu + \sigma.z$$

จะได้ว่า ε_i มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และ ความแปรปรวน เท่ากับ σ^2

7.3 การทดลองกระทำเมื่อประยุกต์ให้ใช้กับตัวเลขสุ่มได้แล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การทดลอง โดยใช้กระบวนการของการสุ่ม (Random process) มากระทำในลักษณะที่ซ้ำๆ กัน เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการ

8. ความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติและอำนาจการทดสอบ

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติมักจะมีความผิดพลาดอยู่เสมอ คำว่าความผิดพลาดในที่นี้หมายถึง ความผิดพลาดเนื่องจากการใช้ข้อมูลตัวอย่างมาสรุปผลการทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลสรุปของการทดสอบไม่ยอมรับสมมติฐาน H_0 ทั้งที่ H_0 เป็นจริง หรือผลการทดสอบทำให้สรุปได้ว่ายอมรับว่า H_0 จริง แต่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐาน H_0 ไม่จริง ถ้าสรุปถูกต้อง คือ ถ้าปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 ไม่เป็นจริง นั่นคือ อำนาจการทดสอบ ความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภท จะแสดงความหมาย พร้อมทั้งสรุปเป็นตารางได้ ดังนี้

ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I error) เป็นความผิดพลาดเนื่องจากการปฏิเสธ H_0 หรือไม่ยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง มักจะเรียกความผิดพลาดชนิดนี้ว่า “ ระดับนัยสำคัญ ” (Level of significance) และใช้สัญลักษณ์ α โดยที่ $\alpha = P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \mid H_0 \text{เป็นจริง})$

ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II error) เป็นความผิดพลาดเนื่องจากการยอมรับ H_0 โดยที่ H_0 ไม่เป็นจริง และใช้สัญลักษณ์ β โดย $\beta = P(\text{ยอมรับ } H_0 \mid H_0 \text{ไม่เป็นจริง})$ และ

อำนาจการทดสอบ (Power of the test) คือ ความน่าจะเป็นที่เกิดจากการปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 ไม่เป็นจริง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1-β = 1- P(ยอมรับ H_0 | H_0 ไม่เป็นจริง)

ตารางที่ 6 ความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

ผลการทดสอบ	ความเป็นจริง	
	H_0 จริง	H_0 ไม่เป็นจริง
ยอมรับ H_0	ผลการทดสอบถูกต้อง	ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (β)
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดประเภทที่1 (α)	ผลการทดสอบถูกต้อง

ในทางปฏิบัติสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้น คือ ความผิดพลาดทั้งสองประเภท อย่างไรก็ตาม ถ้าจะเกิดความผิดพลาดก็ควรให้ความผิดพลาดเกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งผู้วิเคราะห์ไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภท ให้มีค่าน้อยที่สุดพร้อมกัน จึงกำหนดให้ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่ระดับหนึ่ง แต่ให้ความผิดพลาดประเภทที่ 2 น้อยที่สุด นั่นคือ กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ แต่ให้อำนาจการทดสอบสูงที่สุด โดยทั่วไป ในการทดสอบสมมติฐาน กำหนดระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.05 หรือ 0.01

9. วัดความสามารถในการควบคุมระดับนัยสำคัญให้เป็นไปตามที่กำหนด (Type I error)

โดยคำนวณค่าสถิติทดสอบ F กำหนดค่าวิกฤต และเปรียบเทียบค่าสถิติกับค่าวิกฤตของข้อมูลที่มีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกและข้อมูลที่แปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกของวิธีการแปลงทั้ง 5 วิธี โดยนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง จากนั้นนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ α ที่กำหนด ซึ่งเกณฑ์ในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของ Cochran (1957) คือที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 มีค่าอยู่ระหว่าง (0.04,0.06) และที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 มีค่าอยู่ระหว่าง (0.007,0.015) จะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถความคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิริลักษณ์ (2524) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบของฟรีดแมนกับวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ว่า อิทธิพลของทรีทเมนต์และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นแบบบวก ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกัน มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีความแปรปรวนเป็น σ^2 โดยการสร้างตัวอย่างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีลักษณะไม่เป็นไปตามข้อสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 แบบหุ่น คือ ข้อมูลแบบหุ่นผลคูณ มีอิทธิพลของทรีทเมนต์และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นแบบผลคูณ มีค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของแต่ละทรีทเมนต์เท่ากัน และข้อมูลแบบหุ่นผลบวก ที่มีอิทธิพลของทรีทเมนต์และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นแบบบวก แต่มีค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของแต่ละทรีทเมนต์ไม่เท่ากัน นำข้อมูลทั้งสองแบบนี้มาแปลงข้อมูลโดยใช้วิธีการแปลงเป็น log(X) log(X+1) $\arcsin\sqrt{X}$ $\sqrt{X}$ $\sqrt{X+1}$ และ $\sqrt{X}+\sqrt{X+1}$ หลังการแปลงข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ต้องการโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ข้อมูลชุดดังกล่าวที่ยังไม่ได้แปลงข้อมูลโดยวิธีการทดสอบของฟรีดแมน เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกัน กรณีแบบหุ่นผลคูณ ปรากฏว่า วิธีการแปลงข้อมูลที่เหมาะสม คือ การแปลงเป็นค่า log(X+1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ และค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันมีค่าเป็น 0.95, 0.90 และ0.80 ที่ระดับนัยสำคัญทั้งสามตามลำดับ

สำหรับข้อมูลแบบหุ่นผลบวก เมื่อนำข้อมูลมาแปลงแล้วปรากฏว่า วิธีการแปลงข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลที่สร้างขึ้นมานี้ได้ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบวิธีการทดสอบโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับวิธีการทดสอบของฟรีดแมน จึงนับได้ว่าวิธีการทดสอบโดยวิธีการทดสอบของฟรีดแมน นอกจากจะให้ผลการทดสอบที่ตรงกับวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังผลการทดสอบข้างต้นแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ได้ในทุกกรณี โดยต้องการเพียงข้อสมมติว่า ประชากรมีฟังก์ชันของการแจกแจงเป็นแบบต่อเนื่องแต่วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะใช้ได้ผลถูกต้องต่อเมื่อข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเท่านั้น

ธีระดา (2526) ทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ F และอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากข้อมูลเมื่อคำนวณได้จากข้อมูลดิบ กับข้อมูลที่ได้จากวิธีการแปลงข้อมูล 4 รูปแบบ คือ การใช้รากที่สอง วิธีการกลับเศษส่วน การใช้ลอกฐาน 10 และการใช้ลอกฐานอี โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ทำการทดลอง 1,000 ครั้งในแต่ละกรณี โดยใช้กลุ่มขนาดตัวอย่างต่าง ๆ กัน 3 กลุ่ม

คือ 5 , 10 และ 15 ตามลำดับ ในลักษณะการแจกแจงของประชากร 3 แบบคือประชากรแจกแจงแบบปกติ ยูนิฟอร์ม และโลจิสติค ทั้งที่กำหนดอัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากันและแตกต่างกัน คือ 1:1:1 และ 1:2:3 ผลสรุปได้ว่า เมื่อแปลงข้อมูลโดยใช้รากที่สอง และโดยวิธีกลับเศษส่วน สามารถควบคุมความน่าจะเป็นประเภทที่ 1 ได้ดี และมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีอื่น ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบเอฟเมื่อคำนวณจากข้อมูลดิบ กับวิธีการแปลงข้อมูลโดยใช้รากที่สอง วิธีการกลับเศษส่วน การใช้ล็อกฐาน 10 และการใช้ล็อกฐานอี สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีมากขึ้นที่ระดับนัยสำคัญทั้งสอง ทั้งในลักษณะที่อัตราความแปรปรวนเท่ากันและต่างกัน

จินตนา (2541) ได้ศึกษาผลกระทบของการฝ่าฝืนข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยทำการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่แจกแจกแบบปกติและแบบเบต้า โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชั่น ทำซ้ำ 1,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวนเท่ากัน จำนวนซ้ำเท่ากันและไม่เท่ากัน ส่วนใหญ่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากัน จำนวนซ้ำเท่ากันสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าที่จำนวนซ้ำไม่เท่ากัน และเมื่อจำนวนซ้ำเท่ากัน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 10, 15 และ 20 กลุ่ม สามารถควบคุมอัตราความคาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3, 4 และ 5 กลุ่ม เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้าที่ 4 ระดับความเบ้ คือ (1.5, 3), (1.5, 5), (3, 1.5) และ (5, 1.5) ความแปรปรวนเท่ากัน กลุ่มตัวอย่าง 3 และ 4 ทั้งกรณีที่จำนวนซ้ำเท่ากันและไม่เท่ากัน ส่วนใหญ่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ แต่เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 4 กลุ่มขึ้นไป ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ ทั้งกรณีจำนวนซ้ำเท่ากันและไม่เท่ากัน เบ้ขวา เบ้ซ้าย เบ้น้อยและเบ้มาก

Cochran and Cox (1957) กล่าวว่า การที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นมีผลต่อการทดสอบ F เพียงเล็กน้อย คือ ถ้าข้อมูลแตกต่างไปจากข้อสมมติเพียงเล็กน้อยก็แทบจะไม่มีผลต่อการทดสอบเลย การที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมตินั้นจะมีผลต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบและอำนาจการทดสอบ เช่น สมมติว่าผู้ทดลองใช้ระดับนัยสำคัญของการทดสอบเป็น 0.05 ถ้าข้อมูลไม่เป็นตามข้อสมมติแล้ว การทดสอบนั้นจะให้ค่า α ประมาณ 0.07 หรือ 0.08 นั้นคือ ความผิดพลาดประเภทที่ 1 มีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ในการทดสอบซึ่งทำให้มีจำนวนสมมติฐานหลักที่ถูกปฏิเสธมากกว่าความเป็นจริง ผลการขาดคุณสมบัติตามข้อสมมติที่มีต่ออำนาจการทดสอบ คือ ผู้ทดลองสามารถใช้การทดลองแบบอื่นๆ ที่มีอำนาจการทดสอบมากกว่า

นี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าทราบตัวแบบของการทดลองนั้นได้ ช่วงความเชื่อมั่นที่สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์นี้ก็อาจถือเป็นเพียงช่วงความเชื่อมั่นโดยประมาณเท่านั้น

Freeman and Tukey (1974) ได้ทดสอบความสามารถในการแปลงข้อมูลโดยใช้รากที่สอง (Square root transformation) ในลักษณะต่าง ๆ 5 แบบด้วยกัน คือ $Y=\sqrt{X}$ $Y=\sqrt{X+1}$ $Y=\sqrt{X}+\sqrt{X+1}$ $Y=\sqrt{X+\frac{3}{8}}$ $Y=\sqrt{X}+\frac{1}{2}$ เมื่อ X เป็นข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบพัวซอง (Poisson distribution) เพื่อเปรียบเทียบดูว่า การแปลงข้อมูลโดยใช้รากที่สองในลักษณะแบบใดที่ทำให้ค่าความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดต่าง ๆ กัน คือ 5, 10, 20 ผลปรากฏว่า การแปลงข้อมูลโดยใช้รากที่สองแบบ $Y=\sqrt{X}+\sqrt{X+1}$ ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด

Budescu and Appelbaum (1981) ใช้เทคนิคของมอนติคาร์โล เพื่อศึกษาผลของการแปลงข้อมูลเพื่อให้ได้ค่าความแปรปรวนมีเสถียรภาพ (Variance stabilizing transforamtion) ที่มีต่ออำนาจการทดสอบเอฟ โดยจำแนกการแจกแจงของประชากรเป็น 5 การแจกแจง คือ ทวินาม ปกติที่มีค่าเฉลี่ยมัชฌิมเลขคณิตและค่าความแปรปรวนเท่ากับการแจกแจงแบบทวินาม พัวซอง ปกติที่มีค่าเฉลี่ยมัชฌิมเลขคณิตและค่าความแปรปรวนเท่ากับการแจกแจงแบบพัวซอง และปกติที่มีค่าเฉลี่ยมัชฌิมเลขคณิตที่เป็นอิสระกันและความแปรปรวนเป็นเอกภาพ ใช้ขนาดตัวอย่างต่างกัน 4 กลุ่ม ด้วยแผนการทดลองแบบ CR-k จำลองแบบกระทำซ้ำ 1,500 ครั้ง พบว่า การแปลงข้อมูลไม่มีผลต่ออำนาจการทดสอบเอฟที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 นอกจากนี้ยังทำให้อำนาจการทดสอบเอฟมีค่าลดลง โดยเฉพาะในกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กที่มาจากประชากรที่มีค่าความแปรปรวนสูงและกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ที่มาจากประชากรที่มีค่าความแปรปรวนต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ มีหน่วยความจำขนาดอย่างน้อย 256 MB
2. โปรแกรม Microsoft Office Excel 2003

วิธีการ

งานวิจัยนี้กระทำโดยการจำลองแบบด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลสร้างข้อมูลที่อยู่ในรูปสัดส่วนและมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ แล้วตรวจสอบข้อมูลว่ามีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติของการวิเคราะห์หรือไม่ โดยตรวจสอบอิทธิพลแบบบวกด้วยวิธีของ Tukey เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ทำการแปลงข้อมูล 5 วิธี ได้แก่ การแปลงข้อมูลโดยใช้หลักของ Tukey วิธีการแปลงของ Box และ Cox วิธีการแปลง Folded power วิธีการแปลงของ Guerrero และ Johnson และ วิธีการแปลงของ Aranda-Ordaz จากนั้นนำข้อมูลที่แปลงแล้วไปตรวจสอบข้อสมมติอีกครั้ง เมื่อข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และคำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของข้อมูลที่ไม่มีความแตกต่างกันของอิทธิพลทรีทเมนต์ ($\tau_i = 0$) และคำนวณอำนาจการทดสอบของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันของอิทธิพลทรีทเมนต์ ($\tau_i \neq 0$)

ขั้นตอนวิธีการวิจัย

1. การสร้างข้อมูลที่อยู่ในรูปสัดส่วนและมีลักษณะต่างๆ จากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ อิทธิพลของบล็อกและทรีทเมนต์เป็นอิทธิพลกำหนด จำนวนบล็อก 3 ขนาด ได้แก่ 4, 8 และ 12 จำนวนทรีทเมนต์ 7 ขนาด ได้แก่ 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 ตามลำดับ และขนาดการทดลอง 21 ขนาด ได้แก่ 4×3, 4×5, 4×7, 4×9, 4×11, 4×13, 4×15, 8×3, 8×5, 8×7, 8×9, 8×11, 8×13, 8×15,12×3, 12×5, 12×7, 12×9, 12×11, 12×13 และ 12×15 ตามลำดับ แต่ละขนาดการทดลอง แยกเป็น 2 กรณี คือ

1.1 กรณีข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของแต่ละทรีทเมนต์มีค่าเท่ากัน เท่ากับ 1 และอิทธิพลของทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน ($\tau_j = 0$)

1.2 กรณีข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของแต่ละทรีทเมนต์มีค่าเท่ากัน เท่ากับ 1 และอิทธิพลของทรีทเมนต์แตกต่างกัน ($\tau_j \neq 0$)

ตารางที่ 7 ลักษณะข้อมูลแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่ศึกษาในงานวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 42 ลักษณะ

ลักษณะที่	r	t	ε_{ij}	μ	ρ_i	τ_j
1	4	3	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.2,-0.1)
2	4	3	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-1,2,-1)
3	4	5	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1)
4	4	5	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,-1,2)
5	4	7	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1)
6	4	7	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-1,-1,2)
7	4	9	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.2, -0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
8	4	9	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)
9	4	11	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
10	4	11	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-1,-1,2)

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลักษณะที่	r	t	ε_{ij}	μ	ρ_i	τ_j
11	4	13	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.2, -0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
12	4	13	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)
13	4	15	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
14	4	15	N(0,1)	10	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1, 1,-1,-1,2)
15	8	3	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.2,-0.1)
16	8	3	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-1,2,-1)
17	8	5	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1)
18	8	5	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,-1,2)
19	8	7	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1)
20	8	7	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-1,-1,2)
21	8	9	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1, 0.1,-0.1,0.1)
22	8	9	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)
23	8	11	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
24	8	11	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-1,-1,2)

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลักษณะที่	r	t	ε_{ij}	μ	ρ_i	τ_j
25	8	13	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.2, -0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
26	8	13	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1, -2,2,-1,-1,2)
27	8	15	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
28	8	15	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,0.1,0.1, 0.1,-0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1, -2,2,-1, 1,-1,-1,2)
29	12	3	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.2,-0.1)
30	12	3	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-1,2,-1)
31	12	5	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1)
32	12	5	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,-1,2)
33	12	7	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1)
34	12	7	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-1,-1,2)
35	12	9	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1, 0.1,-0.1,0.1)
36	12	9	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)
37	12	11	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
38	12	11	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-1,-1,2)

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลักษณะที่	r	t	ε_{ij}	μ	ρ_i	τ_j
39	12	13	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.2, -0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
40	12	13	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)
41	12	15	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)
42	12	15	N(0,1)	10	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1, -0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1, -2,2,-1,1,-1,-1,2)

2. การตรวจสอบข้อมูล เมื่อสร้างข้อมูลแล้ว นำข้อมูลมาตรวจสอบว่า มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกหรือไม่ โดยการตรวจสอบข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกด้วยวิธีของ Tukey เปรียบเทียบค่าสถิติที่คำนวณกับค่าวิกฤติที่เปิดตารางการแจกแจง F ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ดังตารางที่ 8 และนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธ

3. การแปลงข้อมูล เมื่อตรวจสอบพบว่า ข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกแล้วทำการแปลงข้อมูล 5 วิธี ได้แก่ การแปลงข้อมูลโดยใช้หลักของ Tukey วิธีการแปลงของ Box และ Cox วิธีการแปลง Folded power วิธีการแปลงของ Guerrero และ Johnson และ วิธีการแปลงของ Aranda-Ordaz แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการแปลงไปตรวจสอบข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกอีกครั้ง นับจำนวนครั้งของการยอมรับ H_0 ของแต่ละวิธี

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกแล้ว ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ด้วยการเปรียบเทียบค่าสถิติที่คำนวณได้กับค่าวิกฤติที่เปิดจากตารางการแจกแจง F แสดงไว้ในตารางที่ 8 และนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธ H_0 ของแต่ละวิธี

ตารางที่ 8 ค่าวิกฤติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการตรวจสอบข้อสมมติ

		วิธีทดสอบของ Tukey				การทดสอบ F			
r	t	ν_1	ν_2	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$	ν_1	ν_2	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
4	3	1	5	6.61	16.26	2	6	5.14	10.92
4	5	1	11	4.85	9.69	4	12	3.26	5.41
4	7	1	17	4.46	8.45	6	18	2.68	4.05
4	9	1	23	4.28	7.89	8	24	2.36	3.36
4	11	1	29	4.19	7.60	10	30	2.16	2.98
4	13	1	35	4.13	7.44	12	36	2.04	2.73
4	15	1	41	4.08	7.30	14	42	1.94	2.55
8	3	1	13	4.68	9.11	2	14	3.74	6.51
8	5	1	27	4.22	7.69	4	28	2.72	4.09
8	7	1	41	4.08	7.30	6	42	2.60	3.81
8	9	1	55	4.02	7.14	8	56	2.12	2.85
8	11	1	69	3.99	7.05	10	70	1.98	2.60
8	13	1	83	3.97	7.00	12	84	1.88	2.44
8	15	1	97	3.95	6.94	14	98	1.81	2.30
12	3	1	21	4.33	8.03	2	22	3.44	5.72
12	5	1	43	4.07	7.28	4	44	2.60	3.80
12	7	1	65	3.99	7.06	6	66	2.24	3.10
12	9	1	87	3.97	6.98	8	88	2.06	2.75
12	11	1	109	3.93	6.89	10	110	1.92	2.50
12	13	1	131	3.90	6.70	12	132	1.80	2.30
12	15	1	153	3.84	6.63	14	154	1.70	2.09

5. คำนวณร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติ ดังนี้

$$\text{ร้อยละการแปลง} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่แปลงแล้วเป็นไปตามสมมติ}}{\text{จำนวนครั้งที่ไม่เป็นไปตามข้อสมมติก่อนแปลงทั้งหมด}} \times 100$$

คำนวณความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของแต่ละวิธีจากข้อมูลที่มีอิทธิพลของทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน ($\tau_j = 0$) ดังนี้

$$\text{ความผิดพลาดประเภทที่ 1} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธ } H_0 \text{ หลังแปลงแล้ว}}{\text{จำนวนครั้งที่ไม่เป็นไปตามข้อสมมติก่อนแปลงทั้งหมด}}$$

คำนวณค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีการแปลงข้อมูลจากข้อมูลที่มีอิทธิพลของทรีทเมนต์แตกต่างกัน ($\tau_j \neq 0$) ดังนี้

$$\text{อำนาจการทดสอบ} = 1 - \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับ } H_0 \text{ หลังแปลงแล้ว}}{\text{จำนวนครั้งที่ไม่เป็นไปตามข้อสมมติก่อนแปลงทั้งหมด}}$$

คำนวนค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังแปลงข้อมูลแล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ดังนี้

$$\text{ร้อยละค่าเอฟที่เพิ่มขึ้น} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ค่าทดสอบเอฟหลังแปลงมากกว่าก่อนแปลง}}{\text{จำนวนครั้งที่ไม่เป็นไปตามข้อสมมติก่อนแปลงทั้งหมด}} \times 100$$

คำนวณค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังแปลงข้อมูลแล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ดังนี้

$$\text{ร้อยละค่าเอฟที่ลดลง} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ค่าทดสอบเอฟหลังแปลงน้อยกว่าก่อนแปลง}}{\text{จำนวนครั้งที่ไม่เป็นไปตามข้อสมมติก่อนแปลงทั้งหมด}} \times 100$$

6. สรุปผล พิจารณาจากร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นและค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังแปลงข้อมูลแล้วเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก โดยที่วิธีการแปลงข้อมูลที่ดีที่สุดมาจากค่าร้อยละของข้อมูลหลังการแปลงแล้วมีคุณสมบัติไปตามข้อสมมติมากที่สุด สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ค่าอำนาจการทดสอบที่สูงที่สุด ร้อยละค่าทดสอบเอฟเพิ่มขึ้นมากที่สุด และ ร้อยละค่าทดสอบเอฟลดลงน้อยที่สุด

ผลและวิจารณ์

การเสนอผลการวิจัยทำโดยการเปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลหลังจากการแปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติ ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ ร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นและร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูลแล้วเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ของการแปลงข้อมูล 5 วิธี ซึ่งจะนำเสนอในรูปแบบตารางและภาพ ดังนี้

1. ร้อยละของข้อมูลที่แปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติ

จากการทดลองหลังจากสร้างข้อมูลให้อยู่ในรูปสัดส่วนและไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ทำการตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลว่าเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกหรือไม่ และทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง5 วิธี การสรุปผลจะเปรียบเทียบร้อยละของการแปลงข้อมูล 5 วิธีที่แปลงแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุดในแต่ละขนาดการทดลอง ที่ระดับนัยสำคัญ 2 ระดับ คือ 0.05 และ 0.01

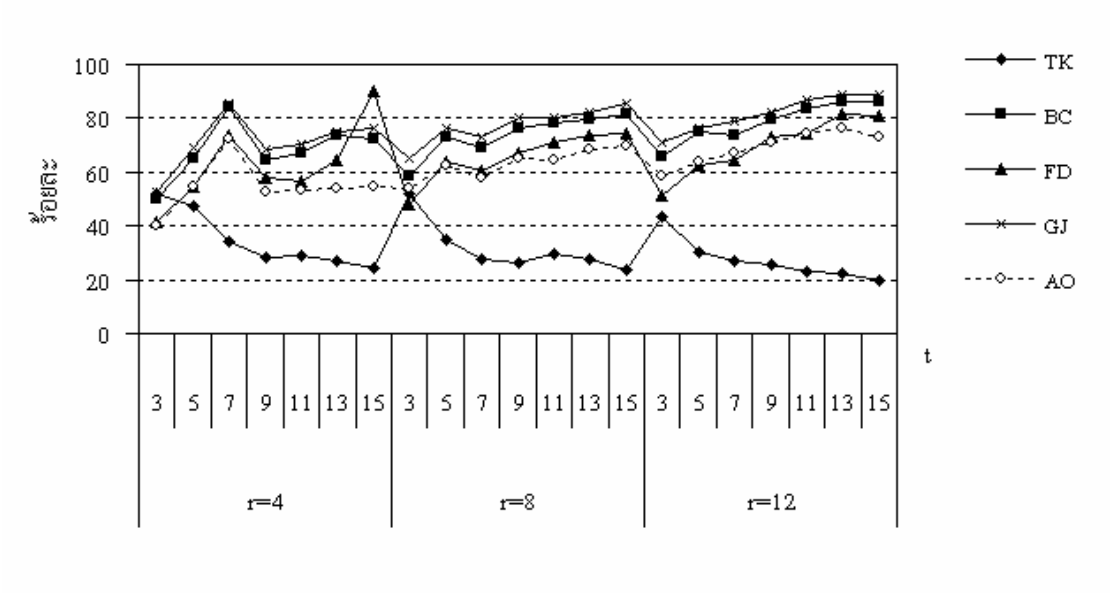
1.1 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงไว้ในตารางที่ 9 และภาพที่ 2 ถึง 5 ดังนี้

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

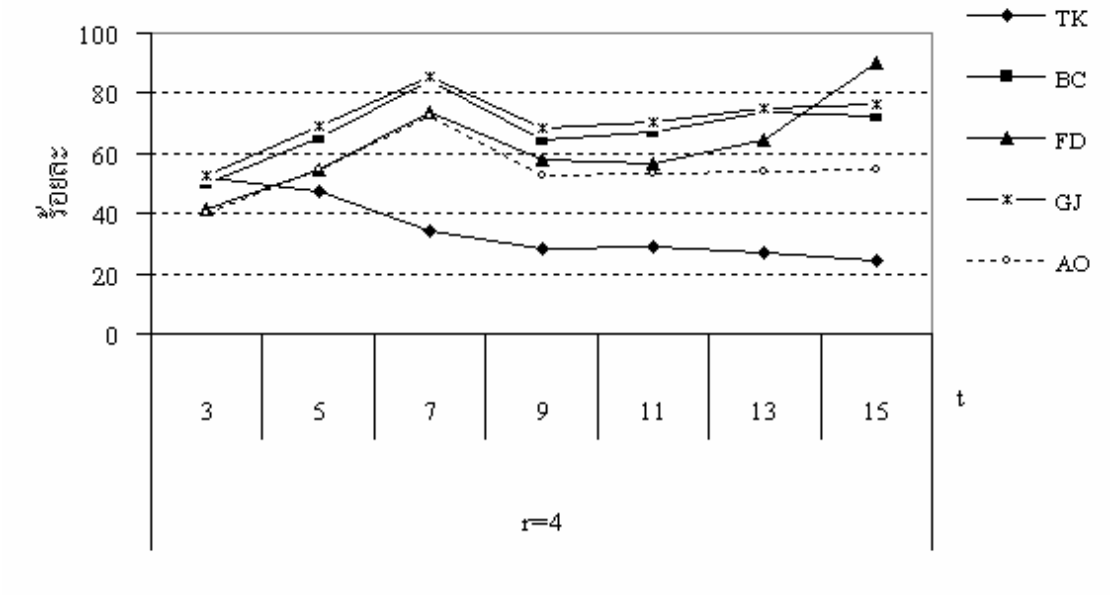
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
		ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
	3	52.26	50	41.61	52.9	40
	5	47.6	65.27	54.79	69.16	54.8
4	7	34.26	83.95	73.46	85.49	72.2
	9	28.46	64.23	57.93	68.26	52.9
	11	28.97	67.06	56.31	70.56	53

ตารางที่ 9 (ต่อ)

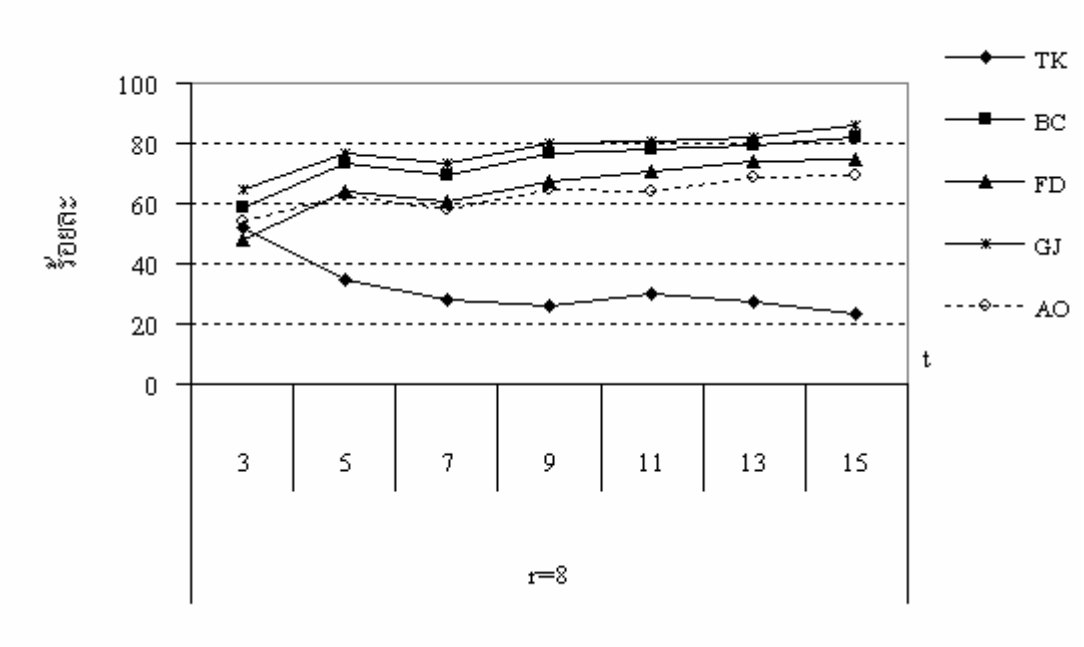
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
		ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
4	13	26.82	73.39	64.24	75.26	54.3
	15	24.2	72.59	89.94	76.45	54.8
8	3	51.96	58.61	48.04	64.95	53.8
	5	34.73	73.31	63.99	76.53	62.7
	7	27.81	69.38	60.39	73.03	57.9
	9	26.1	76.44	67.21	80.14	64.9
	11	29.88	78.02	70.86	80.49	64.2
	13	27.5	79.42	73.85	81.92	68.7
	15	23.62	81.73	74.54	85.79	69.6
12	3	43.67	65.51	51.58	70.89	58.5
	5	30.17	75.29	62.36	76.15	63.8
	7	26.96	73.53	64.71	78.92	66.9
	9	25.68	79.77	72.73	82.5	71.4
	11	22.82	83.82	74.07	87.14	74.3
	13	22.65	86.24	81.38	88.59	76
	15	19.72	86.38	80.91	88.89	72.8



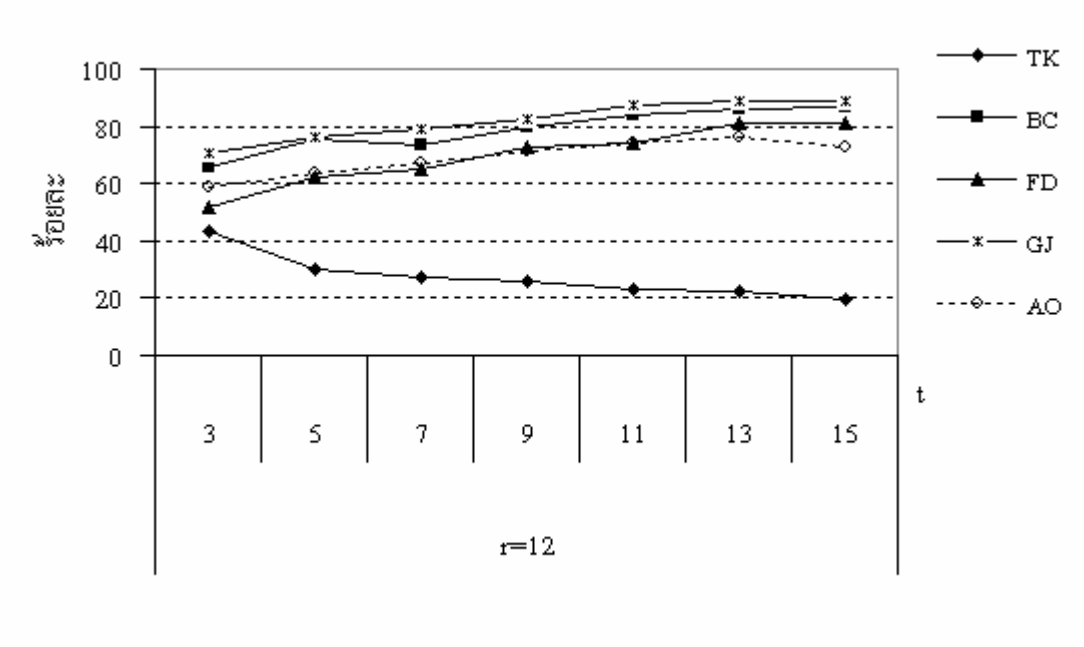
ภาพที่ 1 ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 2 ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4บล็อกและระดับนัยสำคัญ0.05



ภาพที่3 ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่4 ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติ เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12 บล็อกและระดับนัยสำคัญ0.05

จากตารางที่9 และภาพที่ 1 ถึง 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและมีคุณสมบัติไม่ เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก วิธีการแปลงข้อมูลที่มีร้อยละของข้อมูลที่แปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุดในทุกขนาดการทดลอง ได้แก่ การแปลงข้อมูลโดยใช้วิธีของ Guerrero และ Johnson ยกเว้นที่จำนวนบล็อก 4 บล็อก จำนวนทรีทเมนต์ 3 ทรีทเมนต์ วิธีการแปลง Floded power แปลงได้มากที่สุด และ วิธีที่แปลงได้น้อยที่สุดคือวิธีของ Tukey จะเห็นได้ว่า เมื่อการทดลองมีขนาดใหญ่ขึ้นร้อยละของข้อมูลที่แปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นวิธีของ Tukey

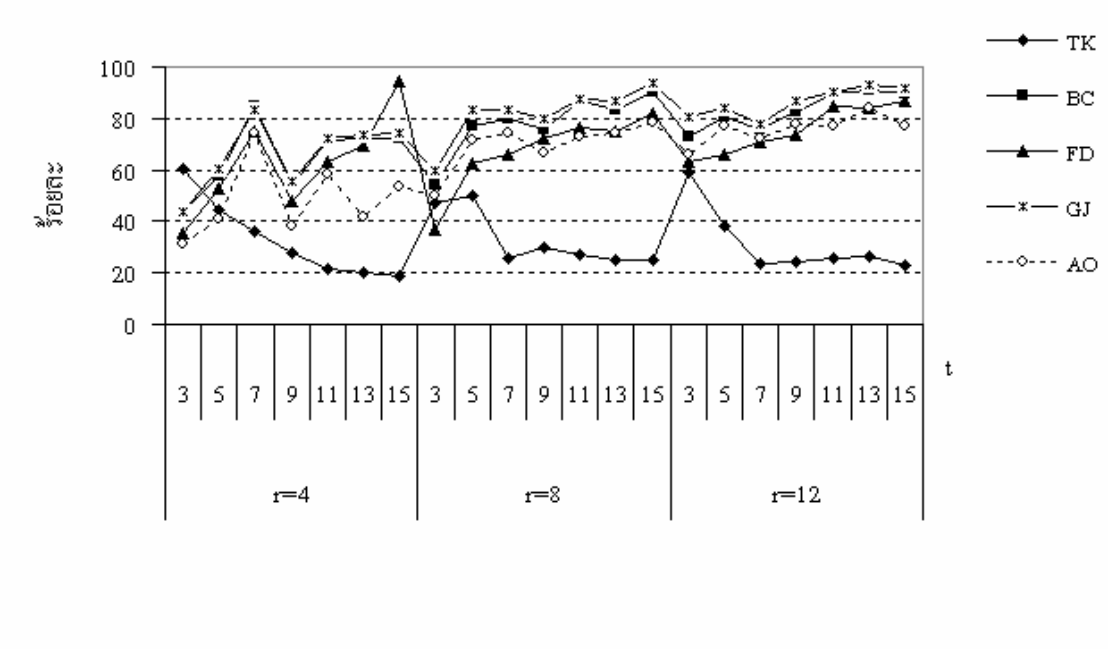
1.2 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงไว้ในตารางที่ 10 และภาพที่ 5 ถึง 8 ดังนี้

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

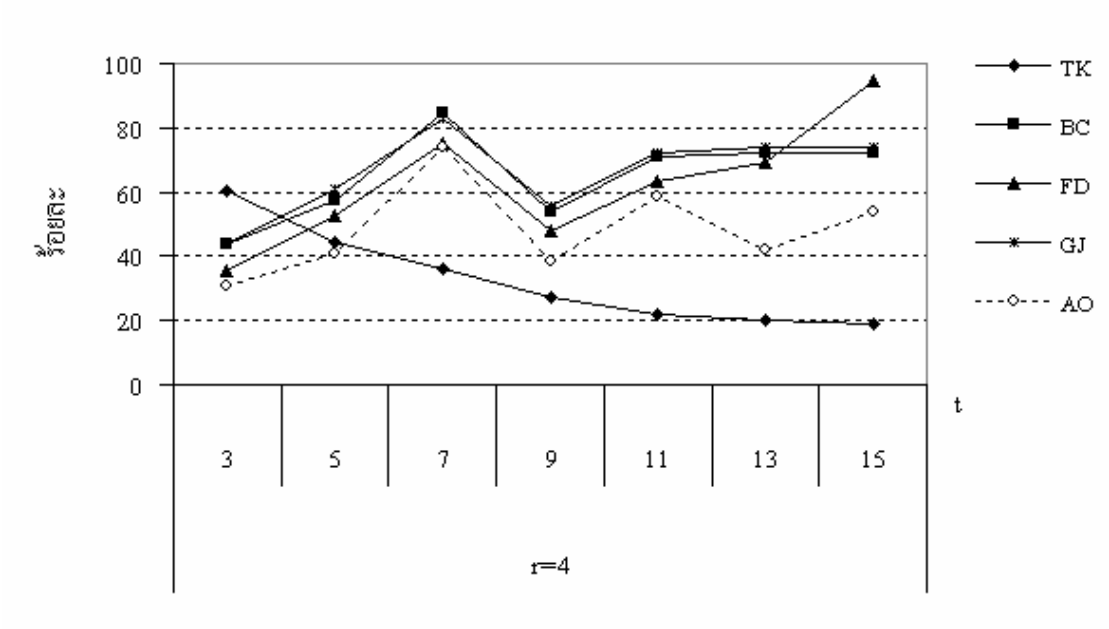
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
		ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
4	3	60.56	43.66	35.21	43.66	30.99
	5	44.26	57.38	52.46	60.66	40.98
	7	36.36	84.42	75.32	83.12	74.03
	9	27.45	53.92	48.04	55.88	38.24
	11	21.78	71.29	63.37	72.28	58.42
	13	20.15	72.39	69.4	73.88	41.79
	15	18.75	72.32	94.64	74.11	53.57
8	3	47.3	54.05	36.49	59.46	50.00
	5	50	76.92	62.82	83.33	71.79
	7	25.88	80	65.88	83.53	74.12
	9	29.63	75.93	72.22	79.63	66.67
	11	27.03	86.49	76.58	87.39	72.97
	13	25.17	82.99	74.83	87.07	74.15
	15	25	90	81.88	93.75	78.75

ตารางที่ 10 (ต่อ)

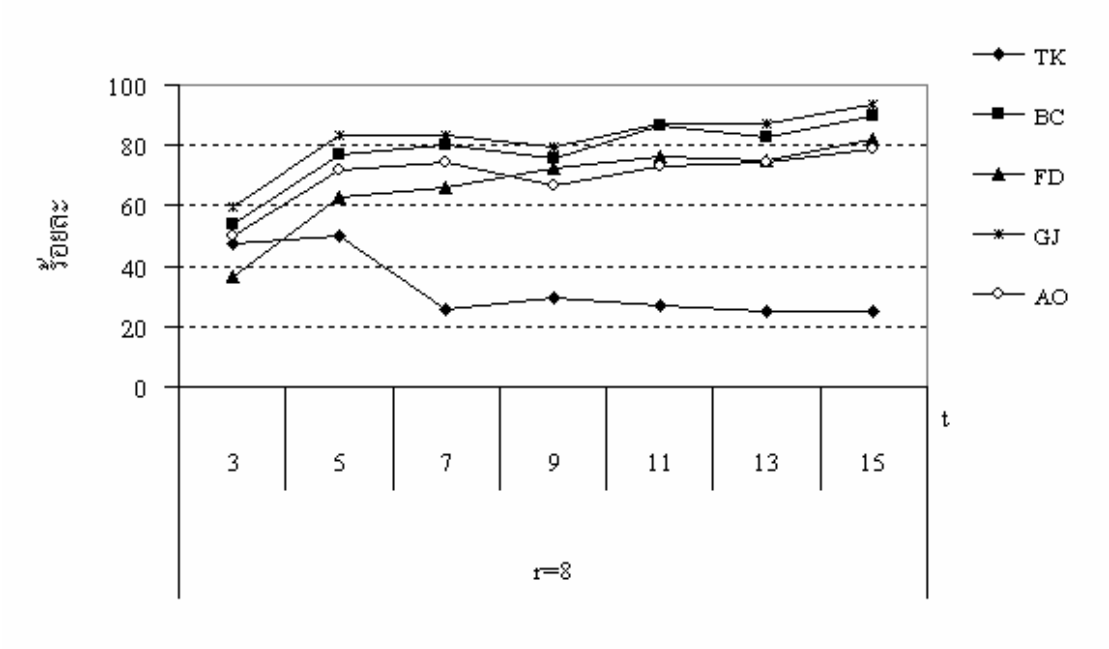
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
		ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
	3	59.15	73.24	63.38	80.28	66.20
	5	38.04	80.43	66.3	83.7	77.17
	7	23.53	75.49	70.59	77.45	72.55
12	9	24.6	82.54	73.81	86.51	77.78
	11	25.81	89.52	84.68	90.32	77.42
	13	26.67	91.28	84.1	93.33	84.10
	15	23.04	89.57	86.52	91.74	76.96



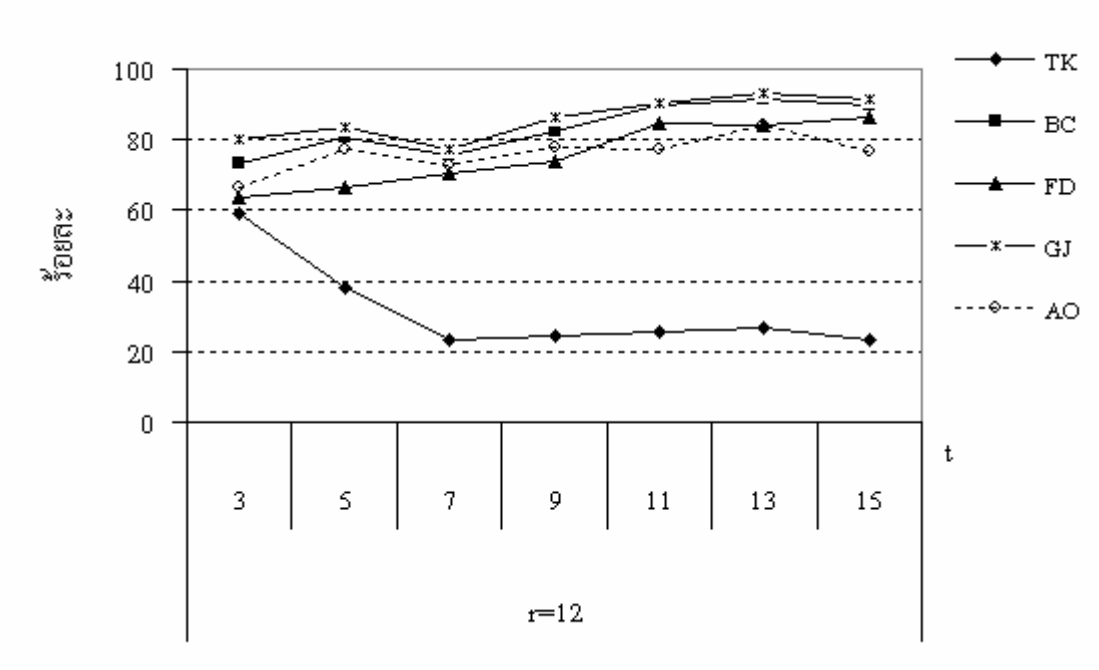
ภาพที่ 5 ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 6 ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 7 ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 8 ร้อยละของข้อมูลหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติ เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 10 และภาพที่ 5 ถึง 8 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและมีคุณสมบัติไม่ เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก วิธีการแปลงข้อมูลที่มีร้อยละของข้อมูลที่แปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุดในทุกขนาดการทดลอง ได้แก่ การแปลงข้อมูลโดยใช้ วิธีของ Guerrero และ Johnson ยกเว้นที่จำนวนบล็อก 4 บล็อก จำนวนทรีทเมนต์ 3 ทรีทเมนต์ วิธีการแปลง Floded power แปลงได้มากที่สุด และวิธีที่แปลงได้น้อยที่สุดคือวิธีของ Tukey จะเห็นได้ว่า เมื่อการทดลองมีขนาดใหญ่ขึ้นร้อยละของข้อมูลที่แปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นวิธีของ Tukey ซึ่งจะมีค่าลดลง

2. ความผิดพลาดประเภทที่ 1

จากผลการทดลอง วิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 5 วิธี วิธีใดสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้จะถือว่า เป็นวิธีการแปลงข้อมูลที่ดี การสรุปผลการทดลองด้วยความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของการแปลงข้อมูล 5 วิธี แสดงในตารางที่ 11 และ12 ภาพที่ 9 ถึง 18จะเปรียบเทียบการแปลงข้อมูล 5 วิธี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ดังนี้

2.1 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงไว้ในตารางที่ 11 และภาพที่ 9 ถึง 13 ดังนี้

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

r	t	ก่อนแปลง	TK	BC	FD	GJ	AO
4	3	0.078 U	**0.052 C**	**0.046 C**	0.039 L	**0.046 C**	0.033 L
	5	**0.058 C**	0.014 L	0.029 L	0.022 L	0.029 L	0.022 L
	7	0.081 U	0.016 L	0.073 U	0.065 U	0.073 U	0.073 U
	9	0.083 U	0.000 L	0.019 L	0.013 L	0.026 L	0.019 L
	11	0.062 U	0.006 L	0.031 L	0.025 L	0.037 L	0.031 L
	13	0.025 L	0.000 L	0.019 L	0.019 L	0.019 L	0.019 L
	15	0.026 L	0.013 L	0.019 L	0.019 L	0.019 L	0.000 L
8	3	0.106 U	0.006 L	0.038 L	0.031 L	**0.050 C**	0.025 L
	5	0.099 U	0.008 L	0.038 L	0.038 L	0.038 L	0.031 L
	7	**0.040 C**	0.000 L	0.027 L	0.027 L	0.027 L	0.020 L
	9	**0.040 C**	0.000 L	0.013 L	0.013 L	0.013 L	0.013 L
	11	**0.040 C**	0.000 L	0.024 L	0.024 L	0.024 L	0.008 L
	13	**0.042 C**	0.000 L	0.014 L	0.014 L	0.014 L	0.014 L
	15	0.118 U	0.006 L	0.068 U	**0.056 C**	0.075 U	**0.056 C**

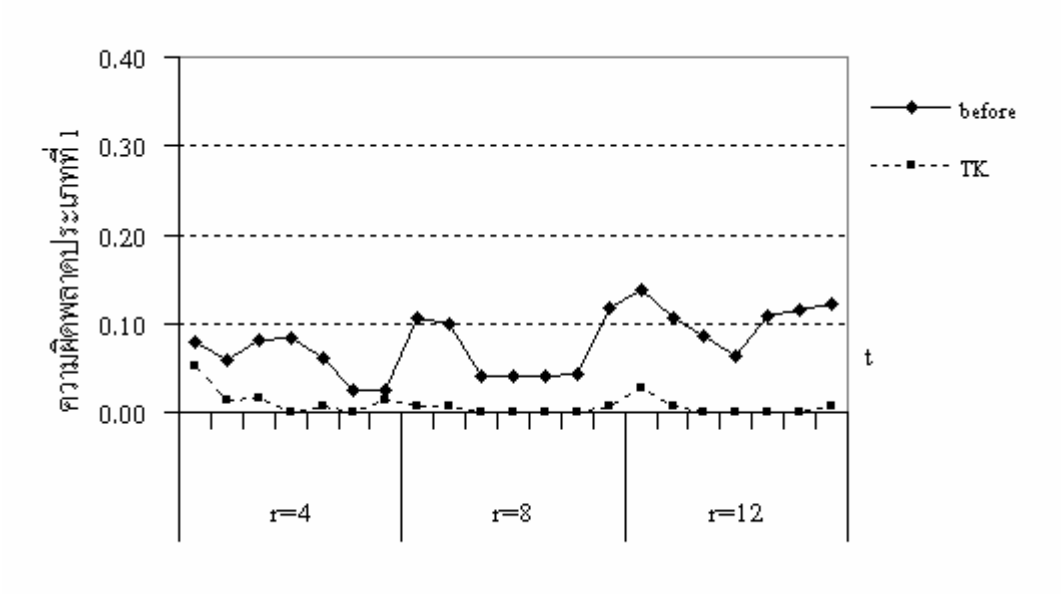
ตารางที่ 11 (ต่อ)

r	t	ก่อนแปลง	TK	BC	FD	GJ	AO
12	3	0.138 U	0.028 L	0.069 U	**0.048 C**	0.083 U	0.069 U
	5	0.106 U	0.007 L	**0.043 C**	0.035 L	**0.057 C**	0.035 L
	7	0.085 U	0.000 L	0.036 L	0.024 L	**0.048 C**	0.030 L
	9	0.063 U	0.000 L	0.025 L	0.025 L	0.025 L	0.006 L
	11	0.108 U	0.000 L	**0.051 C**	0.038 L	**0.051 C**	**0.051 C**
	13	0.115 U	0.000 L	**0.045 C**	0.038 L	0.064 U	**0.051 C**
	15	0.121 U	0.006 L	**0.057 C**	**0.045 C**	0.070 U	**0.051 C**

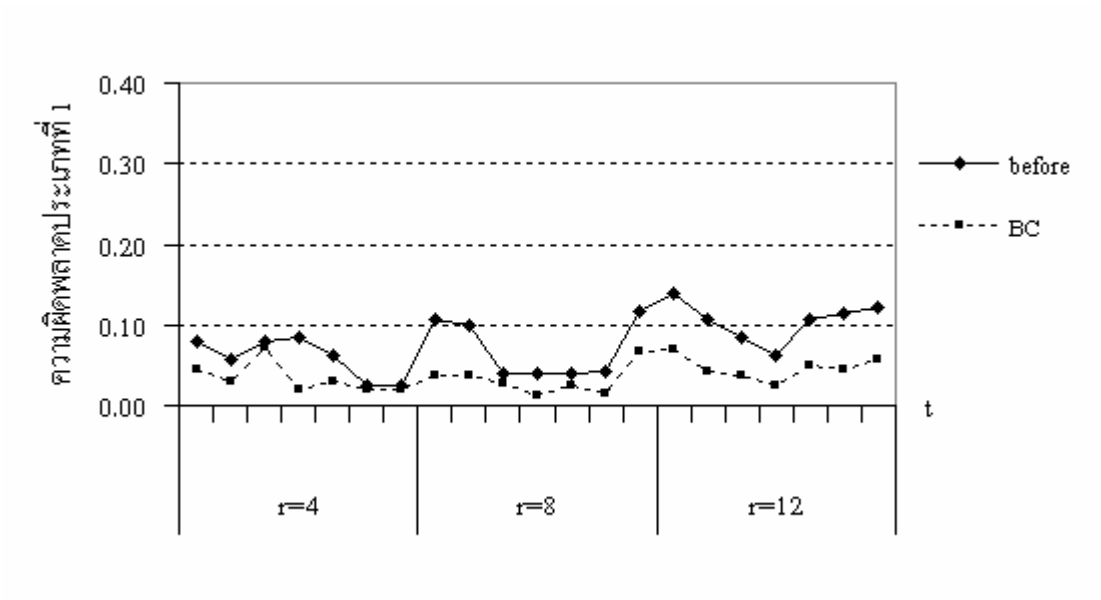
หมายเหตุ L หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองน้อยกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่กำหนด

C หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองอยู่ในอัตราความคลาดเคลื่อนที่ กำหนด

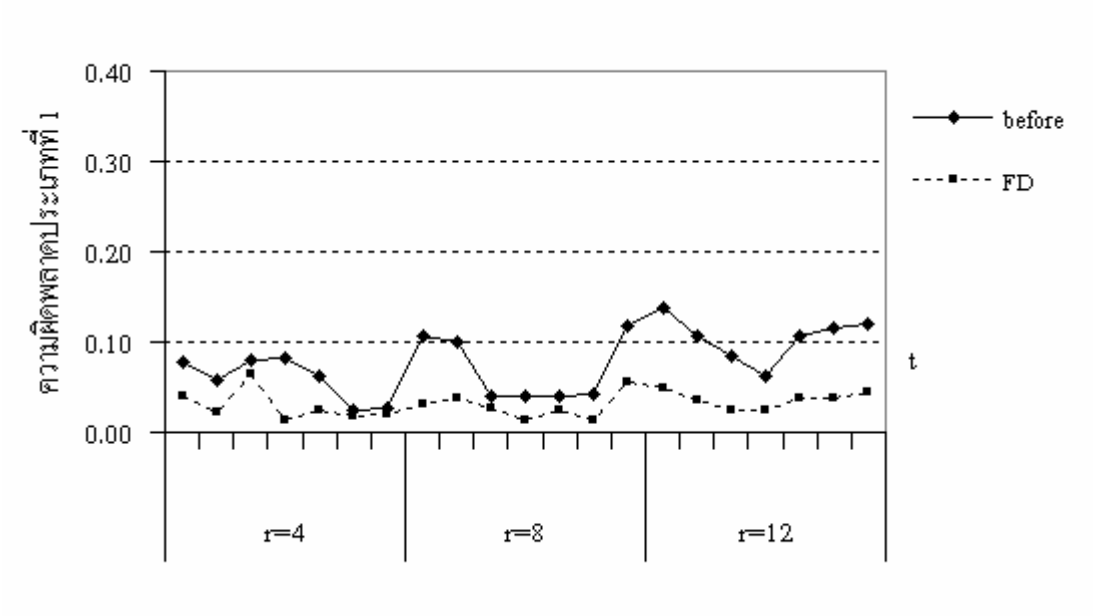
U หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่กำหนด



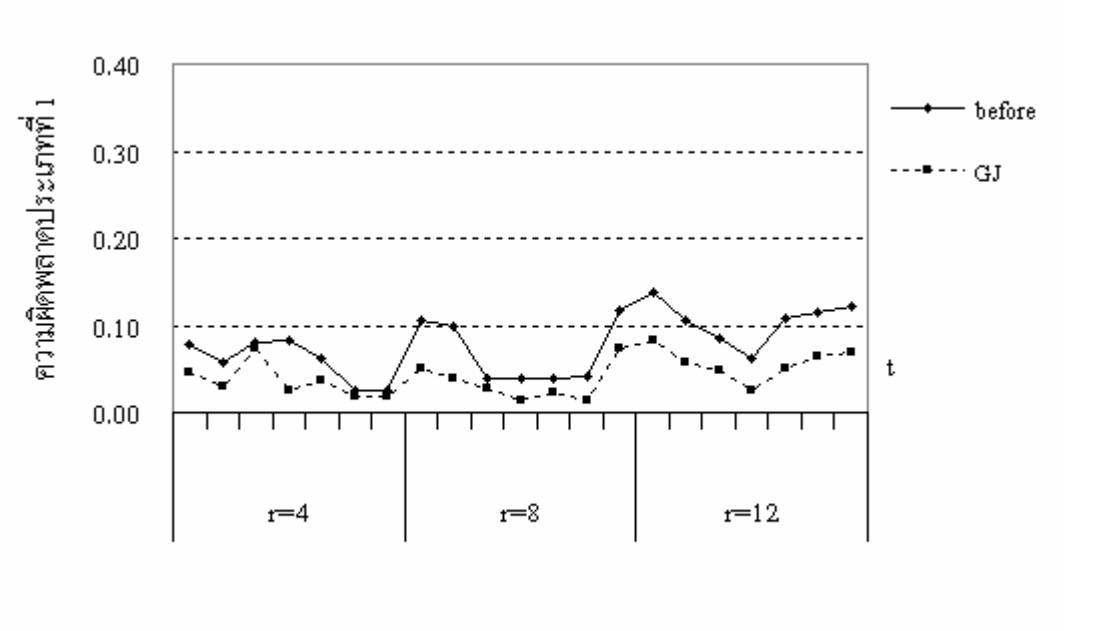
ภาพที่ 9 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลงและหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Tukey แล้ว ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



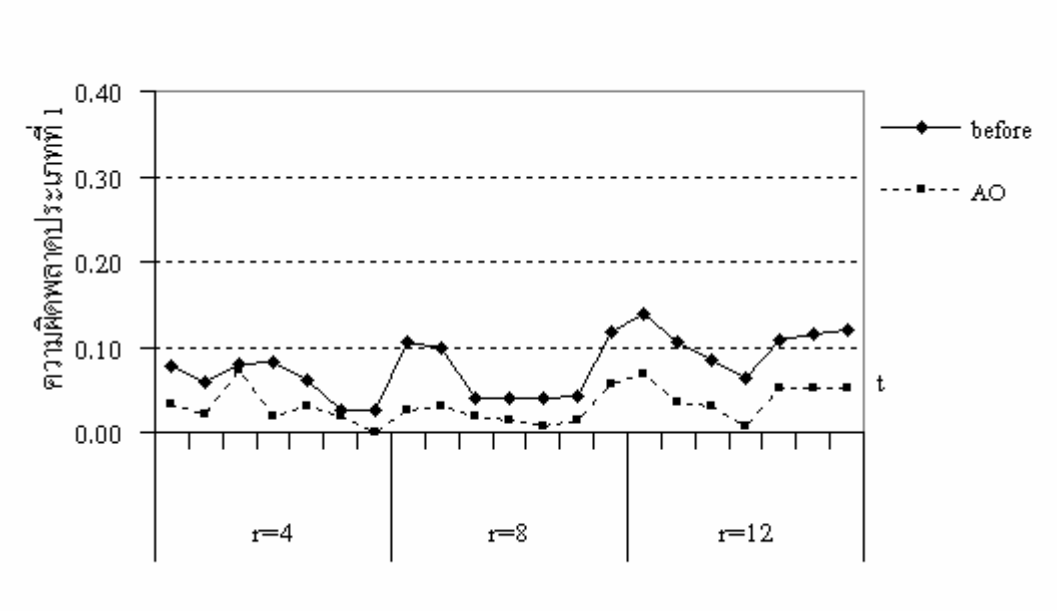
ภาพที่ 10 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีBox และ Cox แล้ว ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 11 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Floded power แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 12 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Guerrero และ Johnson แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 13 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีAranda และ Ordez แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 11 และภาพที่ 9 ถึง 13 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่จำนวนบล็อก 4 บล็อก จำนวนทรีทเมนต์ 3 ทรีทเมนต์ วิธีของ Tukey วิธี Box และ Cox และ วิธี Guerrero และ Johnson สามารถความคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ที่จำนวนบล็อก 8 บล็อก จำนวนทรีทเมนต์ 3 ทรีทเมนต์ วิธี Guerrero และ Johnson จำนวนทรีทเมนต์ 15 ทรีทเมนต์ วิธี Floded power และ วิธี Aranda และ Ordez สามารถความคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ และที่จำนวนบล็อก 12 บล็อก วิธี Box และ Cox สามารถความคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ จำนวนทรีทเมนต์ 3,11,13 และ 15 ทรีทเมนต์ วิธี Floded power สามารถความคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้จำนวนทรีทเมนต์ 3 และ 15 ทรีทเมนต์ วิธี Guerrero และ Johnson สามารถความคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้จำนวนทรีทเมนต์5,7และ 11 ทรีทเมนต์ และ วิธี Aranda และ Ordez สามารถความคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้จำนวนทรีทเมนต์ 11,13 และ15 ทรีทเมนต์ จะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 หลังการแปลงข้อมูลแล้วเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกมีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลงทั้ง 5 วิธี

2.2 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงไว้ในตารางที่12 และภาพที่ 14 ถึง 18 ดังนี้

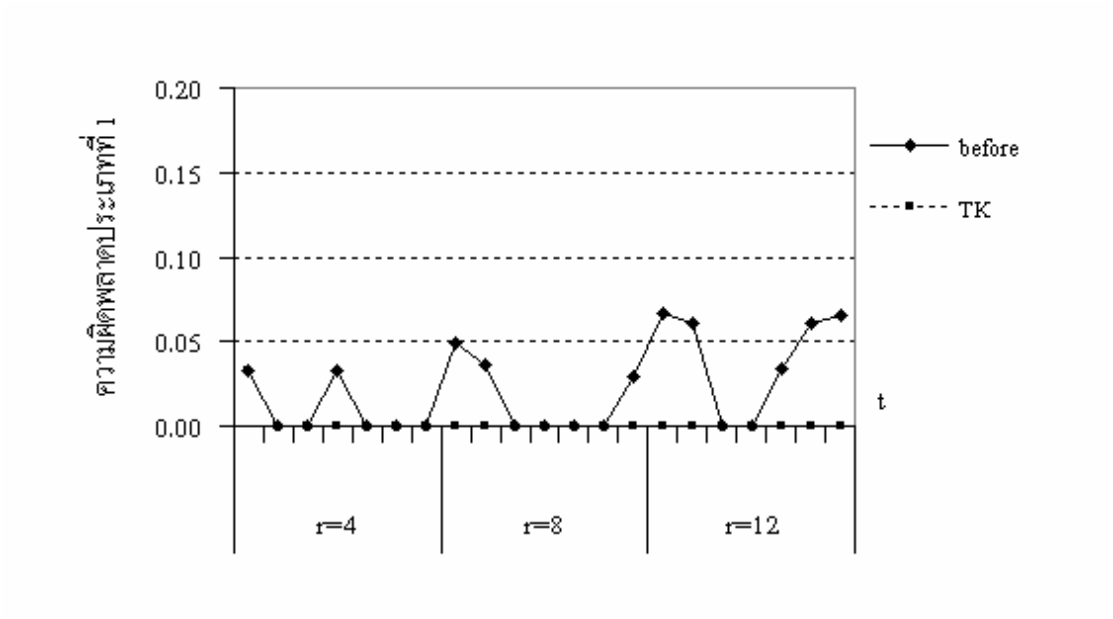
ตารางที่ 12 เปรียบเทียบความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

r	t	ก่อนแปลง	TK	BC	FD	GJ	AO
4	3	0.032 U	0.032 U	0.032 U	0.032 U	0.032 U	0.032 U
	5	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	7	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	9	0.032 U	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	11	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	13	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	15	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
8	3	0.049 U	0.000 L	0.024 U	0.000 L	0.024 U	0.024 U
	5	0.036 U	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	7	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	9	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	11	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	13	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
	15	0.029 U	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 L
12	3	0.067 U	0.000 L	0.067 U	0.067 U	0.067 U	0.033 U
	5	0.061 U	0.000 L	0.030 U	0.000 U	0.030 U	0.030 U
	7	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 U	0.000 L	0.000 L
	9	0.000 L	0.000 L	0.000 L	0.000 U	0.000 L	0.000 L
	11	0.034 U	0.000 L	0.000 L	0.000 U	0.000 L	0.000 L
	13	0.061 U	0.000 L	0.030 U	0.000 U	0.000 L	0.030 U
	15	0.065 U	0.000 L	0.000 L	0.000 U	0.022 U	0.043 U

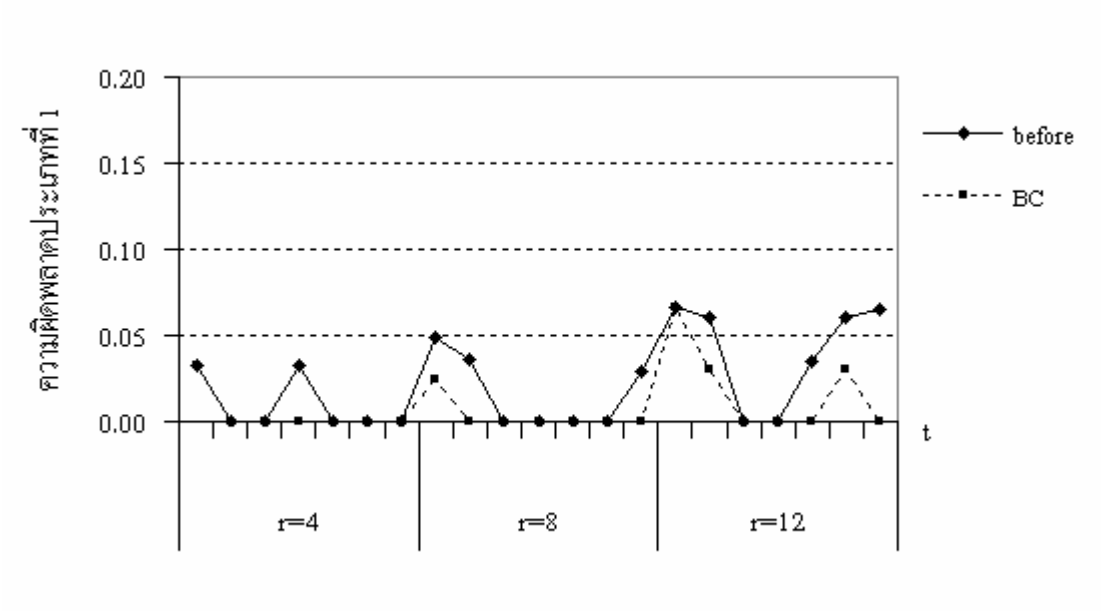
หมายเหตุ L หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองน้อยกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่กำหนด

C หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองอยู่ในอัตราความคลาดเคลื่อนที่กำหนด

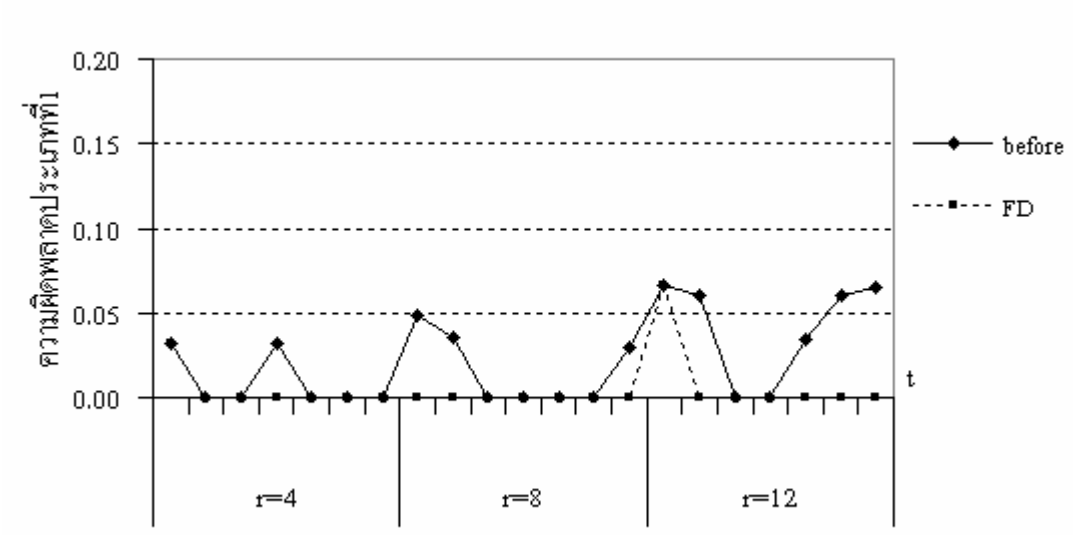
U หมายถึง อัตราความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่กำหนด



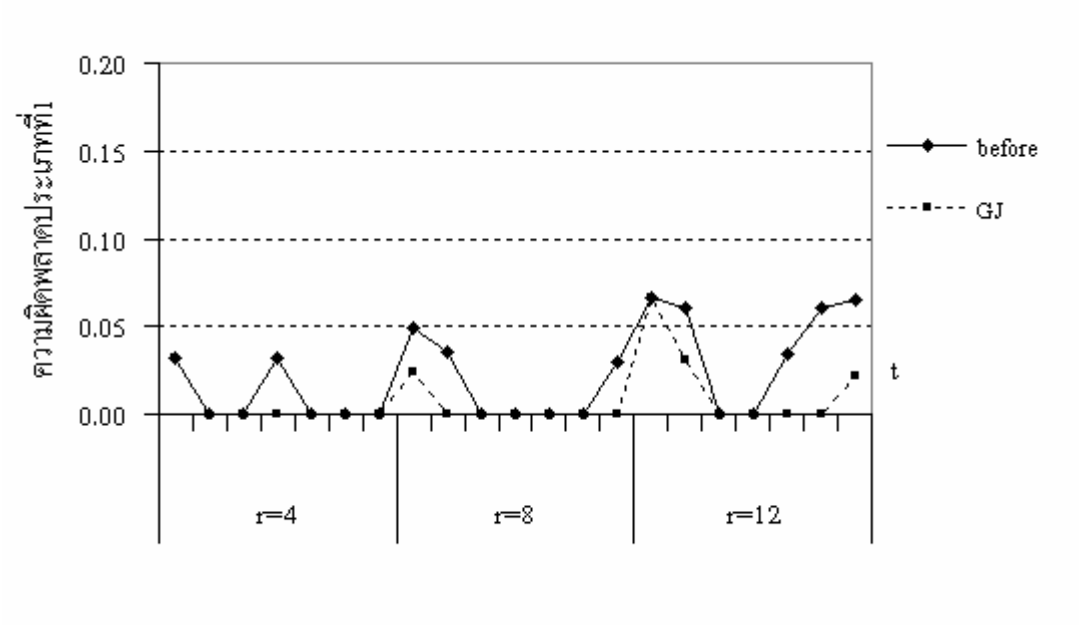
ภาพที่ 14 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Tukey แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



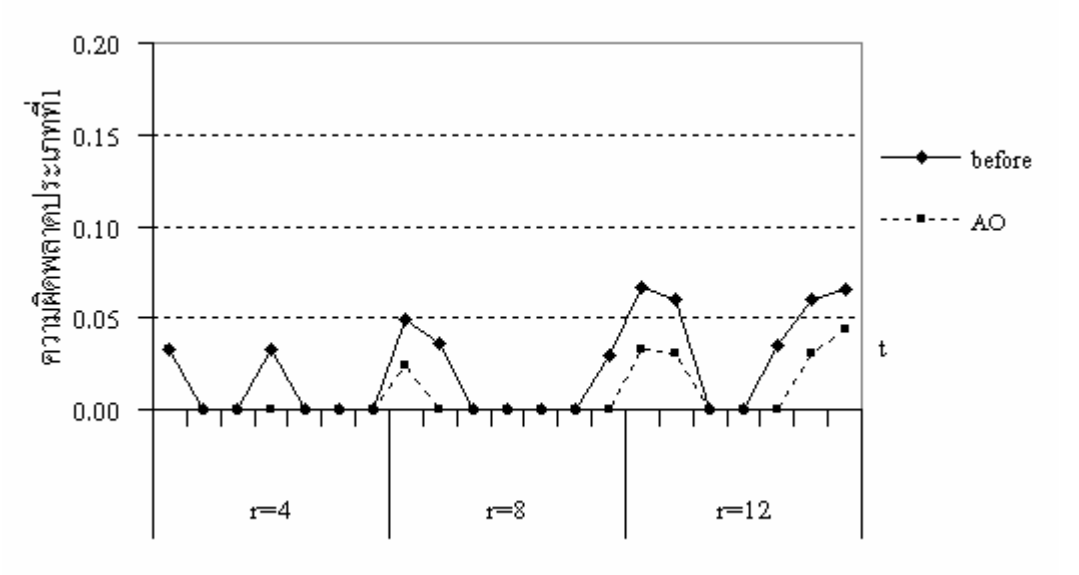
ภาพที่ 15 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีBox และ Cox แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 16 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Floded power แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 17 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธี Guerrero และ Johnson แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 18 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลง และหลังแปลงข้อมูลด้วยวิธีAranda - Ordez แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 12 และภาพที่ 14 ถึง 18 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วน และไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ในทุกขนาดการทดลอง และทุกวิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 5 วิธี ไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 หลังการแปลงข้อมูลแล้วเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกมีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ก่อนแปลงทั้ง 5 วิธี

3. อำนาจการทดสอบของวิธีการแปลงข้อมูล

ผลของอำนาจการทดสอบของวิธีการแปลงข้อมูล แสดงดังในตารางที่ 12 และ 13 และภาพที่ 20 และ 21 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ดังนี้

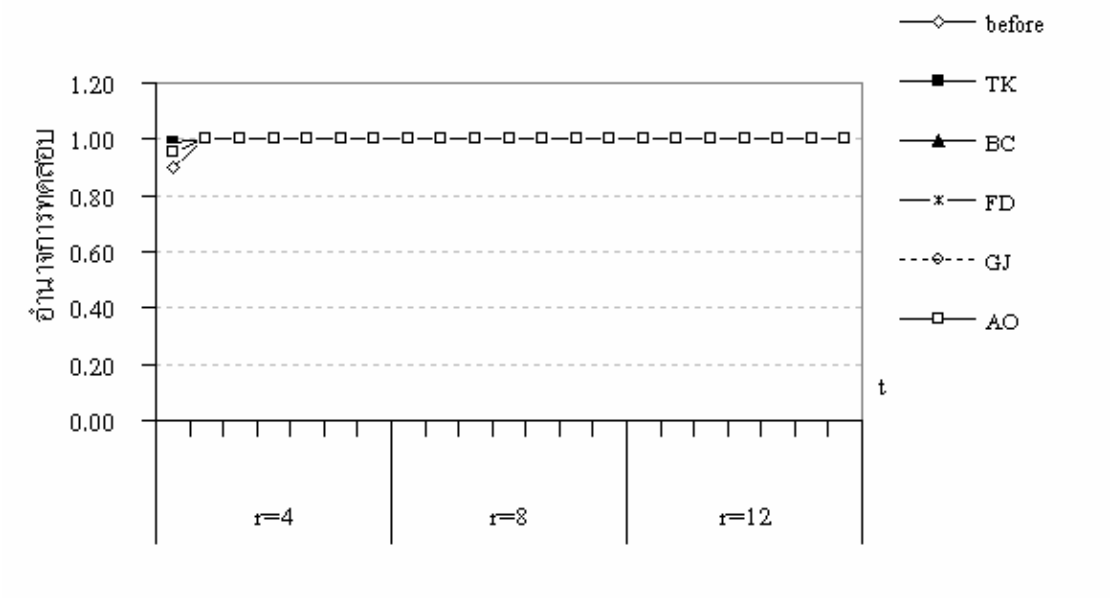
3.1 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงไว้ในตารางที่13 และภาพที่ 19 ดังนี้

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบหลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

r	t	ก่อนแปลง	TK	BC	FD	GJ	AO
4	3	0.898	0.987	0.955	0.955	0.955	0.955
	5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	11	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	13	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	15	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
8	3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

ตารางที่ 13 (ต่อ)

r	t	ก่อนแปลง	TK	BC	FD	GJ	AO
8	11	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	13	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
12	15	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	11	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	13	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	15	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

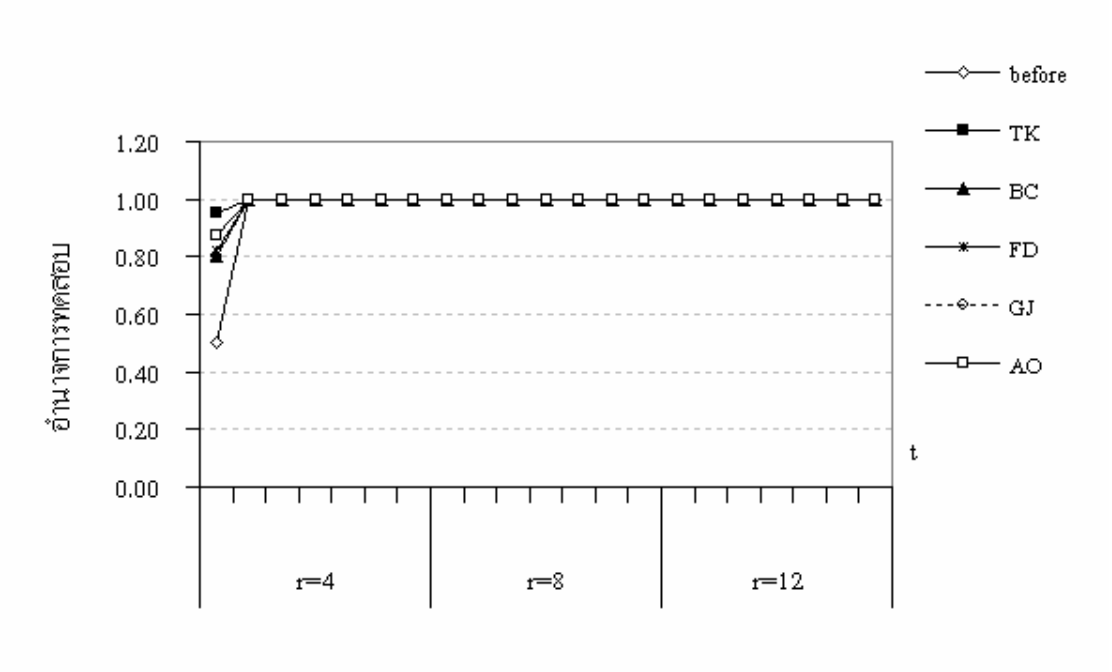


ภาพที่ 19 อำนาจการทดสอบหลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงไว้ในตารางที่14 และภาพที่ 20 ดังนี้

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบหลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

r	t	ก่อนแปลง	TK	BC	FD	GU	AR
4	3	0.50	0.950	0.800	0.825	0.800	0.875
	5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	11	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	13	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	15	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
8	3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	11	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	13	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	15	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
12	3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	11	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	13	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	15	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



ภาพที่ 20 อำนาจการทดสอบหลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 13 และ 14 ภาพที่ 19 และ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ในทุกขนาดการทดลอง วิธีการแปลงทั้ง 5 วิธี ให้อำนาจการทดสอบสูงเท่ากัน ยกเว้น กรณีขนาดการทดลองที่มีจำนวนบล็อก 4 บล็อก จำนวนทรีทเมนต์ 3 ทรีทเมนต์ วิธีของ Tukey ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด

4. ค่าทดสอบเอฟ

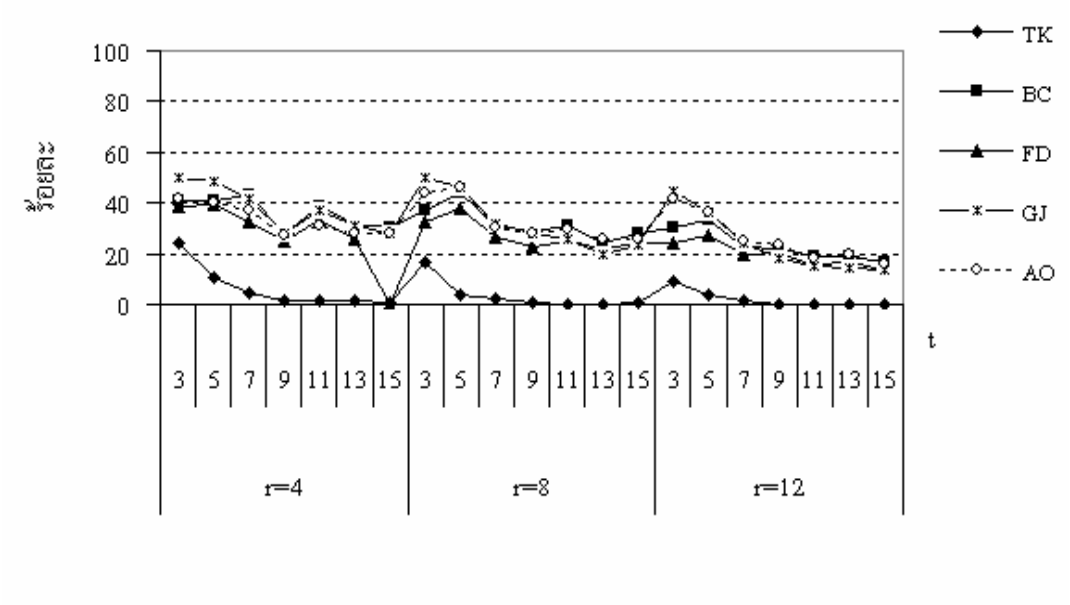
4.1 ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้น

หลังการทดลอง เมื่อทำการแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกวิธีใดมีค่าทดสอบเอฟเพิ่มขึ้นมากที่สุด จะถือว่าเป็นวิธีการแปลงข้อมูลที่ดีที่สุด การสรุปผลการทดลองด้วยค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นของการแปลงข้อมูล 5 วิธี แสดงในตารางที่ 15 และ16 ภาพที่ 21 ถึง 28 จะเปรียบเทียบการแปลงข้อมูล 5 วิธี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ดังนี้

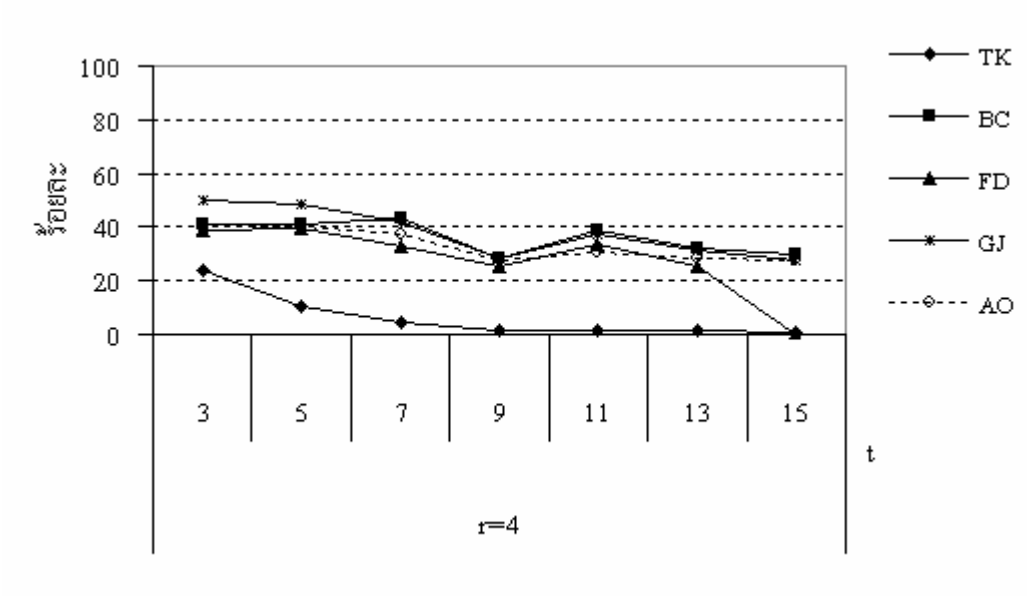
4.1.1 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงไว้ในตารางที่ 15 และภาพที่ 22 ถึง 25 ดังนี้

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

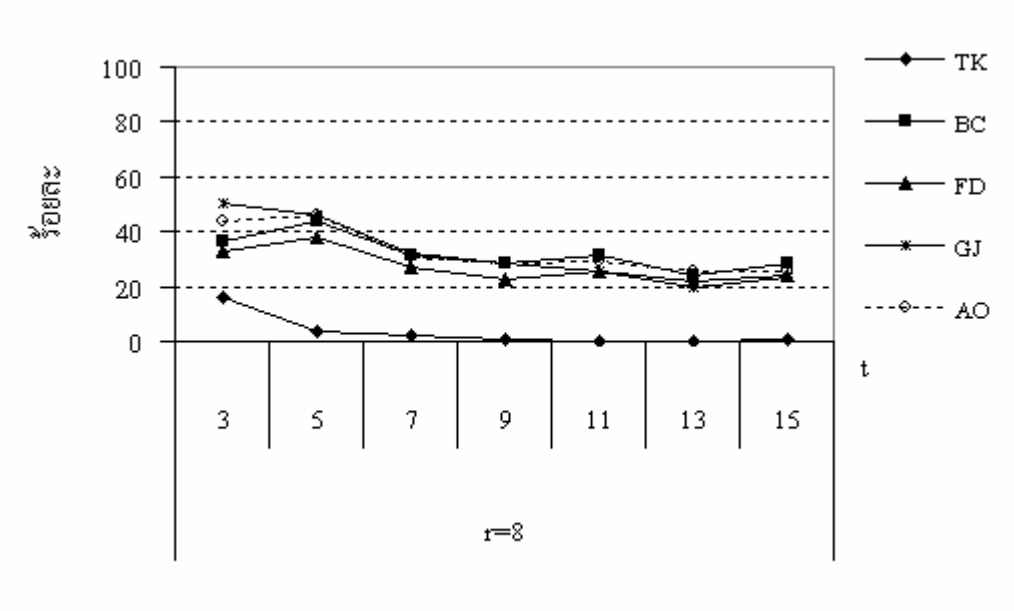
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
4	3	24.2	40.76	38.85	50.32	41.4
	5	10.71	40.82	39.29	48.47	40.3
	7	4.5	43	32.5	42	37.5
	9	1.245	28.22	25.31	28.22	27.4
	11	1.504	38.72	33.46	37.22	30.8
	13	1.246	31.78	25.55	31.15	28
	15	0.641	30.13	0	27.88	27.9
8	3	16.37	36.84	32.75	50.29	43.9
	5	3.889	43.89	37.78	46.11	46.1
	7	2.427	31.07	26.7	32.04	30.6
	9	0.709	28.72	22.7	28.37	28.4
	11	0.357	31.43	25.36	25.71	29.3
	13	0	24.07	21.96	19.58	25.4
	15	0.525	28.35	24.15	23.62	25.5
12	3	9.357	30.41	23.98	45.03	41.5
	5	3.865	33.33	27.54	36.23	36.7
	7	1.646	22.63	19.75	24.28	24.7
	9	0	21.71	20.28	18.15	23.5
	11	0	18.83	15.12	15.12	18.5
	13	0	18.68	17.08	14.12	19.6
	15	0	16.39	13.07	13.28	16



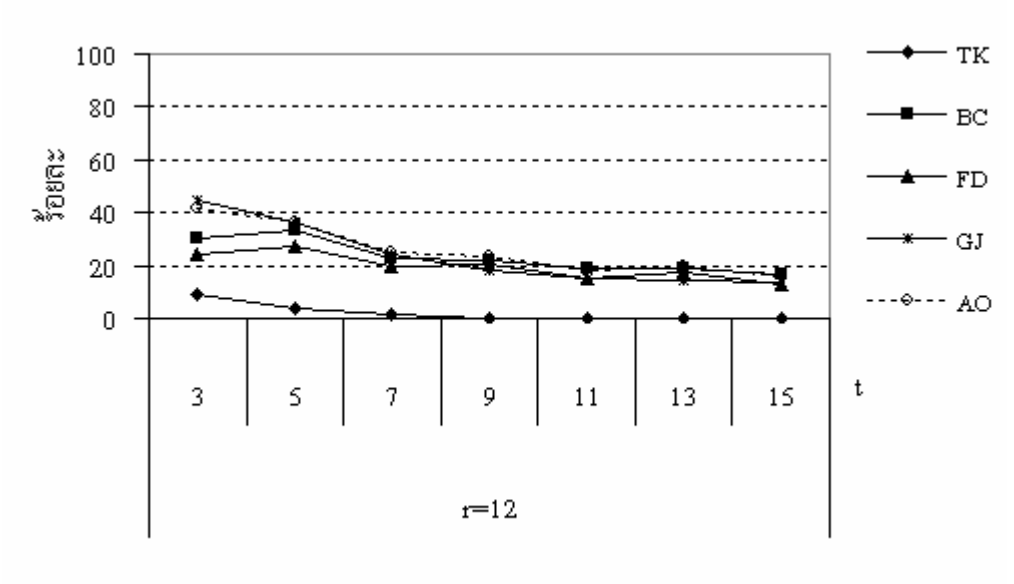
ภาพที่ 21 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 22 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูล มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4 บล็อก และ ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 23 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้ว ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8 บล็อก และ ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 24 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้ว ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12 บล็อก และ ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 15 และภาพที่ 21 ถึง 24 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในทุกขนาดการทดลอง โดยรวมวิธีการแปลงที่ให้ร้อยละของค่าทดสอบเอฟเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ วิธี Box และ Cox และวิธีการแปลงที่ให้ร้อยละของค่าทดสอบเอฟเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดวิธีของ Tukey จะเห็นได้ว่า เมื่อจำนวนทรีทเมนต์ในแต่ละบล็อกมีค่าเพิ่มขึ้นทุกวิธีการแปลง ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นจะลดลง

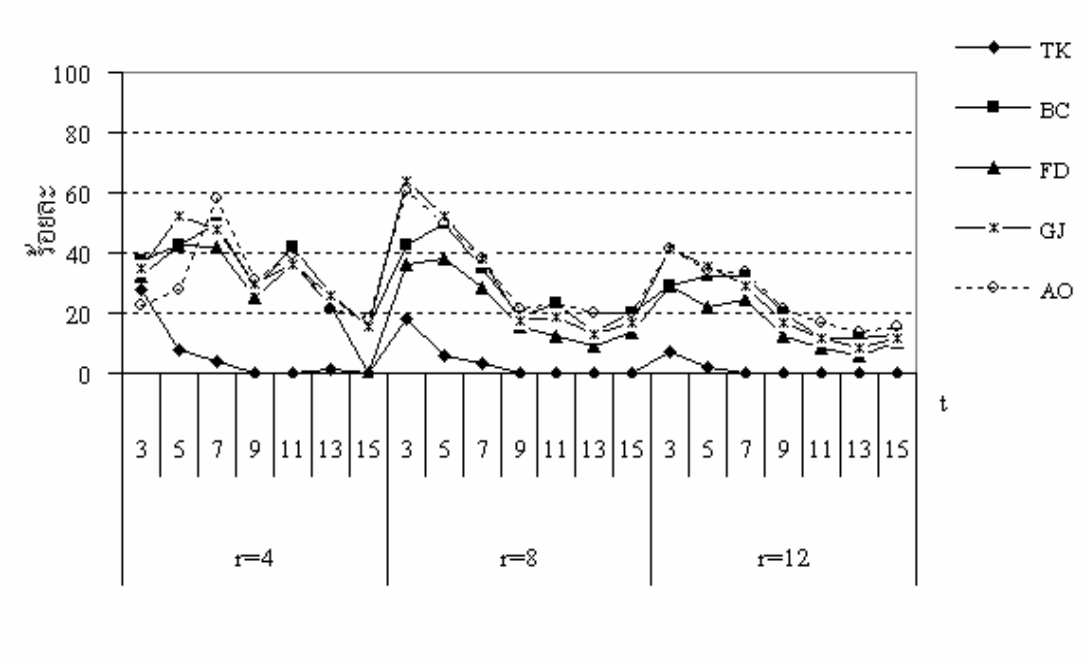
4.1.2 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงไว้ในตารางที่ 16 และภาพที่ 25 ถึง 28 ดังนี้

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

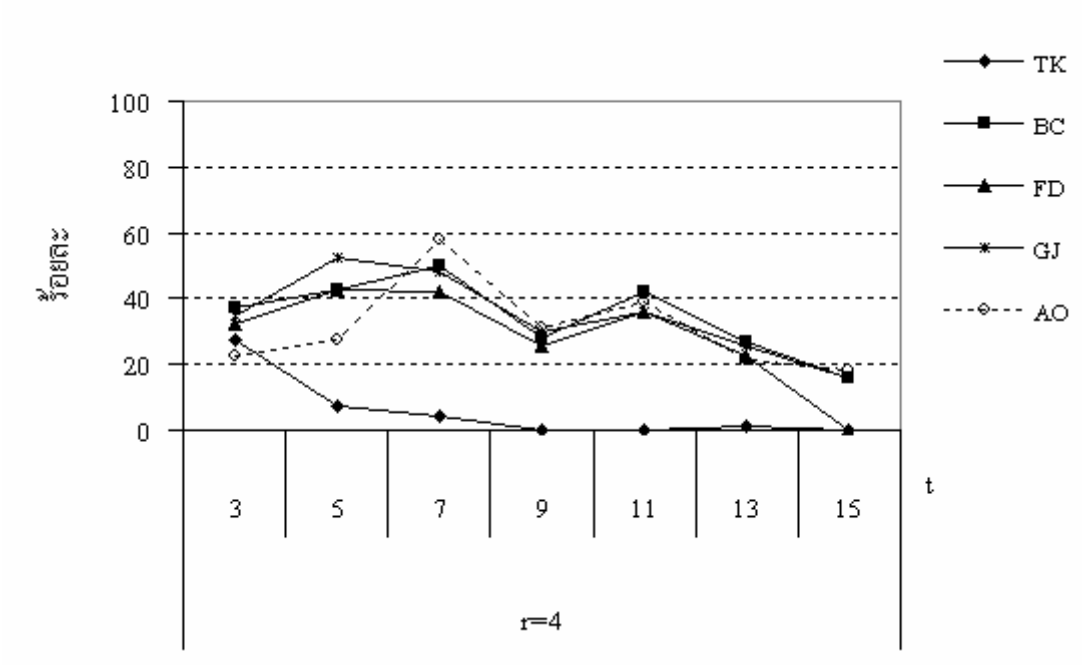
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
4	3	27.50	37.50	32.50	35.00	22.50
	5	7.50	42.50	42.50	52.50	27.50
	7	4.00	50.00	42.00	48.00	58.00
	9	0.00	28.17	25.35	29.58	30.99
	11	0.00	42.03	36.23	36.23	39.13
	13	1.06	26.60	22.34	25.53	21.28
	15	0.00	15.66	0.00	15.66	18.07
8	3	18.18	42.42	36.36	63.64	60.61
	5	6.00	50.00	38.00	52.00	50.00
	7	3.33	35.00	28.33	38.33	38.33
	9	0.00	18.42	15.79	17.11	21.05
	11	0.00	23.46	12.35	18.52	23.46
	13	0.00	13.76	9.17	12.84	20.18
	15	0.00	19.84	13.49	16.67	19.84

ตารางที่ 16 (ต่อ)

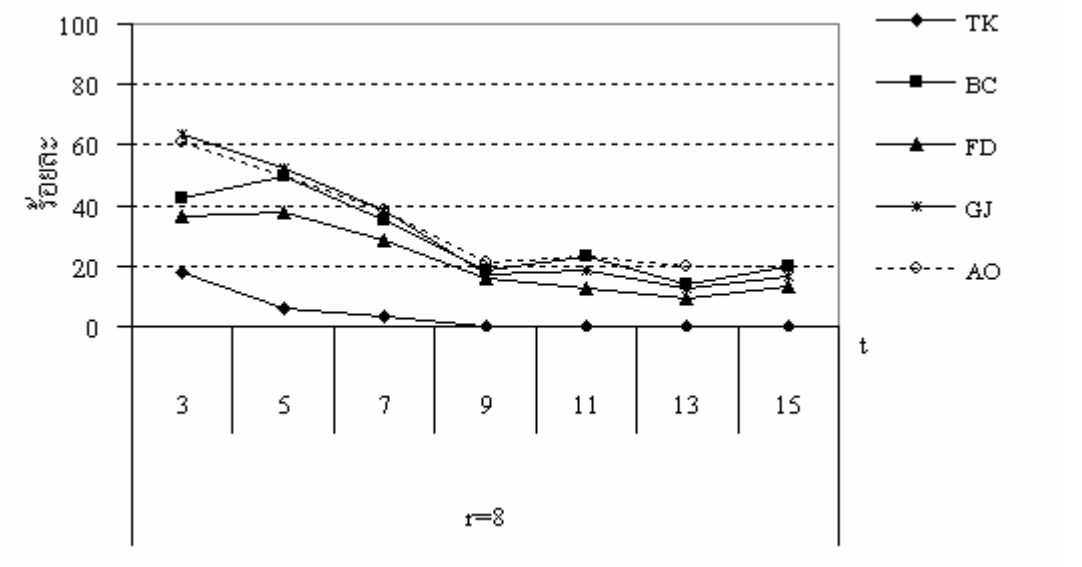
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
	3	7.32	29.27	29.27	41.46	41.46
	5	1.69	32.20	22.03	35.59	33.90
	7	0.00	32.26	24.19	29.03	33.87
12	9	0.00	20.22	12.36	16.85	21.35
	11	0.00	11.58	8.42	11.58	16.84
	13	0.00	11.73	5.56	8.64	13.58
	15	0.00	13.04	10.33	11.41	15.22



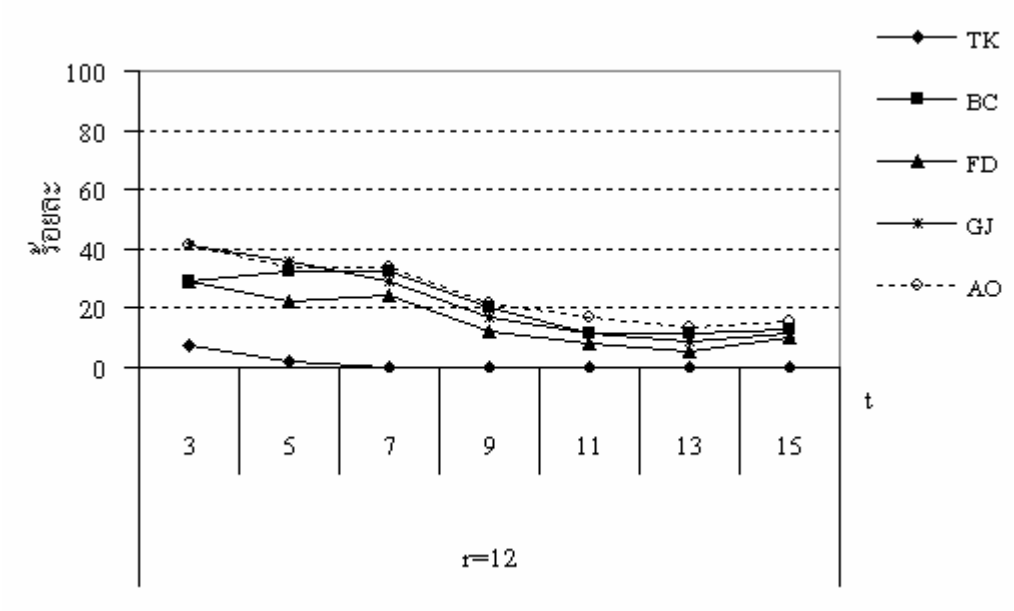
ภาพที่ 25 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้ว ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 26 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้ว ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4 บล็อกและระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 27 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้ว ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8 บล็อก และ ระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 28 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้ว ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12บล็อก และ ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 16 และภาพที่ 25 ถึง 28 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในทุกขนาดการทดลอง โดยรวมวิธีการแปลงที่ให้ร้อยละของค่าทดสอบเอฟเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ วิธี Aranda - Ordez และวิธีการแปลงที่ให้ร้อยละของค่าทดสอบเอฟเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดวิธีของ Tukey จะเห็นได้ว่า เมื่อจำนวนทรีทเมนต์ในแต่ละบล็อกมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นจะลดลง

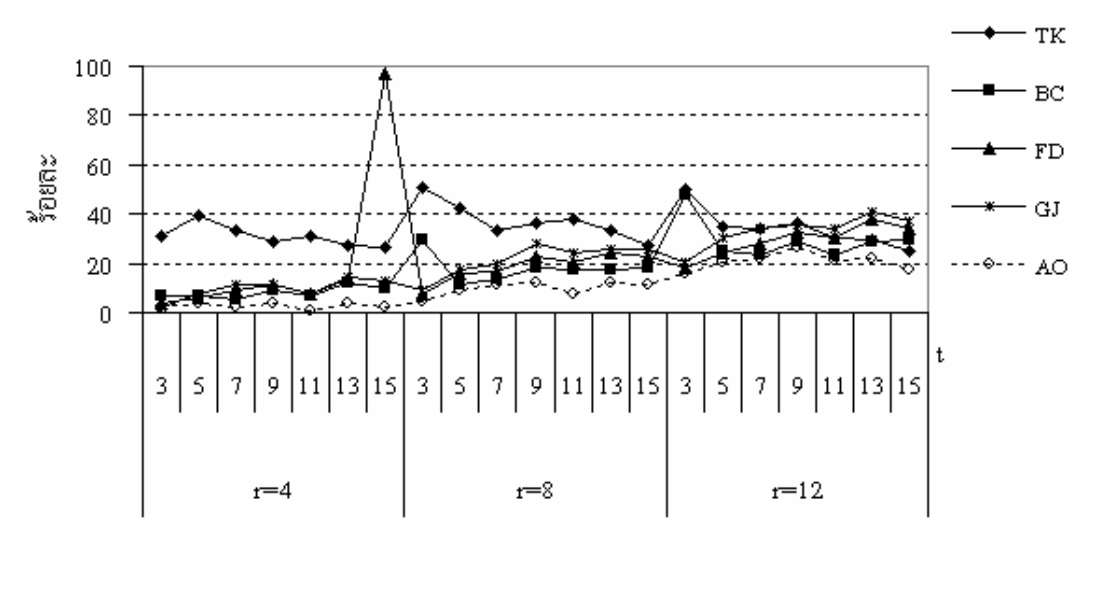
4.2 ค่าทดสอบเอฟที่ลดลง

หลังการทดลอง เมื่อทำการแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกวิธีใดมีค่าทดสอบเอฟลดลงน้อยที่สุด จะถือว่าเป็นวิธีการแปลงข้อมูลที่ดีที่สุด การสรุปผลการทดลองด้วยค่าทดสอบเอฟที่ลดลง ของการแปลงข้อมูล 5 วิธี แสดงในตารางที่ 17 และ18 ภาพที่ 29 ถึง 36 จะเปรียบเทียบการแปลงข้อมูล 5 วิธี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ดังนี้

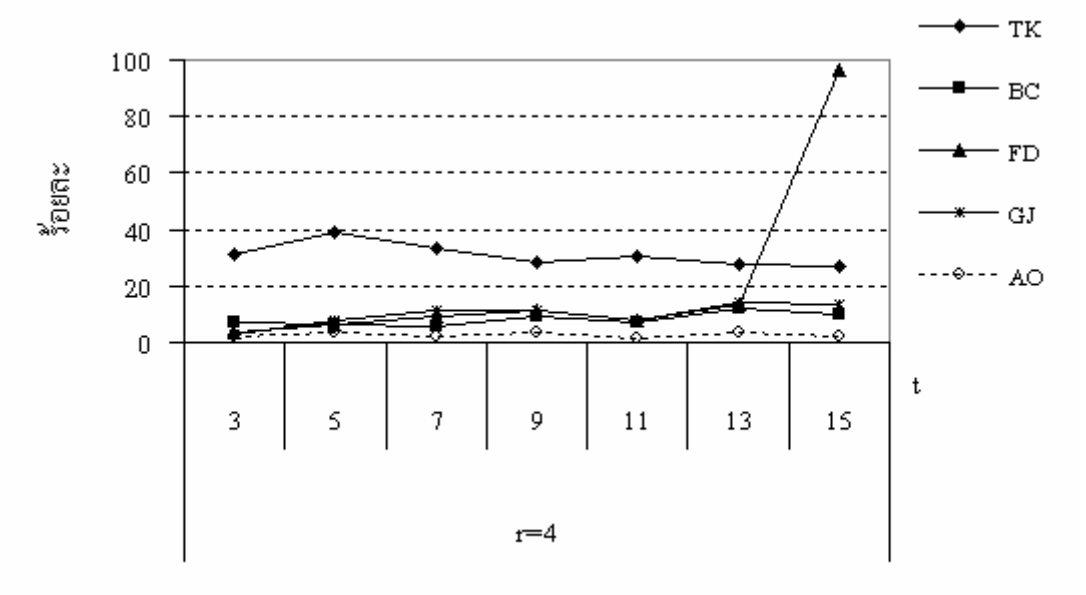
4.2.1 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงไว้ในตารางที่ 17 และภาพที่ 29 ถึง32 ดังนี้

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

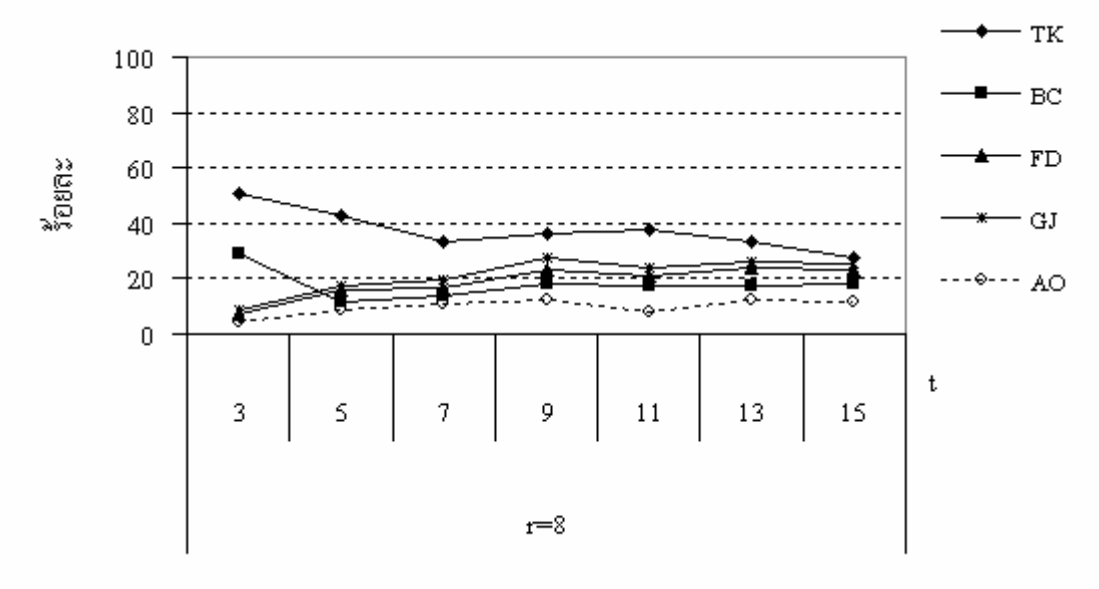
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
4	3	31.21	7.006	3.822	2.548	1.911
	5	39.29	6.633	6.122	7.653	3.571
	7	33	5.5	9	11	2
	9	28.63	9.129	11.2	11.62	3.734
	11	30.83	6.767	7.895	7.895	1.128
	13	27.41	11.84	13.4	14.02	3.738
	15	26.6	9.615	96.79	13.14	2.244
8	3	50.88	29.24	7.602	8.772	4.678
	5	42.78	11.67	16.11	17.22	8.889
	7	33.5	13.59	16.99	19.42	11.17
	9	36.17	18.09	23.05	27.66	12.06
	11	37.86	17.5	20.71	23.93	7.857
	13	33.33	17.72	24.07	25.93	12.43
	15	27.56	18.11	22.83	25.46	11.29
12	3	50.29	47.37	18.13	20.47	15.79
	5	34.78	24.64	24.15	30.43	20.29
	7	34.16	23.46	28.4	34.16	22.22
	9	36.3	28.83	32.38	35.94	26.33
	11	30.56	23.46	30.25	33.95	21.3
	13	29.38	29.16	37.81	41	22.32
	15	24.9	29.88	33.82	36.93	17.43



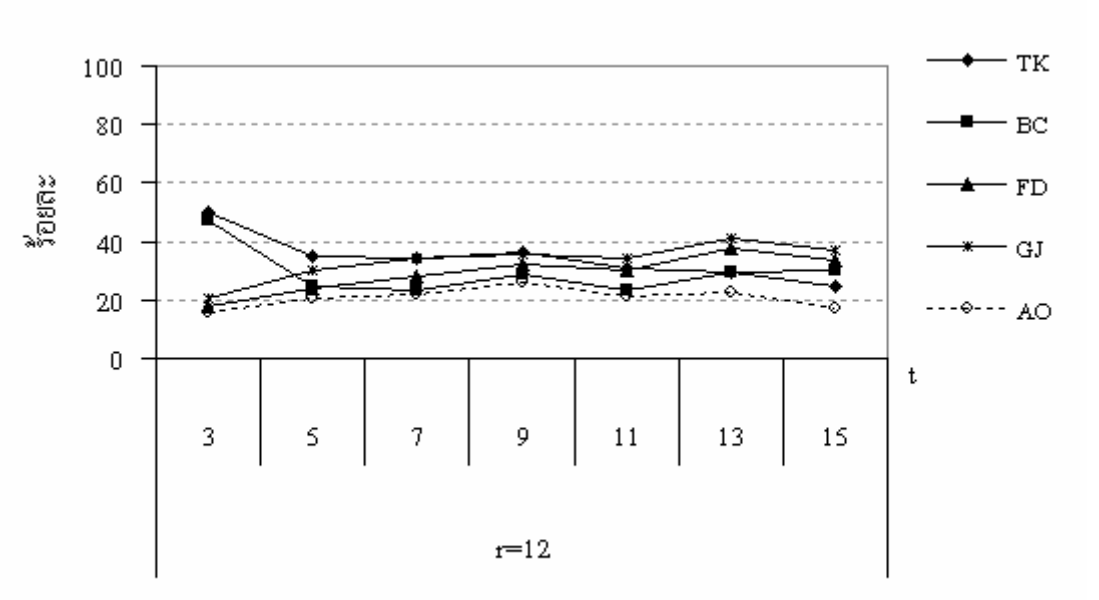
ภาพที่ 29 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 30 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 31 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 32 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธีแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 17 และภาพที่ 29 ถึง 32 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในทุกขนาดการทดลอง โดยรวม วิธีการแปลงที่ให้ร้อยละของค่าทดสอบเอฟลดลงมากที่สุด คือ วิธีของ Tukey และ วิธีการแปลงที่ให้ร้อยละของค่าทดสอบเอฟลดลงน้อยที่สุด วิธี Aranda - Ordez

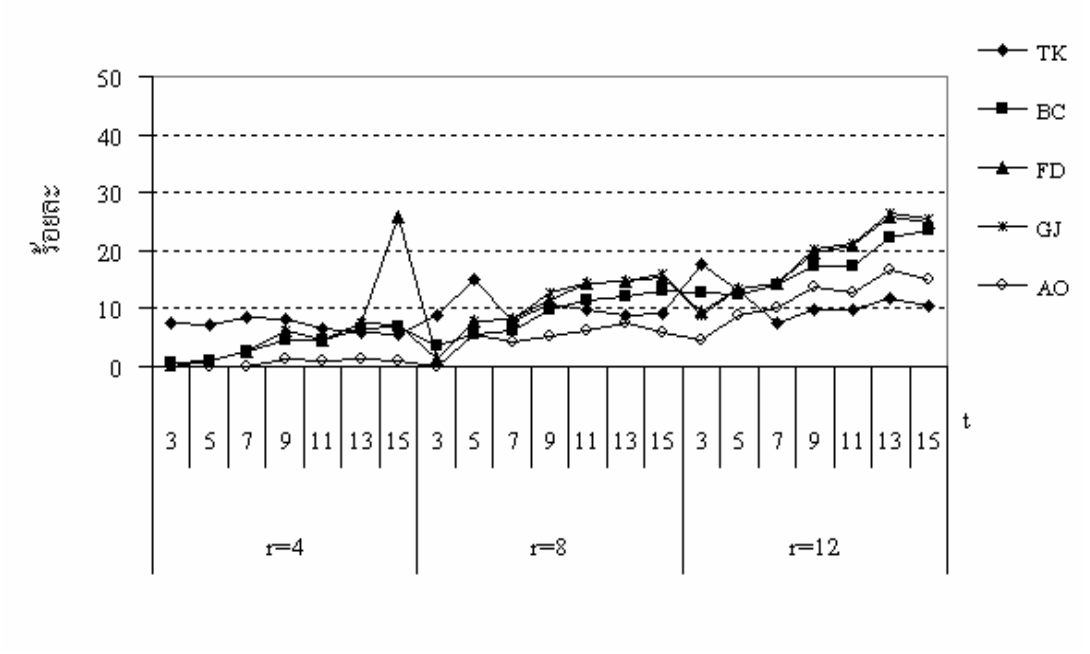
4.2.2 กรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงไว้ในตารางที่ 18 และภาพที่ 33 ถึง 36 ดังนี้

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบค่าร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

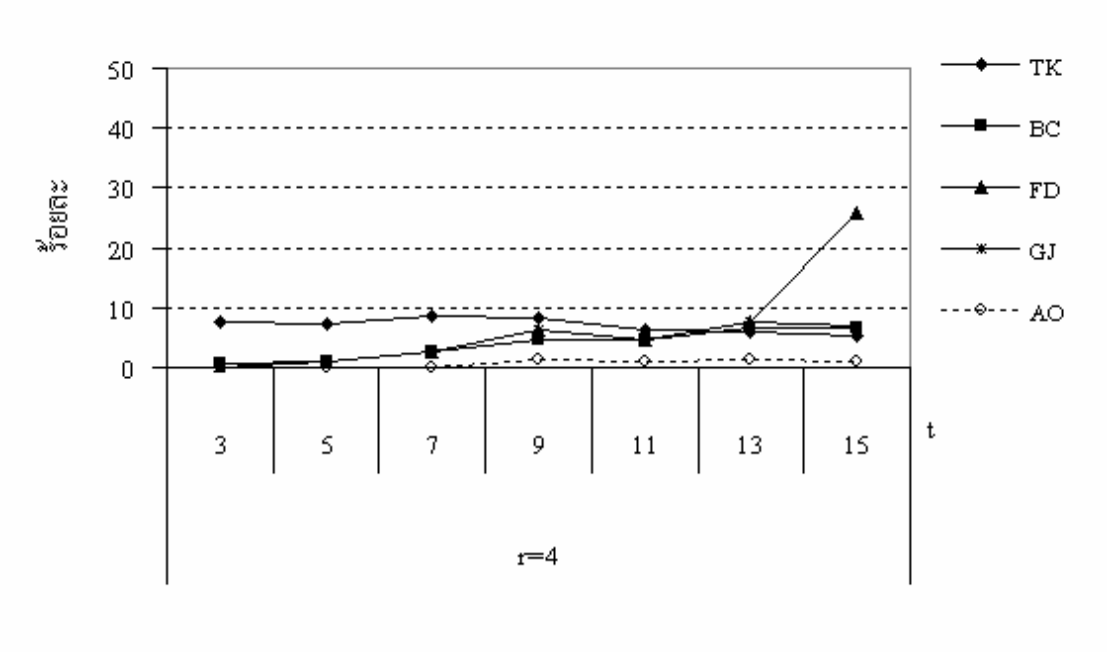
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
4	3	7.643	0.637	0	0	0
	5	7.143	1.02	1.02	1.02	0
	7	8.5	2.5	2.5	2.5	0
	9	8.299	4.564	6.224	6.224	1.245
	11	6.391	4.511	4.511	4.511	1.128
	13	5.919	6.542	7.477	7.477	1.246
	15	5.449	6.731	25.96	7.051	0.962
8	3	8.772	3.509	1.17	1.17	0
	5	15	5.556	7.778	7.778	5.556
	7	7.767	6.311	8.252	8.252	4.369
	9	10.64	9.929	11.35	12.77	5.319
	11	9.643	11.43	14.29	14.29	6.071
	13	8.73	12.17	14.55	14.81	7.672
	15	9.186	13.12	15.49	16.01	6.037

ตารางที่ 18 (ต่อ)

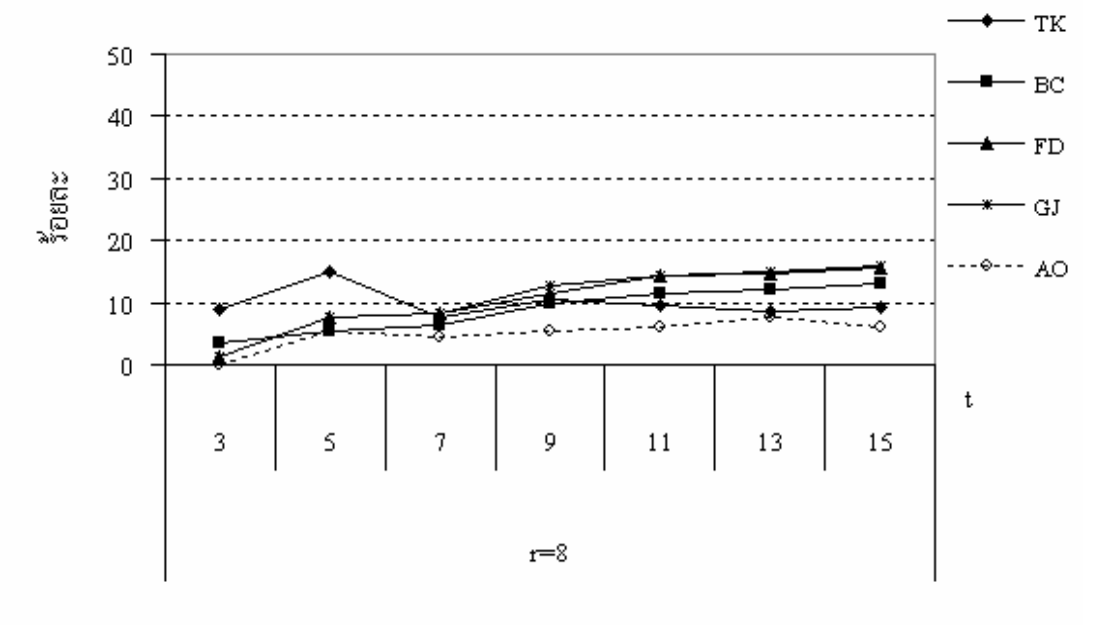
r	t	TK	BC	FD	GJ	AO
	3	17.54	12.87	9.357	8.772	4.678
	5	13.04	12.56	13.53	13.53	8.696
	7	7.407	13.99	14.4	14.4	10.29
12	9	9.964	17.44	19.57	20.28	13.88
	11	9.877	17.28	20.99	21.3	12.65
	13	11.85	22.1	25.97	26.42	16.63
	15	10.58	23.44	24.9	25.52	14.94



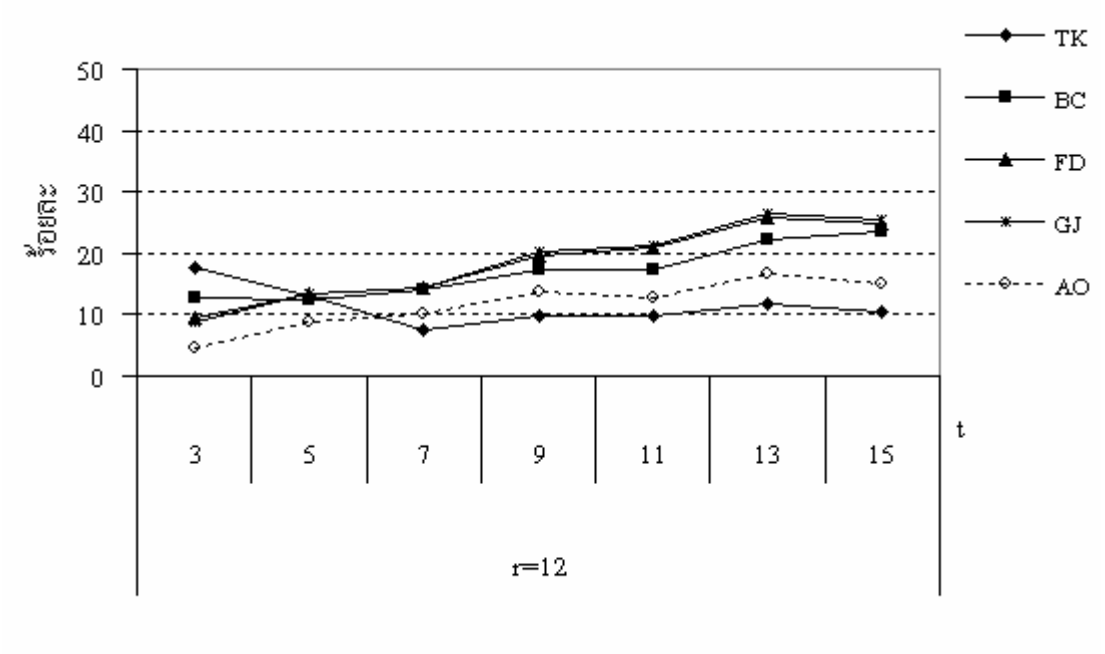
ภาพที่ 33 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 34 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 4 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 35 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูลจากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 8 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 36 ร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูล จากวิธีการแปลง 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกที่มีจำนวน 12 บล็อก และระดับนัยสำคัญ 0.01

จากตารางที่ 18 และภาพที่ 33 ถึง 36 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01ในทุกขนาดการทดลอง โดยรวม วิธีการแปลงที่ให้ร้อยละของค่าทดสอบเอฟลดลงมากที่สุด คือ วิธี Guerrero และ Johnson และ วิธีการแปลงที่ให้ร้อยละของค่าทดสอบเอฟลดลงน้อยที่สุด วิธี Aranda - Ordez

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบการแปลงข้อมูล 5 วิธี ได้แก่ การแปลงข้อมูลโดยใช้หลักของ Tukey วิธี Box และ Cox วิธี Floded power วิธี Guerrero และ Johnson และ วิธี Aranda -Ordez สร้างข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลโดยสร้างให้ข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและ มีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก จากแผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ทั้งหมด 21 ขนาดการทดลอง ข้อมูลทั้งสิ้น 42 ลักษณะ เปรียบเทียบผลจากร้อยละของข้อมูลที่แปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติ ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นและค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงของวิธีการแปลง 5 วิธี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบายจะแบ่งจำนวนบล็อก 3 ขนาดคือ บล็อกน้อยมีจำนวน 4 บล็อก บล็อกปานกลางมีจำนวน 8 บล็อก บล็อกมากมีจำนวน 12 บล็อก และ แบ่งทรีทเมนต์ 3 ขนาดคือ ทรีทเมนต์น้อยมีจำนวน 3 และ 5 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ปานกลางมีจำนวน 7, 9 และ 11 ทรีทเมนต์ และ ทรีทเมนต์มากมีจำนวน 13 และ 15 ทรีทเมนต์ ซึ่งจะสรุปได้ดังนี้

1. ร้อยละของข้อมูลที่แปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติ

จากผลการทดลองสามารถสรุปโดยเรียงลำดับจากร้อยละของข้อมูลที่แปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกจากน้อยที่สุดไปหามากที่สุดแบ่งออกเป็น 5 ลำดับ โดยให้ลำดับที่ 1 ให้ค่าน้อยที่สุด และ ลำดับที่ 5 ให้ค่ามากที่สุดของวิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 5 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ แสดงไว้ในตารางที่ 19 ดังนี้

ตารางที่ 19 สรุปเปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลที่แปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติจากวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี แล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ

r	t	α	ลำดับของร้อยละการแปลง				
			1	2	3	4	5
4	3	0.05	AO	FD	BC	TK	GJ
		0.01	AO	FD	BC	GJ	TK
	5	0.05	TK	FD	AO	BC	GJ
		0.01	AO	TK	FD	BC	GJ
	7	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	GJ	BC
	9	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ
	11	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ
	13	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ
	15	0.05	TK	AO	BC	GJ	FD
		0.01	TK	AO	BC	GJ	FD
8	3	0.05	FD	TK	AO	BC	GJ
		0.01	FD	TK	AO	BC	GJ
	5	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	FD	AO	BC	GJ
	7	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	FD	AO	BC	GJ
	9	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ
	11	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ

ตารางที่ 19 (ต่อ)

r	t	α	ระดับของร้อยละการแปลง				
			1	2	3	4	5
8	13	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ
	15	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ
12	3	0.05	TK	FD	AO	BC	GJ
		0.01	TK	FD	AO	BC	GJ
	5	0.05	TK	FD	AO	BC	GJ
		0.01	TK	FD	AO	BC	GJ
	7	0.05	TK	FD	AO	BC	GJ
		0.01	TK	FD	AO	BC	GJ
	9	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	FD	AO	BC	GJ
	11	0.05	TK	FD	AO	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ
	13	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ
	15	0.05	TK	AO	FD	BC	GJ
		0.01	TK	AO	BC	FD	GJ

หมายเหตุ ลำดับที่ 1 หมายถึง วิธีการแปลงที่ให้ค่าร้อยละการแปลงข้อมูลน้อยที่สุด
ลำดับที่ 5 หมายถึง วิธีการแปลงที่ให้ค่าร้อยละการแปลงข้อมูลมากที่สุด

จากตารางที่ 19 ในทุกขนาดการทดลอง และทุกระดับนัยสำคัญ เรียงลำดับวิธีการแปลงข้อมูลแล้วข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด ในการอธิบายจะแบ่งตามขนาดของบล็อกเป็น 3 กรณีดังนี้

1.1 กรณีจำนวนบล็อกน้อย

ทรีทเมนต์น้อย วิธี Guerrero และ Johnson สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด และ วิธี Aranda - Ordez สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง วิธี Guerrero และ Johnson สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด และ วิธีของ Tukey สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์มาก วิธี Floded power และวิธี Guerrero และ Johnson สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด และ วิธีของ Tukey สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติน้อยที่สุด

1.2 กรณีจำนวนบล็อกปานกลาง

ทรีทเมนต์น้อย วิธี Guerrero และ Johnson สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด และ วิธีของ Tukey และ วิธี Floded power สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง วิธี Guerrero และ Johnson สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด และ วิธีของ Tukey สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์มาก วิธี Guerrero และ Johnson สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด และ วิธีของ Tukey สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติน้อยที่สุด

1.3 กรณีจำนวนบล็อกมาก

ทรีทเมนต์น้อย วิธี Guerrero และ Johnson สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด และ วิธีของ Tukey สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง วิธี Guerrero และ Johnson สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด และ วิธีของ Tukey สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์มาก วิธี Guerrero และ Johnson สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด และ วิธีของ Tukey สามารถแปลงข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติน้อยที่สุด

2. ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1

จากการทดลองในการสร้างข้อมูลให้ไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก 21 ขนาด สามารถควบคุมได้ 5 ขนาด คือ จำนวนบล็อก 4 บล็อก จำนวนทรีทเมนต์ 5 ทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อก 8 บล็อก จำนวนทรีทเมนต์ 7,9,11 และ 13 ทรีทเมนต์ และ จำนวนบล็อก 12 บล็อก ไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้เลย

หลังจากแปลงข้อมูลแล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก เพื่อให้เข้าใจง่าย จะอธิบายโดยแบ่งตามขนาดของบล็อกเป็น 3 กรณีดังนี้

2.1 กรณีจำนวนบล็อกน้อย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทรีทเมนต์น้อย วิธีของ Tukey วิธี Box และ Cox และ วิธี Guerrero และ Johnson สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ทรีทเมนต์ปานกลาง และ ทรีทเมนต์มาก ไม่มีวิธีการแปลงใดที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

2.2 กรณีจำนวนบล็อกปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทรีทเมนต์น้อย วิธี Guerrero และ Johnson สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ทรีทเมนต์ปานกลาง ไม่มีวิธีการแปลงใดที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ทรีทเมนต์มาก วิธี Floded และ วิธี Aranda - Ordez สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

2.3 กรณีจำนวนบล็อกมาก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทรีทเมนต์น้อย วิธี Box และ Cox วิธี Floded และ วิธี Guerrero และ Johnson สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ทรีทเมนต์ปานกลาง วิธี Box และ Cox วิธี Guerrero และ Johnson และ วิธี Aranda - Ordez สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ทรีทเมนต์มาก วิธี Box และ Cox วิธี Floded และ วิธี Aranda - Ordez สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ทุกขนาดการทดลองหลังจากแปลงแล้วข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกวิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 5 วิธีไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1

3. อำนาจการทดสอบ

จากผลการทดลองสามารถสรุปโดยเรียงลำดับจากอำนาจการทดสอบจากน้อยไปหามากจากวิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 5 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ แสดงในตารางที่ 20 ดังนี้

ตารางที่ 20 สรุปเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบหลังจากแปลงข้อมูลด้วยวิธีการแปลงข้อมูล 3 วิธี เมื่อข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ

r	t	α	ต่ำสุด	ปานกลาง	สูงสุด
4	3	0.05		BC,FD,GJ,AO	TK
		0.01	BC,GJ	FD,AO	TK
	5	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	7	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	9	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	11	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	13	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	15	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
8	3	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	5	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	7	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	9	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	11	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO

ตารางที่ 20 (ต่อ)

r	t	α	ต่ำสุด	ปานกลาง	สูงสุด
8	13	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	15	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
12	3	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	5	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	7	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	9	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	11	0.05			TK,BC, FD, GJ ,AO
		0.01			TK,BC, FD, GJ ,AO
	13	0.05			TK,BC, FD, GU ,AR
		0.01			TK,BC, FD, GU ,AR
	15	0.05			TK,BC, FD, GU ,AR
		0.01			TK,BC, FD, GU ,AR

จากตารางที่ 20 ในทุกขนาดการทดลอง และทุกระดับนัยสำคัญ วิธีการแปลงทั้ง 5 วิธี มีอำนาจการทดสอบสูงเท่ากันคือ เท่ากับ 1 ยกเว้น ที่ทุกระดับนัยสำคัญ วิธีของ Tukey จำนวนบล็อก 4 บล็อก จำนวนทรีทเมนต์ 3 ทรีทเมนต์ มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด

4. ค่าทดสอบเอฟ

จากผลการทดลองสามารถสรุปโดยเรียงลำดับจากร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นและร้อยละของค่าทดสอบเอฟที่ลดลง หลังการแปลงข้อมูลแล้วเป็นไปตามข้อสมมติจากน้อยที่สุดไปหามากที่สุดโดยแบ่งออกเป็น 5 ลำดับโดยให้ลำดับ 1 ให้ค่าน้อยที่สุด และ ลำดับที่ 5 ให้ค่ามาก

ที่สุดของวิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 5 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ แสดงไว้ในตารางที่ 21และ 22 ดังนี้

4.1 ลำดับร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกจากวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี

ตารางที่ 21 สรุปเปรียบเทียบร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกจากวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และ ระดับนัยสำคัญ

r	t	α	ลำดับร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้น				
			1	2	3	4	5
4	3	0.05	TK	FD	BC	AO	GJ
		0.01	AO	TK	FD	GJ	BC
	5	0.05	TK	FD	AO	BC	GJ
		0.01	TK	AO	FD	BC	GJ
	7	0.05	TK	FD	AO	GJ	BC
		0.01	TK	FD	GJ	BC	AO
	9	0.05	TK	FD	AO		BC,GJ
		0.01	TK	FD	BC	GJ	AO
	11	0.05	TK	AO	FD	GJ	BC
		0.01	TK	FD	GJ	AO	BC
	13	0.05	TK	FD	AO	GJ	BC
		0.01	TK	AO	FD	GJ	BC
	15	0.05	FD	TK	GJ	AO	BC
		0.01	TK	FD	GJ		BC, AO
8	3	0.05	TK	FD	BC	AO	GJ
		0.01	TK	FD	BC	AO	GJ
	5	0.05	TK	FD	BC	AO	GJ
		0.01	TK	FD	BC	AO	GJ

ตารางที่ 21 (ต่อ)

r	t	α	ลำดับร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้น				
			1	2	3	4	5
8	7	0.05	TK	FD	AO	BC	GJ
		0.01	TK	FD	BC		GJ, AO
	9	0.05	TK	FD	GJ	AO	BC
		0.01	TK	FD	GJ	BC	AO
	11	0.05	TK	FD	GJ	AO	BC
		0.01	TK	FD	GJ		BC,AO
	13	0.05	TK	GJ	FD	BC	AO
		0.01	TK	FD	GJ	BC	AO
	15	0.05	TK	GJ	FD	AO	BC
		0.01	TK	FD	GJ		BC,AO
12	3	0.05	TK	FD	BC	AO	GJ
		0.01	TK	FD	BC		GU, AO
	5	0.05	TK	FD	BC	GJ	AO
		0.01	TK	FD	BC	AO	GJ
	7	0.05	TK	FD	BC	GJ	AO
		0.01	TK	FD	GJ	BC	AO
	9	0.05	TK	GJ	FD	BC	AO
		0.01	TK	FD	GJ	BC	AO
	11	0.05	TK	GJ	FD	AO	BC
		0.01	TK	FD	GJ	BC	AO
	13	0.05	TK	GJ	FD	BC	AO
		0.01	TK	FD	GJ	BC	AO
	15	0.05	TK	FD	GJ	AO	BC
		0.01	TK	FD	GJ	BC	AO

หมายเหตุ ลำดับที่ 1 หมายถึง วิธีการแปลงที่ให้ค่าร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังแปลงข้อมูลน้อยที่สุด

ลำดับที่ 5 หมายถึง วิธีการแปลงที่ให้ค่าร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังแปลงข้อมูลมากที่สุด

จากตารางที่ 21 ทุกขนาดการทดลองและทุกระดับนัยสำคัญ เรียงลำดับร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นหลังแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก เพื่อให้ง่ายในการอธิบายจะแบ่งตามขนาดของบล็อกเป็น 3 กรณีดังนี้

4.1.1 กรณีจำนวนบล็อกน้อย

ทรีทเมนต์น้อย วิธี Guerrero และ Johnson ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด และวิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง วิธี Box และ Cox ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและ วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์มาก วิธี Box และ Cox ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและ วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

4.1.2 กรณีจำนวนบล็อกปานกลาง

ทรีทเมนต์น้อย วิธี Guerrero และ Johnson ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด และวิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธี Box และ Cox และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธี Aranda- Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและ วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์มาก วิธี Box และ Cox และวิธี Aranda- Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและ วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

4.1.3 กรณีจำนวนบล็อกมาก

ทรีทเมนต์น้อย วิธี Guerrero และ Johnson และวิธี Aranda- Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด และ วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง วิธี Aranda - Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและ วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์มาก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธี Box และ Cox และวิธี Aranda- Ordez และ ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธี Aranda - Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและ วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

4.2 ลำดับร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตาม ข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกจากวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี

ตารางที่ 22 สรุปเปรียบเทียบร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังการแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวกจากวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ

r	t	α	ลำดับร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลง				
			1	2	3	4	5
4	3	0.05	AO	GJ	FD	BC	TK
		0.01	FD,GJ,AO	BC			TK
	5	0.05	AO	FD	BC	GJ	TK
		0.01	AO	BC,FD,GJ			TK
	7	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	AO	BC,FD,GJ			TK
	9	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	AO	BC		FD,GJ	TK
	11	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	AO			BC,FD,GJ	TK
	13	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	AO	TK	BC		FD,GJ
	15	0.05	AO	BC	GJ	TK	FD
		0.01	AO	TK	BC	GJ	FD

ตารางที่ 22 (ต่อ)

r	t	α	ลำดับร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลง				
			1	2	3	4	5
8	3	0.05	AO	FD	GJ	BC	TK
		0.01	AO	FD,GJ	BC		TK
	5	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	BC,AO	FD,GJ			TK
	7	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	AO		BC	TK	FD,GJ
	9	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	AO	BC	TK	FD	GJ
	11	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	AO	TK	BC		FD,GJ
	13	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	AO	TK	BC	FD	GJ
	15	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	AO	TK	BC	FD	GJ
12	3	0.05	AO	FD	GJ	BC	TK
		0.01	AO	GJ	FD	BC	TK
	5	0.05	AO	FD	BC	GJ	TK
		0.01	AO	BC	TK		FD,GJ
	7	0.05	AO	BC	FD		TK,GJ
		0.01	TK	AO	BC		FD,GJ
	9	0.05	AO	BC	FD	GJ	TK
		0.01	TK	AO	BC	FD	GJ
	11	0.05	AO	BC	FD	TK	GJ
		0.01	TK	AO	BC	FD	GJ
	13	0.05	AO	BC	TK	FD	GJ
		0.01	TK	AO	BC	FD	GJ
	15	0.05	AO	TK	BC	FD	GJ
		0.01	TK	AO	BC	FD	GJ

หมายเหตุ ลำดับที่ 1 หมายถึง วิธีการแปลงที่ให้ค่าร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังแปลงข้อมูลน้อยที่สุด

ลำดับที่ 5 หมายถึง วิธีการแปลงที่ให้ค่าร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังแปลงข้อมูลมากที่สุด

จากตารางที่ 22 ทุกขนาดการทดลองและทุกระดับนัยสำคัญ เรียงลำดับค่าทดสอบเอฟที่ลดลงหลังแปลงข้อมูลแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก เพื่อให้ง่ายในการอธิบายจะแบ่งตามขนาดของบล็อกเป็น 3 กรณีดังนี้

4.2.1 กรณีจำนวนบล็อกน้อย

ทรีทเมนต์น้อย วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงมากที่สุด และ วิธี Aranda - Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงมากที่สุด และ วิธี Aranda - Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์มาก วิธีของ Tukey และ วิธี Floded power ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงมากที่สุดและ วิธี Aranda - Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด

4.2.2 กรณีจำนวนบล็อกปานกลาง

ทรีทเมนต์น้อย วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงมากที่สุด และ วิธี Aranda - Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธีของ Tukey และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธี Floded power และ วิธี Guerrero และ Johnson ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงมากที่สุดและ วิธี Aranda - Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์มาก ที่ระดับนัยสำคัญ0.05 วิธีของ Tukey และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01วิธี Guerrero และ Johnson ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงมากที่สุดและ วิธี Aranda - Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด.

4.2.3 กรณีจำนวนบล็อกมาก

ทรีทเมนต์น้อย วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงมากที่สุด และ วิธี Aranda - Ordez ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธีของ Tukey และ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01วิธี Guerrero และ Johnson ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงมากที่สุดและ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธี Aranda - Ordez และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด

ทรีทเมนต์มาก วิธี Guerrero และ Johnson ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงมากที่สุดและที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธี Aranda - Ordez และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธีของ Tukey ให้ค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุด

5. สรุปเปรียบเทียบ ร้อยละการแปลง ความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ ค่าทดสอบเอฟ

จากผลการทดลอง จากตารางที่ 19 ถึง 22 สามารถสรุปเปรียบเทียบวิธีการแปลงที่ดีที่สุดจากวิธีการแปลงทั้ง 5 วิธี ได้แก่ วิธีของ Tukey วิธีของ Box และ Cox วิธี Floded power วิธี Guerrero และ Johnson และ วิธี Aranda-Ordez ภายใต้เงื่อนไขการกำหนดลักษณะของข้อมูลของแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์กรณีที่ข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก โดยจะพิจารณาจาก ร้อยละของข้อมูลหลังการแปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ค่าอำนาจการทดสอบที่สูง ร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุดหลังการแปลงข้อมูลแล้วเป็นไปตามข้อสมมติ สรุปรวมโดยแบ่งตามจำนวนของบล็อก และจำนวนทรีทเมนต์ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 23 ดังนี้

ตารางที่ 23 สรุปเปรียบเทียบ ร้อยละ ความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ ร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นและร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงของวิธีการแปลง 5 วิธี จำแนกตามขนาดการทดลอง และระดับนัยสำคัญ

r	t	α	ร้อยละ		Type I	Power	F เพิ่มขึ้น		F ลดลง	
			น้อย	**มาก**	**Control**	**มาก**	น้อย	**มาก**	**น้อย**	มาก
น้อย	น้อย	0.05	TK, AO	**GJ**	TK, BC,**GJ**	TK	TK	**GJ**	AO	TK
		0.01	AO	TK, GJ		TK	TK, AO	BC, **GJ**	FD, **GJ**,AO	TK
	ปานกลาง	0.05	TK	GJ		5 วิธี	TK	**BC, GJ**	**AO**	TK
		0.01	TK	GJ		5 วิธี	TK	BC, **AO**	**AO**	TK
	มาก	0.05	TK	FD, GJ		5 วิธี	TK, FD	**BC**	**AO**	TK, FD
		0.01	TK	FD, GJ		5 วิธี	TK	BC, **AO**	**AO**	FD, GJ
ปานกลาง	น้อย	0.05	TK, FD	**GJ**	**GJ**	5 วิธี	TK	**GJ**	AO	TK
		0.01	TK, FD	GJ		5 วิธี	TK	**GJ**	**BC, AO**	TK
	ปานกลาง	0.05	TK	GJ		5 วิธี	TK	**BC, GJ**	**AO**	TK
		0.01	TK	GJ		5 วิธี	TK	BC, GJ,**AO**	**AO**	FD, GJ
	มาก	0.05	TK	GJ	FD,**AO**	5 วิธี	TK	BC, **AO**	**AO**	TK
		0.01	TK	GJ		5 วิธี	TK	BC, **AO**	**AO**	GJ

ตารางที่ 23 (ต่อ)

r	t	α	ร้อยละ		Type I	Power	F เพิ่มขึ้น		F ลดลง	
			น้อย	**มาก**	**Control**	**มาก**	น้อย	**มาก**	**น้อย**	มาก
มาก	น้อย	0.05	TK	GJ	BC, FD,**GJ**	5 วิธี	TK	**GJ**, AO	AO	TK
		0.01	TK	GJ		5 วิธี	TK	GJ, **AO**	**AO**	TK, FD,GJ
	ปานกลาง	0.05	TK	GJ	BC, GJ,**AO**	5 วิธี	TK	**AO**	**AO**	TK, GJ
		0.01	TK	GJ		5 วิธี	TK	**AO**	TK	FD, GJ
	มาก	0.05	TK	GJ	BC, FD,**AO**	5 วิธี	TK	BC, **AO**	**AO**	GJ
		0.01	TK	GJ		5 วิธี	TK	**AO**	TK	GJ

จากตารางที่ 23 ทุกขนาดการทดลองและทุกระดับนัยสำคัญ พิจารณาจาก ร้อยละของข้อมูลหลังการแปลงแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติมากที่สุด ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ค่าอำนาจการทดสอบที่สูง ร้อยละค่าทดสอบเอฟที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและร้อยละค่าทดสอบเอฟที่ลดลงน้อยที่สุดหลังการแปลงข้อมูลแล้วเป็นไปตามข้อสมมติเพื่อให้ง่ายในการอธิบายจะแบ่งตามขนาดของบล็อกเป็น 3 กรณีดังนี้

5.1 กรณีจำนวนบล็อกน้อย

ทรีทเมนต์น้อย ทุกระดับนัยสำคัญ วิธี Guerrero และ Johnson เป็นวิธีที่ดีที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธีของ Box และ Cox วิธี Guerrero และ Johnson และ วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด

ทรีทเมนต์มาก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธีของ Box และ Cox และ วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด

5.2 กรณีจำนวนบล็อกปานกลาง

ทรีทเมนต์น้อย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธี Guerrero และ Johnson เป็นวิธีที่ดีที่สุด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธีของ Box และ Cox วิธี Guerrero และ Johnson และวิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธีของ Box และ Cox วิธี Guerrero และ Johnson และ วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด

ทรีทเมนต์มาก ทุกระดับนัยสำคัญ วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด

5.3 กรณีจำนวนบล็อกมาก

ทรีทเมนต์น้อย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธี Guerrero และ Johnson เป็นวิธีที่ดีที่สุด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด

ทรีทเมนต์ปานกลาง ทุกระดับนัยสำคัญ วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด

ทรีทเมนต์มาก ทุกระดับนัยสำคัญ วิธี Aranda - Ordez เป็นวิธีที่ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการแปลงข้อมูล 5 วิธี เมื่อข้อมูลอยู่ในรูปสัดส่วนและไม่เป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก โดยกำหนดลักษณะข้อมูลให้มีความแปรปรวนเท่ากัน อิทธิพลทรีทเมนต์เท่ากันและแตกต่างกัน และระดับนัยสำคัญที่ต่างกันด้วย จากงานวิจัยนี้ทำให้พบว่า มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องตรวจสอบข้อมูลก่อนใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน เนื่องจากเมื่อข้อมูลมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติจะมีผลต่อความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ หากไม่ตรวจสอบให้ดีก่อนอาจทำให้ผลสรุปที่ได้ผิดพลาดไปและการเลือกใช้วิธีการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลที่แตกต่างกัน ก็จะทำให้ผลการทดสอบที่ได้ต่างกันไปด้วย จึงควรศึกษากับข้อมูลในลักษณะอื่น เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนี้ควรศึกษาการแปลงข้อมูลวิธีอื่นที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ เพื่อให้นักวิจัยมีทางเลือกในการแก้ปัญหากรณีข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวนมากขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จรัญ จันทลักขณา. 2540. **สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย**. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

จินตนา ศรีศันสนีย์. 2541**. ผลกระทบต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นเอกภาพของความแปรปรวนและการแจกแจงแบบปกติในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระดา ภิญโญ. 2526. **การศึกษาแบบมอนติคาร์โล : การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบเอฟ เมื่อข้อมูลได้รับ การแปลงรูปในรูปแบบแตกต่างกันภายใต้ลักษณะการแจกแจงประชากร 3 แบบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิริลักษณ์ ดีไพบูลย์. 2524. **การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุพรรณี อึ้งปัญสัตวงศ์. 2537**. การจำลองแบบและการจัดทำตัวแบบระบบงาน**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สุภาภรณ์ วงศ์พฤกษาสูง. 2543. **การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบแนวโน้มในข้อมูลอนุกรมเวลา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2549. **วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนามัย นาอุดม. 2541. **สถิติทดสอบที่มีความแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน กรณีศึกษาสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Aranda-Ordaz, F. J. 1981. On Two Families of Transformations to Additivity for Binary Response Data. **Biometrika**. 68: 357-363

Atkinson, A. C. 1985. **Plots, Transformations, and Regression**, Clarendon Press, Oxford, U.K.

Box, G.E. and D.R. Cox. 1982. An Analysis of Transformations Revisited, Rebutted. **Journal of the American Statistical Association**. 77: 209-210.

Box, G.E., W.G. Hunter and J.S. Hunter. 1978. **Statistics for Experiments : An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building**. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Bratley, P., B.L. Fox and L.E. Schrage. 1987. **A Guide to Simulation. Springer-Verlag**, New York.

Budescu, D.D. and M.I.Appelbaum. 1981. Variance Stabilizing Transformations and the Power of the F-test. **Journal of Educational Statistics**. 6: 55-74.

Cochran, W.G. and G.M. Cox. 1957. **Experiment Designs**. John Wiley and Sons, Inc., New York.

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

David, M.R. 1993. On the Beta Transformation Family. **Technometric**s. 35 :72-81

Freeman, M.F. and J.W. Tukey. 1974. Transformations Related to the Angular and the Square root. **Annals of Mathematics Statistics**. 14 : 607-611.

Guerrero, V. M. and Johnson, R.A. 1982. Use of the Box-Cox Transformation With Binary Response Models. **Biometrika**. 69 : 309-314

Hartley, H.O. 1950. The Maximum F-ratio as a Short-Cut Test for Heterogeneity of Variance. **Biometrika**. 37 : 153-158.

Kirk, R.E. 1995. **Experimental Design: Procedures for the Behaviaral Sciences**, 3nd ed., Brooks/Cole Publishing Co., Montery.

Montgomery, D.C. 1997. **Design and Analysis of Experiment**. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Mood, A. M., F.A. Graybill and D.C. Boes. 1984. **Introduction to the Theory of Statistics**. McGrew-Hill, Inc. New York.

Schlesselman, J.J. 1973. Data Transformation in Two-way Analysis of Variance. **Journal of the American Statistical Association**. 68 : 369-378.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การกำหนดลักษณะอิทธิพลของบล็อก และอิทธิพลของทรีทเมนต์

ภาคผนวก ก

การกำหนดลักษณะอิทธิพลของบล็อก และอิทธิพลของทรีทเมนต์

ค่าอิทธิพลของบล็อกจะสอดคล้องกับ

$$F = \frac{\text{Block MS}}{\text{Error MS}} = \frac{\sigma^2 + \frac{t\sum_{i}^{t} \rho_i^2}{r - 1}}{\sigma^2}$$

ถ้า $F > F_{\alpha,(r-1),(r-1)(t-1)}$ แสดงว่า อิทธิพลของบล็อกที่กำหนดขึ้นแตกต่างกัน

เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 และ อำนาจการทดสอบของวิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 5 วิธี ได้แก่ วิธีของ Tukey วิธี Box และ Cox วิธี Floded วิธี Guerrero และ Johnson และ วิธี Aranda - Ordez การกำหนดอิทธิพลของทรีทเมนต์จึงต้องให้กำหนดขึ้น 2 ลักษณะคือ ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ $(\tau = 0)$ และมีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ $(\tau_j \neq 0)$ ซึ่งค่าอิทธิพลทรีทเมนต์ (Kirk, 1995) ที่กำหนดขึ้นจะกำหนดให้สอดคล้องกับ

$$F = \frac{\text{Treatment MS}}{\text{Error MS}} = \frac{\sigma^2 + \frac{r\sum_{j}^{t} \tau_j^2}{t-1}}{\sigma^2}$$

ถ้า $F > F_{\alpha,(t-1),(r-1)(t-1)}$ แสดงว่า อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่กำหนดขึ้นแตกต่างกัน

การกำหนดลักษณะอิทธิพลของบล็อก และอิทธิพลของทรีทเมนต์ ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 โดยมีค่าทดสอบสถิติ F ตามตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังนี้

ตารางผนวกที่ ก1 อิทธิพลของบล็อกที่ศึกษาในงานวิจัย

r	t	ρ_j	σ^2	F
4	3	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.04^{ns}
4	5	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.07^{ns}
4	7	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.09^{ns}
4	9	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.12^{ns}
4	11	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.15^{ns}
4	13	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.17^{ns}
4	15	(0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.2^{ns}
8	3	(-0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.03^{ns}
8	5	(-0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.06^{ns}
8	7	(-0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.08^{ns}
8	9	(-0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.1^{ns}
8	11	(-0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.13^{ns}
8	13	(-0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.15^{ns}
8	15	(-0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.1)	1	1.17^{ns}
12	3	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.03^{ns}
12	5	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.05^{ns}
12	7	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.08^{ns}
12	9	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.1^{ns}
12	11	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.12^{ns}
12	13	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.14^{ns}
12	15	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.16^{ns}

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ผนวกที่ ก2 อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ศึกษาในงานวิจัย

r	t	τ_j	σ^2	F
4	3	(-0.1,0.2,-0.1)	1	1.12^{ns}
4	3	(-1,2,-1)	1	13^{**}
4	5	(-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1)	1	1.08^{ns}
4	5	(-2,2,-1,-1,2)	1	15^{**}
4	7	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1)	1	1.06^{ns}
4	7	(-2,2,-1,1,-1,-1,2)	1	11.67^{**}
4	9	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.06^{ns}
4	9	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)	1	13^{**}
4	11	(-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.05^{ns}
4	11	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-1,-1,2)	1	11.4^{**}
4	13	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.04^{ns}
4	13	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)	1	12.3^{**}
4	15	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.05^{ns}
4	15	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,-1,-1,2)	1	11.3^{**}
8	3	(-0.1,0.2,-0.1)	1	1.24^{ns}
8	3	(-1,2,-1)	1	25^{**}
8	5	(-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1)	1	1.16^{ns}
8	5	(-2,2,-1,-1,2)	1	29^{**}

ตารางที่ผนวกที่ ก2 (ต่อ)

r	t	τ_j	σ^2	F
8	7	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1)	1	1.13^{ns}
8	7	(-2,2,-1,1,-1,-1,2)	1	22.3^{**}
8	9	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.12^{ns}
8	9	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)	1	25^{**}
8	11	(-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.14^{ns}
8	11	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-1,-1,2)	1	20.2^{**}
8	13	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.11^{ns}
8	13	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)	1	23.67^{**}
8	15	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.1^{ns}
8	15	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,-1,-1,2)	1	21.58^{**}
12	3	(-0.1,0.2,-0.1)	1	1.36^{ns}
12	3	(-1,2,-1)	1	37^{**}
12	5	(-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1)	1	1.24^{ns}
12	5	(-2,2,-1,-1,2)	1	43^{**}
12	7	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1)	1	1.2^{ns}
12	7	(-2,2,-1,1,-1,-1,2)	1	33^{**}
12	9	(-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.18^{ns}
12	9	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)	1	37^{**}
12	11	(-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.17^{ns}
12	11	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-1,-1,2)	1	29.8^{**}
12	13	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.2,-0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.16^{ns}
12	13	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,2)	1	35^{**}
12	15	(-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,-0.1,0.2,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1,-0.1,0.1)	1	1.15^{ns}
12	15	(-2,2,-1,1,-2,2,-1,1,-2,2,-1,-1,-1,-1,2)	1	31.86^{**}

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

ภาคผนวก ข

การประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในงานวิจัย

ภาคผนวก ข

การประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ Microsoft Excel ในการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากเป็นโปรแกรมประเภท Spread sheet ที่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย และใช้งานได้ง่าย ในขณะที่หลายๆ คนใช้ความสามารถไม่ถึง 40% ของความสามารถทั้งหมดของ Microsoft Excel ซึ่งผู้วิจัยได้นำเอา Microsoft Excel มาช่วยในงานวิจัย ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ผู้ที่สนใจที่ไม่มีโปรแกรมในการช่วยวิเคราะห์ทางสถิติโดยตรง สามารถที่จะนำเอา Microsoft Excel มาช่วยได้ ในงานวิจัยนี้เป็นเพียงตัวอย่างส่วนหนึ่งของการประยุกต์ใช้ความสามารถด้านการคำนวณของ Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ทางสถิติเท่านั้น

1. การใช้ฟังก์ชันของ Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงในตารางภาคผนวก 3 ดังนี้

ตารางผนวกที่ ข1 ฟังก์ชันของ Microsoft Excel ที่ใช้ในงานวิจัย

ฟังก์ชัน	ฟังก์ชันที่ใช้	หน้าที่
ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์	ABS(X)	ให้ค่าสัมบูรณ์ของตัวเลข
	COUNTIF(range,criteria)	นับจำนวนของเซลล์ตามเงื่อนไขที่กำหนด
	LN(X)	แปลงค่า X ให้เป็นค่า Natural logarithm
	PI()	ให้ค่าคงที่ ประมาณ 3.14
	SIN(X)	ใช้หาค่า Sine ของมุม
	SQRT(X)	ใช้หาค่ารากที่สอง
	SUM(number1,number2,…)	ใช้หาค่าผลรวมของตัวเลขทั้งหมด
	SUMPRODUCT(array1,array2,…)	หาค่าผลคูณของ array
	SUMSQ(number1,number2,…)	หาค่าผลรวมของกำลังสองของตัวเลข

ตารางผนวกที่ข1 (ต่อ)

ฟังก์ชัน	ฟังก์ชันที่ใช้	หน้าที่
ฟังก์ชันทางสถิติ		
	AVERAGE(X1,X2,X3,…,Xn)	หาค่าเฉลี่ย หรือตัวกลางเลขคณิต (Mean)
	GEOMEAN(X1,X2,X3,…,Xn)	ใช้หาค่าตัวกลางเรขาคณิต (Geomean mean)
	COUNT(range1,range2,…)	ใช้นับจำนวนข้อมูลประเภทตัวเลข
	MIN(x1,x2,x3,…)	ใช้หาค่าต่ำสุด
	MAX(x1,x2,x3,…)	ใช้หาค่าสูงสุด
ฟังก์ชันค้นหาข้อมูล	VLOOKUP(lookup value, table array, column index number)	ใช้ค้นหาค่าตามแนวคอลัมน์
ฟังก์ชันตรรกศาสตร์	IF(logical, value if true, value if false)	ให้ค่าเป็นเงื่อนไขถ้านิพจน์ (logical) เป็นจริงจะให้ค่าแบบหนึ่ง

2. การกรองข้อมูลให้เหลือเฉพาะที่ต้องการ (Filter)

ในงานวิจัยนี้ข้อมูลมีปริมาณมากจึงต้องใช้วิธีการกรอง (Filter) เอาเฉพาะข้อมูลผลของการทดลองมาใช้ การกรองเป็นวิธีที่ง่าย และรวดเร็วในการค้นหา และทำงานกับข้อมูลของเซ็ตย่อยในรายการที่กรองแล้วจะแสดงเฉพาะแถวที่ตรงตามเงื่อนไขที่ระบุให้แก่คอลัมน์ Microsoft Excel มีคำสั่งการกรองรายการ 2 คำสั่งด้วยกัน คือ ตัวกรองอัตโนมัติ สำหรับใช้งานกับเกณฑ์ธรรมดาทั่วไปซึ่งรวมถึงตัวกรองที่ได้มาจากการเลือกด้วย และตัวกรองขั้นสูง สำหรับเกณฑ์ที่ซับซ้อนขึ้น การกรองจะต่างกับการเรียงลำดับ ตรงที่การกรองจะไม่จัดเรียงรายการใหม่ แต่จะซ้อนแถวที่ไม่ต้องการให้แสดงเป็นการชั่วคราว เมื่อ Microsoft Excel ทำการกรองแถว สามารถแก้ไข จัดรูปแบบ ทำแผนภูมิและพิมพ์ส่วนย่อยของรายการได้โดยไม่ต้องย้ายหรือจัดเรียงใหม่

2.1 การใช้ตัวกรองอัตโนมัติ (Auto filter) มีวิธีการใช้งาน ดังนี้ ลากเมาส์ไปยังคอลัมน์เหนือแถวแรกของข้อมูลที่ต้องการกรอง เลือกเมนู ข้อมูล (Data) แล้วไปที่เมนู ตัวกรอง (Filter) แล้วไปที่รายการ ตัวกรองอัตโนมัติ (Auto filter) จะปรากฏลูกศรตัวกรองอัตโนมัติ ทางขวาของป้ายชื่อคอลัมน์ในรายการที่ถูกกรองไว้ จะระบุรายการที่ถูกกรองด้วยสีน้ำเงิน

2.2 การยกเลิกการกรองอัตโนมัติ สามารถยกเลิกการกรองข้อมูลได้ง่าย ๆ โดยการชี้เมาส์ไปยังเซลล์ที่มีเครื่องหมาย อยู่ แล้วเลือกเมนู ข้อมูล (Data) แล้วไปที่เมนู ตัวกรอง(Filter) หลังจากนั้นไปที่รายการตัวกรองอัตโนมัติ (Auto filter) อีกครั้ง

3. ตัวอย่าง การใช้ Microsoft Excel ในงานวิจัย

ขอยกตัวอย่างจากงานวิจัยนี้ 1 ขนาดการทดลอง ได้แก่ ขนาดการทดลองที่มีจำนวนบล็อก4 บล็อก และทรีทเมนต์ 3 ทรีทเมนต์ โดยจะเรียงลำดับตามขั้นตอนการวิจัยดังนี้

3.1 การสร้างข้อมูล

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	ลักษณะที่			2	x100	2127829581	รอบที่	1	x0	1754068488				1		
2		no.	mean	variance	x1	x2	r1	r2	z	eij	m	rhoi	torj	Yij	Yij%	
3			eij	eij												
4	1	1	0	1	2121055447	350357529	0.99	0.16	0.13	0.13	10	0.1	-1.0	9.13	0.09	
5	2	2	0	1	58829829	910458383	0.03	0.42	1.23	1.23	10	-0.1	-1.0	10.23	0.10	
6	3	3	0	1	1253058206	1924625760	0.58	0.90	-0.63	-0.63	10	-0.1	-1.0	8.37	0.08	
7	4	4	0	1	1786457206	1017392535	0.83	0.47	0.10	0.10	10	0.1	-1.0	9.10	0.09	
8	5	5	0	1	1051538331	1561797954	0.49	0.73	-1.18	-1.18	10	0.1	2.0	11.12	0.11	
9	6	6	0	1	445595597	849721690	0.21	0.40	1.08	1.08	10	-0.1	2.0	12.78	0.13	
10	7	7	0	1	506191280	1374117193	0.24	0.64	-1.31	-1.31	10	-0.1	2.0	10.39	0.10	
11	8	8	0	1	748522913	465394665	0.35	0.22	1.42	1.42	10	0.1	2.0	13.72	0.14	
12	9	9	0	1	752692281	1820485937	0.35	0.85	-1.18	-1.18	10	0.1	-1.0	7.82	0.08	
13	10	10	0	1	1707624350	1070991942	0.80	0.50	0.01	0.01	10	-0.1	-1.0	9.01	0.09	
14	11	11	0	1	2101123687	364716141	0.98	0.17	0.18	0.18	10	-0.1	-1.0	9.18	0.09	
15	12	12	0	1	865853249	1046363871	0.40	0.49	0.11	0.11	10	0.1	-1.0	9.11	0.09	
16																
17																

ภาพผนวกที่ข 1 การสร้างข้อมูลจาก Microsoft Excel

3.2 นำข้อมูลมาตรวจสอบว่า ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับอิทธิพลแบบบวก หรือไม่

P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
	1		ตารางแสดงข้อมูล										
		b1	b2	b3	b4	y.j	y.j-bar	dj					
	t1	0.09	0.10	0.08	0.09	0.37	0.09	-0.01					
	t2	0.11	0.13	0.10	0.14	0.48	0.12	0.02					
	t3	0.08	0.09	0.09	0.09	0.35	0.09	-0.01					
	yi.	0.28	0.32	0.28	0.32	1.20	y..						
	yi.-bar	0.09	0.11	0.09	0.11	0.10	y..-bar						
	di	-0.01	0.01	-0.01	0.01								
	wi	0.00	0.00	0.00	0.00								
	N =	0.00		D =	0.00		p =	-3.46					
	ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตรวจสอบอิทธิพลแบบบวกด้วยวิธีของ Tukey												
	Source	df	SS	MS	F			Tukey		Anova			
	Block	3	0.000525	0.00				0.05	0.01	0.05	0.01		
	Treatme	2	0.002451	0.00	15.62		F-ตาราง	6.61	16.26	5.14	10.92	SSE	
	Error	6	0.000471	0.00			ผล	A	A	R	R	0.000471	15.62
	Nonaddi	1	0.000213	0.00	4.15								
	Remair	5	0.000257	0.00									
	Total	11	0.003447										

ภาพผนวกที่ ข2 การตรวจข้อสมมติ

3.3 ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Tukey วิธี Box และ Cox วิธี Floded power วิธี Guerrero และ Johnson และ วิธี Aranda - Ordez

	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
				Tukey		ตารางแสดงข้อมูล		p =	-3.46								
		Yij			b1	b2	b3	b4	y.j	y.j-bar	dj						
				t1	3942.29	2661.25	5334.04	3994.90	15932.5	3983.12	532.6						
1		3942.29		t2	1998.05	1233.24	2524.13	964.93	6720.36	1680.09	-1770						
2		2661.25		t3	6758.96	4141.24	3870.78	3982.37	18753.3	4688.34	1238						
3		5334.04		yi.	12699.3	8035.74	11728.9	8942.20	41406.2	y..							
4		3994.90		yi.-bar	4233.10	2678.58	3909.65	2980.73	3450.52	y..-bar							
5		1998.05		di	782.59	-771.94	459.13	-469.78									
6		1233.24		wi	6928664	4360143	3163485	5348817									
7		2524.13		N =	########		D =	##########		p =	0.58						
8		964.93		ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตรวจสอบอิทธิพลแบบบวกด้วยวิธีของ Tukey													
9		6758.96		Source	df	SS	MS	F			Tukey		Anova				
10		4141.24		Block	3	4919476	1639825				0.05	0.01	0.05	0.01			
11		3870.78		Treatme	2	19801109	9900554	10.01		p	6.61	16.26	5.14	10.92	SSE		
12		3982.37		Error	6	5932867	988811			-3.46	A	A	R	R	5932867	10.01	BOX_A
				Nonaddi	1	122256	122256	0.11									
				Remair	5	5810611	1162122										
				Total	11	30653452											

ภาพผนวกที่ ข3 การแปลงวิธีของ Tukey

	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	B
				Box1		ตารางแสดงข้อมูล		lamda =	-1.00								
		Yij			b1	b2	b3	b4	y.j	y.j-bar	dj						
				t1	-0.10	-0.09	-0.11	-0.10	-0.39	-0.10	-0.01						
1		-0.10		t2	-0.08	-0.07	-0.08	-0.06	-0.29	-0.07	0.02						
2		-0.09		t3	-0.11	-0.10	-0.10	-0.10	-0.41	-0.10	-0.01						
3		-0.11		yi.	-0.29	-0.25	-0.29	-0.26	-1.08	y..							
4		-0.10		yi.-bar	-0.10	-0.08	-0.10	-0.09	-0.09	y..-bar							
5		-0.08		di	-0.01	0.01	-0.01	0.00									
6		-0.07		wi	0.00	0.00	0.00	0.00									
7		-0.08		N =	0.00		D =	0.00		p =	2.97						
8		-0.06		ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตรวจสอบอิทธิพลแบบบวกด้วยวิธีของ Tukey													
9		-0.11		Source	df	SS	MS	F			Tukey		Anova				
10		-0.10		Block	3	0.000420	0.00				0.05	0.01	0.05	0.01			
11		-0.10		Treatment	2	0.001955	0.00	16.21		F-ตาราง	6.61	16.26	5.14	10.92	SSE		
12		-0.10		Error	6	0.000362	0.00			ผล Box1	A	A	R	R	0.000362	16.21	
				Nonadditiv	1	0.000033	0.00	0.49									
				Remaind	5	0.000329	0.00										
				Total	11	0.002737											

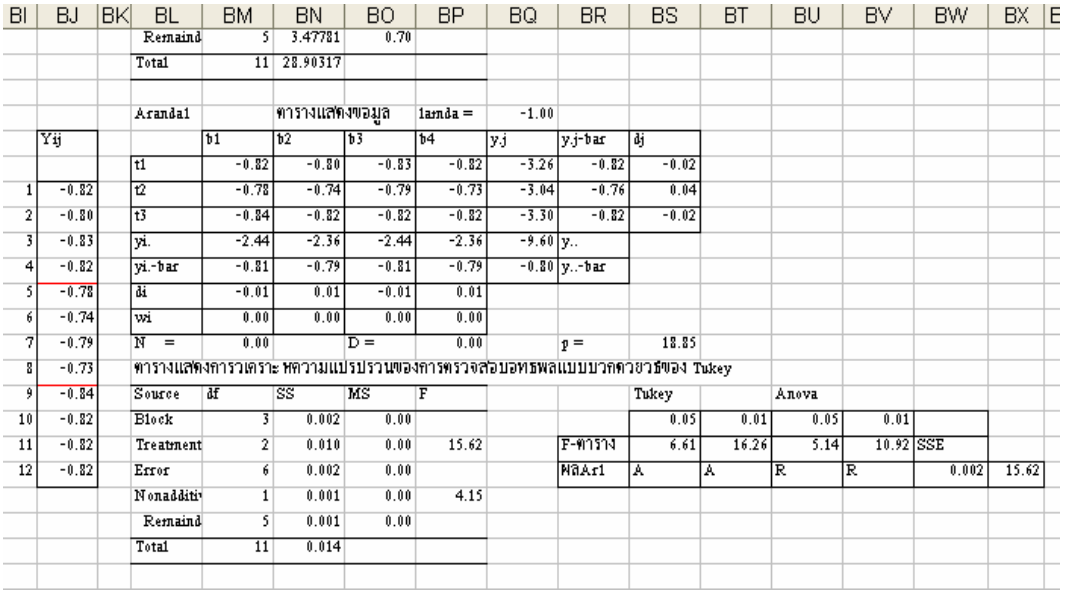
ภาพผนวกที่ข 4 การแปลงวิธี Box และ Cox

			Folded 1		ตารางแสดงขอมูล		lamda =	-1.00										
	Yij			b1	b2	b3	b4	y.j	y.j-bar	dj								
			t1	-9.85	-8.66	-10.86	-9.89	-39.25	-9.81	-0.66								
1	-9.85		t2	-7.87	-6.68	-8.51	-6.13	-29.18	-7.30	1.86								
2	-8.66		t3	-11.71	-10.01	-9.79	-9.88	-41.38	-10.35	-1.19								
3	-10.86		yi.	-29.43	-25.34	-29.15	-25.90	-109.82	y..									
4	-9.89		yi.-bar	-9.81	-8.45	-9.72	-8.63	-9.15	y..-bar									
5	-7.87		di	-0.66	0.70	-0.57	0.52											
6	-6.68		wi	5.89	5.28	3.08	6.96											
7	-8.51		N =	1.72		D =	8.05		p =	2.95								
8	-6.13		ตารางแสดงการวเคราะห์ความแปรปรวนของการทรวจสอบอทธพลแบบบวกดวยวธของ Tukey															
9	-11.71		Source	df	SS	MS	F			Tukey		Anova						
10	-10.01		Block	3	4.55	1.52				0.05	0.01	0.05	0.01					
11	-9.79		Treatment	2	21.22	10.61	16.24		F-ตาราง	6.61	16.26	5.14	10.92	SSE				
12	-9.88		Error	6	3.92	0.65			ผลFold1	A	A	R	R	3.92	16.24			
			Nonadditiv	1	0.37	0.37	0.52											
			Remaind	5	3.55	0.71												
			Total	11	29.69													

ภาพผนวกที่ข 5 การแปลงวิธี Floded power

			Total	11	29.69													
			Guerrero1		ตารางแสดงขอมูล		lamda =	-1.00										
	Yij			b1	b2	b3	b4	y.j	y.j-bar	dj								
			t1	-8.95	-7.77	-9.95	-8.99	-35.66	-8.91	-0.65								
1	-8.95		t2	-7.00	-5.82	-7.62	-5.29	-25.73	-6.43	1.83								
2	-7.77		t3	-10.79	-9.10	-8.89	-8.98	-37.77	-9.44	-1.18								
3	-9.95		yi.	-26.74	-22.70	-26.46	-23.26	-99.15	y..									
4	-8.99		yi.-bar	-8.91	-7.57	-8.82	-7.75	-8.26	y..-bar									
5	-7.00		di	-0.65	0.70	-0.56	0.51											
6	-5.82		wi	5.75	5.14	3.01	6.76											
7	-7.62		N =	1.62		D =	7.63		p =	2.75								
8	-5.29		ตารางแสดงการวเคราะห์ความแปรปรวนของการทรวจสอบอทธพลแบบบวกดวยวธของ Tukey															
9	-10.79		Source	df	SS	MS	F			Tukey		Anova						
10	-9.10		Block	3	4.43083	1.48				0.05	0.01	0.05	0.01					
11	-8.89		Treatment	2	20.65093	10.33	16.21		F-ตาราง	6.61	16.26	5.14	10.92	SSE				
12	-8.98		Error	6	3.82140	0.64			ผลGu1	A	A	R	R	3.82140	16.21			
			Nonadditiv	1	0.34360	0.34	0.49											
			Remaind	5	3.47781	0.70												
			Total	11	28.90317													

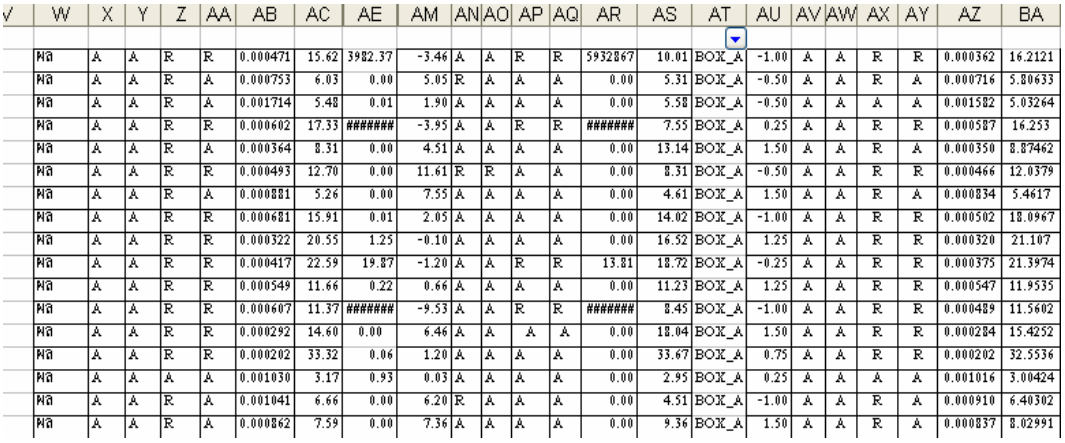
ภาพผนวกที่ ข6 การแปลงวิธี Guerrero และ Johnson



	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	E
				Remaind	5	3.47781	0.70										
				Total	11	28.90317											
				Aranda1		ตารางแสดงข้อมูล		lamda =	-1.00								
		Yij			b1	b2	b3	b4	y.j	y.j-bar	dj						
				t1	-0.82	-0.80	-0.83	-0.82	-3.26	-0.82	-0.02						
1		-0.82		t2	-0.78	-0.74	-0.79	-0.73	-3.04	-0.76	0.04						
2		-0.80		t3	-0.84	-0.82	-0.82	-0.82	-3.30	-0.82	-0.02						
3		-0.83		yi.	-2.44	-2.36	-2.44	-2.36	-9.60	y..							
4		-0.82		yi.-bar	-0.81	-0.79	-0.81	-0.79	-0.80	y..-bar							
5		-0.78		di	-0.01	0.01	-0.01	0.01									
6		-0.74		wi	0.00	0.00	0.00	0.00									
7		-0.79		N =	0.00		D =	0.00		p =	18.85						
8		-0.73		ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตรวจสอบอทธิพลแบบบวกด้วยวิธีของ Tukey													
9		-0.84		Source	df	SS	MS	F			Tukey		Anova				
10		-0.82		Block	3	0.002	0.00				0.05	0.01	0.05	0.01			
11		-0.82		Treatment	2	0.010	0.00	15.62		F-ตาราง	6.61	16.26	5.14	10.92	SSE		
12		-0.82		Error	6	0.002	0.00			ผลAr1	A	A	R	R	0.002	15.62	
				Nonadditiv	1	0.001	0.00	4.15									
				Remaind	5	0.001	0.00										
				Total	11	0.014											

ภาพผนวกที่ข 7 การแปลงวิธี Aranda - Ordez

3.4 ทำการแปลงข้อมูลที่ได้หลังจากการแปลงแล้ว และซ่อนคอลัมน์ที่ไม่ได้ใช้เอาไว้



V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AE	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA
	ผล	A	A	R	R	0.000471	15.62	3982.37	-3.46	A	A	R	R	5932867	10.01	BOX_A	-1.00	A	A	R	R	0.000362	16.2121
	ผล	A	A	R	A	0.000753	6.03	0.00	5.05	R	A	A	A	0.00	5.31	BOX_A	-0.50	A	A	R	A	0.000716	5.80633
	ผล	A	A	R	A	0.001714	5.48	0.01	1.90	A	A	A	A	0.00	5.58	BOX_A	-0.50	A	A	A	A	0.001582	5.03264
	ผล	A	A	R	R	0.000602	17.33	########	-3.95	A	A	R	R	########	7.55	BOX_A	0.25	A	A	R	R	0.000587	16.253
	ผล	A	A	R	A	0.000364	8.31	0.00	4.51	A	A	A	A	0.00	13.14	BOX_A	1.50	A	A	R	A	0.000350	8.87462
	ผล	A	A	R	R	0.000493	12.70	0.00	11.61	R	R	A	A	0.00	8.31	BOX_A	-0.50	A	A	R	R	0.000466	12.0379
	ผล	A	A	R	A	0.000881	5.26	0.00	7.55	A	A	A	A	0.00	4.61	BOX_A	1.50	A	A	R	A	0.000834	5.4617
	ผล	A	A	R	R	0.000681	15.91	0.01	2.05	A	A	A	A	0.00	14.02	BOX_A	-1.00	A	A	R	R	0.000502	18.0967
	ผล	A	A	R	R	0.000322	20.55	1.25	-0.10	A	A	A	A	0.00	16.52	BOX_A	1.25	A	A	R	R	0.000320	21.107
	ผล	A	A	R	R	0.000417	22.59	19.87	-1.20	A	A	R	R	13.81	18.72	BOX_A	-0.25	A	A	R	R	0.000375	21.3974
	ผล	A	A	R	R	0.000549	11.66	0.22	0.66	A	A	A	A	0.00	11.23	BOX_A	1.25	A	A	R	R	0.000547	11.9535
	ผล	A	A	R	R	0.000607	11.37	########	-9.53	A	A	R	R	########	8.45	BOX_A	-1.00	A	A	R	R	0.000489	11.5602
	ผล	A	A	R	R	0.000292	14.60	0.00	6.46	A	A	A	A	0.00	18.04	BOX_A	1.50	A	A	R	R	0.000284	15.4252
	ผล	A	A	R	R	0.000202	33.32	0.06	1.20	A	A	A	A	0.00	33.67	BOX_A	0.75	A	A	R	R	0.000202	32.5536
	ผล	A	A	A	A	0.001030	3.17	0.93	0.03	A	A	A	A	0.00	2.95	BOX_A	0.25	A	A	A	A	0.001016	3.00424
	ผล	A	A	R	A	0.001041	6.66	0.00	6.20	R	A	A	A	0.00	4.51	BOX_A	-1.00	A	A	R	A	0.000910	6.40302
	ผล	A	A	R	A	0.000862	7.59	0.00	7.36	A	A	A	A	0.00	9.36	BOX_A	1.50	A	A	R	A	0.000837	8.02991

ภาพผนวกที่ข 8 การกรองข้อมูล

3.5 นำผลที่ได้ลงแบบฟอร์มสำหรับนับจำนวนครั้งของการยอมรับหรือปฏิเสธ H_0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Case																				
2	No.	Tukeyก่อน		ANOVA		SSE	วิธี Tukey								วิธี Box						
3								p	Tukeyหลัง		ANOVA		SSE		lamda	Tukeyหลัง		ANOVA		SSE	
4		0.05	0.01	0.05	0.01		F-test		0.05	0.01	0.05	0.01		F-test		0.05	0.01	0.05	0.01		F-test
5	1	A	A	R	A	0.001003	8.54	-5.33	A	A	R	R	########	4.57	-1.00	A	A	R	A	0.000865	7.73
6	2	A	A	R	R	0.000601	11.71	9.18	R	R	A	A	0.00	7.86	1.00	A	A	R	R	0.000601	11.71
7	3	A	A	R	R	0.000267	32.30	-0.28	A	A	A	A	0.01	25.10	1.50	A	A	R	R	0.000258	34.63
8	4	A	A	R	A	0.000549	9.51	-4.24	A	A	R	R	########	4.82	-0.50	A	A	R	A	0.000494	9.15
9	5	A	A	R	A	0.001006	8.00	-0.11	A	A	A	A	0.00	6.78	1.50	A	A	R	A	0.000960	8.54
10	6	A	A	R	A	0.001004	7.94	1.71	A	A	A	A	0.00	9.28	1.50	A	A	R	A	0.000938	8.88
11	7	A	A	R	R	0.000175	43.58	-2.25	A	A	R	R	3148.51	42.04	-1.00	A	A	R	R	0.000118	52.01
12	8	A	A	R	R	0.000574	13.42	-2.01	A	A	R	R	3353.64	10.58	-0.50	A	A	R	R	0.000517	12.61
13	9	A	A	R	R	0.000207	68.39	0.94	A	A	A	A	0.00	67.47	1.25	A	A	R	R	0.000205	71.60
14	10	A	A	R	A	0.001025	6.12	1.87	A	A	A	A	0.00	6.54	0.75	A	A	R	A	0.001024	5.99
15	11	A	A	R	R	0.000492	11.93	7.57	A	A	A	A	0.00	15.65	1.50	A	A	R	R	0.000475	12.84
16	12	A	A	R	R	0.000336	32.99	-2.28	A	A	R	R	9376.43	18.30	0.00	A	A	R	R	0.000319	30.21
17	13	R	R	A	A	0.001714	4.15	-20.90	R	R	R	R	########	1.11	-1.00	A	A	A	A	0.001230	4.04
18	14	A	A	R	R	0.000147	64.53	1.49	A	A	A	A	0.00	70.21	1.50	A	A	R	R	0.000144	70.29
19	15	A	A	A	A	0.001094	4.65	0.98	A	A	A	A	0.00	4.63	1.50	A	A	R	A	0.001023	5.19
20	16	A	A	A	A	0.001416	3.27	53.77	R	R	A	A	0.00	5.60	0.50	A	A	A	A	0.001409	3.17
21	17	A	A	R	A	0.001642	5.46	-5.43	A	A	R	R	########	5.19	-1.00	A	A	R	A	0.001190	5.65
22	18	A	A	R	R	0.000349	36.01	-16.47	R	A	R	R	########	1.51	0.50	A	A	R	R	0.000343	34.15
23	19	A	A	R	R	0.000184	38.89	-2.64	A	A	R	R	35768.38	28.34	-0.50	A	A	R	R	0.000164	38.65

ภาพผนวกที่ ข9 แบบฟอร์มนับจำนวนครั้งของการยอมรับหรือปฏิเสธ H_0

3.6 นับจำนวนครั้งของการยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 ของแต่ละวิธีการแปลงข้อมูล

	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM
1																						
2	Before		ANOVA		วิธี Tukey									วิธี Box								
3	R	R	A	A	วิธี Tukey		p	ANOVA		f-test	เพิ่ม	f-test	ลด	วิธี Box		lamda	ANOVA		f-test	เพิ่ม	f-test	ลด
4	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01		0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01		0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01
5	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
6	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
7	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
8	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
9	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
10	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
11	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
12	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
13	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
14	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
15	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
16	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
17	1	1	A	A	0	0				0	0	0	0	1	1	-1.00	A	A	0	0	0	0
18	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
19	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
20	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
21	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
22	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
23	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
24	0	0			0	0				0	0	0	0	0	0				0	0	0	0

ภาพผนวกที่ ข10 นับจำนวนครั้งของการยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 ของแต่ละวิธีการแปลงข้อมูล

	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN
3006																							
3007	R	R	(ANOVA R)		วิธี Tuk	วิธี Tuk	p	(ANOVA R)		f-test	f-test	f-test	สถิ	วิธี Box	วิธี Box	lamda	(ANOVA R)		f-test	f-test	f-test	สถิ	วิธี folde
3008	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01		0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01		0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05
3009	157	40	16	20	96	28	-5.65	2	2	38	11	49	12	98	21	-1.00	7	8	64	15	11	1	84
3010						min	-28.71																
3011						max	82.07																
3012																							

ภาพผนวกที่ข 11 ผลสรุปของแต่ละกรณี

3.7 นำผลทั้งหมดมาคำนวณร้อยละ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ และ ค่าทดสอบเอฟ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
1	Typ	No.	r	t	Before		ANOVA		วิธี Tukey									วิธี Box									วิธี Fled		
2					R	R			วิธี Tukey		p	ANOVA		f-test	f-test	f-test	สถิ	วิธี Box	lamda	ANOVA		f-test	f-test	f-test	สถิ	วิธี Fleded	lamda		
3					0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01		0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01		0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	
4	T	1	4	3	153	31	12	1	66	15	12.10	8	1					57	10	-1.00	7	1					45	7	0.00
5	P	2	4	3	157	40	16	20	96	28	-5.65	2	2	38	11	49	12	98	21	-1.00	7	8	64	15	11	1	84	18	0.00
6	T	3	4	5	138	21	8	0	56	9	15.50	2	0					66	8	-1.00	4	0					48	8	0.00
7	P	4	4	5	196	40	0	0	103	18	-3.58	0	0	21	3	77	14	152	27	-1.00	0	0	80	17	13	2	135	24	0.00
8	T	5	4	7	124	27	10	0	36	9	18.00	2	0					108	24	0.00	9	0					102	21	0.00
9	P	6	4	7	200	50	0	0	75	19	-4.44	0	0	9	2	66	17	164	41	0.00	0	0	86	25	11	5	136	37	0.00
10	T	7	4	9	156	31	13	1	40	8	19.14	0	0					70	8	-1.00	3	0					63	7	0.00
11	P	8	4	9	241	71	0	0	73	20	-4.15	0	0	3	0	69	20	185	47	0.50	0	0	68	20	22	11	167	42	0.00
12	T	9	4	11	162	32	10	0	36	5	18.80	1	0					69	11	1.50	5	0					49	7	0.00
13	P	10	4	11	266	69	0	0	88	17	-4.17	0	0	4	0	82	17	218	61	0.25	0	0	103	29	18	12	192	57	0.00
14	T	11	4	13	160	40	4	0	35	7	12.90	0	0					79	15	-1.00	3	0					61	14	0.00

ภาพผนวกที่ข 12 ผลทั้งหมดมาคำนวณร้อยละ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ และ ค่าทดสอบเอฟ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวสุบงกช แป้นโก๋
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 21 มีนาคม 2524
สถานที่เกิด	ราชบุรี
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี การศึกษาศาสตร์บัณฑิต(คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-