

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทดสอบสถิติเอฟและสถิติทดสอบของเดอว์บิน ในการทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในแผนการทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์

โดย

ร.พ.

๒๕๕๗

๒๕๓๙

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน เดือน ปี.....

- นาย ชิตพันธุ์ อูปการกุล
- นาย นพนนท์ พานิชเจริญ
- นาย บุญชัย ลีศิริวิทย์
- นาย ประเสริฐ ไกรนุวัต

612528754

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาสถิติประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIAL PROBLEM

A ~~COMPARISON~~ ON EFFICIENCY OF F-TEST AND DURBIN TEST FOR TESTING THE  
DIFFERENCE BETWEEN MEANS IN BLANCE INCOMPETE BLOCK DESIGNED

BY

CHITPHAN

UBPAKARAKUL

NOPPANAN

PHANICHALOEN

BOONCHAI

LEESIRIWIT

PRASERT

KRAINUWAT

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

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อปัญหาพิเศษ** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบเอฟและสถิติทดสอบ  
ของเดออร์บิน ในการทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในแผนแบบ  
การทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์

**โดย** นาย ชิตพันธุ์ อุภากรกุล  
นาย นพนันท์ พานิชเจริญ  
นาย บุญชัย ลีศิริวิทย์  
นาย ประเสริฐ ไกรนุวัตร

**ภาควิชา** สถิติประยุกต์

**อาจารย์ที่ปรึกษา** อาจารย์ ชานินทร์ ศรีสุวรรณณา

**ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

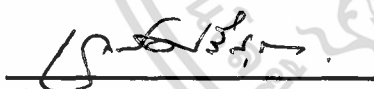
**อนุมัติให้นำปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต**



(ผศ. วีรศักดิ์ สุรพัฒน์)

**หัวหน้าภาควิชาสถิติประยุกต์**

**คณะกรรมการปัญหาพิเศษ**



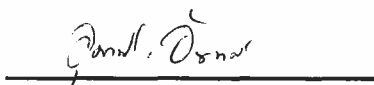
(อาจารย์ ชานินทร์ ศรีสุวรรณณา)

**ประธานกรรมการ**



(ผศ. วีรศักดิ์ สุรพัฒน์)

**กรรมการ**



(ผศ. อูมาพร จันทரசอ)

**กรรมการ**

**ลิขสิทธิ์ของภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อ

**หัวข้อโครงการพิเศษ** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบเอฟ และ สถิติทดสอบของเดอ์บิน ในการทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยในแผนแบบการทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์

**โดย** นาย ชิตพันธุ์ อุปการกุล  
นาย นพนันท์ พานิชเจริญ  
นาย บุญชัย ลีศิริวิทย์  
นาย ประเสริฐ ไกรนวัต

**อาจารย์ที่ปรึกษา** อาจารย์ ชานินทร์ ศรีสุวรรณภา

**ภาควิชา** สถิติประยุกต์

**ปีการศึกษา** 2539

โครงการพิเศษนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติเอฟซึ่งเป็นสถิติพาราเมตริก 2 วิธีการ จากในหนังสือของ Cochran & Cox และ หนังสือของ Douglas C. Montgomery กับสถิติทดสอบ Durbin เป็นสถิติทาง นอน-พาราเมตริก ในแผนแบบการทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์ โดยที่ข้อมูลมีการแจกแจงต่าง ๆ คือ Normal, Exponential และ Log Normal โดยพิจารณาจากอำนาจการทดสอบและความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1

การทดสอบทำโดยการจำลองข้อมูลในสถานการณ์ต่าง ๆ ให้มีการแจกแจงตามที่ต้องการนำไปทดสอบด้วยสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี สถานการณ์ละ 1000 ครั้ง แล้วนับจำนวนครั้งที่เกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 และ 2 นำไปคำนวณหาอำนาจการทดสอบ สำหรับในการทดสอบทาง Parametric หากข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบ Normal จะทำการแปลงข้อมูลให้มีการแจกแจงเป็น Normal เสียก่อน

ผลการทดสอบในกรณีข้อมูลมีการแจกแจงเป็นปกติ สถิติทดสอบเอฟทั้งสองวิธีให้อำนาจการทดสอบที่ดีกว่า สถิติ Durbin ในทุกกรณี สำหรับกรณีข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นปกติแม้จะทำการแปลงข้อมูลแล้วก็ตาม สถิติทดสอบ Durbin ยังคงมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนสูง ๆ และขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น

## Abstract

**Special Project Title** A Comparison on Efficiency of F-Test and Durbin Test for Testing the Difference Between Means in Balance Incomplete Block Desinged

**Name** Chitphan Ubpakarakul  
Noppanan Phanichaloen  
Boonchai Leesiriwit  
Prasert Krainuwat

**Advisor** Chanin Srisuwannapa

**Department** Applied Statistics

**Academic Year** 2539

The objective of this Special Project is the comparison of the efficiency of 3 test statistic methods in Balance Incomplete Block Desinged, include 2 methods of F-Test which are the Parametric Tests and the other one is Non-Parametric Test called Durbin's Test. Both F-Test Methods are published in the book of Cocran & Cox and Douglas C. Montgomery's book. The efficiency comparisons are discussed in term of Power of the Test and Type 1 Error probability control. There are 3 distribution of observations used in this research: Normal, Exponential and Log Normal distribution.

The implementation of research begin from observations simulation in many caes of variance, blocks size and other parameters. Then test the observations through the 3 methods of tests 1,000 times in each case. Count the number of Type 1 Error and Type 2 Error for calculating Power of the Test. In the case of observations do not have Normal distribution, these must be transformed to be the Normal distribution before testing.

The result of Normal distribution, Both F-Test methods have larger Power of the test than Durbin's Test in all case. For other distributions, Durbin's Test has more efficiency than the 2 Parametric Tests methods. Eventhough the observations are transformed to be Normal distribution.

## กิติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ ด้วยความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์หลายท่าน และบุคคลหลาย ๆ ฝ่ายที่ได้ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการหาเอกสารต่างๆ ซึ่งคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณครู อาจารย์ และคณาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอนสรรพวิชา ตั้งแต่เบื้องต้นจนถึงปัจจุบัน

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำปัญหาพิเศษ และให้การสนับสนุนในการจัดทำปัญหาพิเศษนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิศักดิ์ สุรพัฒน์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำปัญหาพิเศษ และให้การสนับสนุนในการจัดทำปัญหาพิเศษนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุมาพร จันทศร ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำปัญหาพิเศษ และให้การสนับสนุนในการจัดทำปัญหาพิเศษนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.มนัส ไพฑูรย์เจริญลาภ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล

นาย ชิตพันธุ์ อูปการกุล

นาย นพนนท์ พานิชเจริญ

นาย บุญชัย ลีศิริวิทย์

นาย ประเสริฐ ไกรนุวัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ทฤษฎีทางสถิติ	7
2.2 การตรวจสอบข้อมูลว่าเป็นไปตามกำหนด	8
2.2.1 การทดสอบ Chi-square Goodnes of Fit	8
2.1.2 การทดสอบความเป็นอิสระ	9
2.1.3 วิธีการของ Bartlett ในการทดสอบสำหรับตรวจสอบความแปรปรวนเป็นเอกพันธ์	11
2.2 การแปลงข้อมูล	12
2.3 Incomplete Block Design	13
2.4 แผนแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์	14
2.5 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน	16
2.5.1 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F-Test ( จากหนังสือของ Cochran & Cox )	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.5.2 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F-Test ( จากหนังสือ Design and Experiment: Douglas C. Montgomery )	18
2.5.3 วิธีการทางนอนพาราเมตริกด้วยวิธีของเดอน์บิน	21
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย/งานวิจัย	28
เทคนิคการจำลองตัวอย่าง	30
บทที่ 4 ผลการวิจัย	34
4.1 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยใช้ความน่าจะเป็นของความ ผิดพลาดประเภทที่ 1	35
4.2 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยใช้อำนาจการทดสอบ	55
4.3 ผลสรุปจำนวนครั้งที่วิธีการทดสอบแต่ละวิธีมีอำนาจการ ทดสอบสูงสุด	62
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	66
5.1 ผลสรุปการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากความ สามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1	66
5.2 ผลสรุปการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากอำนาจ การทดสอบ	70
ภาคผนวก	72
เอกสารอ้างอิง	101

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1	แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติตามเกณฑ์ ของ Cochran	37
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ตามเกณฑ์ ของ Bladley	39
ตารางที่ 4.3	แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential ตามเกณฑ์ของ Cochran	41
ตารางที่ 4.4	แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential ตามเกณฑ์ของ Bladley	44
ตารางที่ 4.5	แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Lognormal ตามเกณฑ์ของ Cochran	46
ตารางที่ 4.6	แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Lognormal ตามเกณฑ์ของ Bladley	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน้า

ตารางที่ 4.7	แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบ สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ และไม่ได้ จากการทดลองทั้งหมด 12 กรณี เมื่อความคลาดเคลื่อนมี การแจกแจงแบบต่างๆ ความแปรปรวน 50, 100 และ 150 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01	51
ตารางที่ 4.8	แสดงอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Normal ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01	56
ตารางที่ 4.9	แสดงอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01	58
ตารางที่ 4.10	แสดงอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Log Normal ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01	60
ตารางที่ 4.11	แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Normal ที่ระดับนัยสำคัญ และ 0.01 จากการทดลองทั้งหมด 8 กรณี	63
ตารางที่ 4.12	แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential ที่ ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 จากการทดลองทั้งหมด 8 กรณี	64
ตารางที่ 4.13	แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Lognormal ที่ระดับนัย สำคัญ 0.05 และ 0.01 จากการทดลองทั้งหมด 8 กรณี	65

หน้า

- ตารางที่ 5.1 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้จากการทดลองทั้งหมด 12 กรณี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบต่างๆ ที่ความแปรปรวน 50, 100 และ 150 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 67
- ตารางที่ 5.2 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้จากการทดลองทั้งหมด 24 กรณี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบต่างๆ ที่ความแปรปรวน 50, 100 และ 150 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในการทำวิจัยหรือศึกษาเกี่ยวกับพารามิเตอร์ ของประชากรตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป เช่น การศึกษาค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่ม ว่าเท่ากันหรือแตกต่างกันอย่างไร หรือการศึกษาความแปรปรวนของแต่ละประชากร ถ้าประชากรมีขนาดใหญ่มาก ๆ หรือประชากรมีขนาดเล็กอันันต์ ค่าพารามิเตอร์ของประชากรคำนวณได้ยากหรืออาจคำนวณไม่ได้เลย จึงต้องมีการสุ่มตัวอย่าง หรือ เก็บข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การสำรวจ และ แบบสอบถาม แล้วทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยค่าสถิติที่คำนวณได้จากตัวอย่าง นำค่าสถิติที่คำนวณได้มาทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับประชากร โดยใช้การทดสอบ t-test ในกรณีการเปรียบเทียบประชากร 2 กลุ่ม และใช้ F-Test (ANOVA) ในกรณีของการเปรียบเทียบประชากรมากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป

การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ F-Test นั้น มีข้อสมมติเบื้องต้นดังนี้

1. ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Normal
2. ความแปรปรวนประชากรเท่ากัน
3. ตัวอย่างสุ่มเป็นอิสระต่อกัน
4. ตัวแบบการทดลองเป็นแบบบวกลบ

ข้อกำหนด 3 ข้อแรกเป็นข้อกำหนดที่ต้องมีเสมอในการตรวจสอบข้อมูลว่าเหมาะสมที่จะใช้วิเคราะห์ผลด้วยวิธี F-Test หรือไม่ ส่วนข้อกำหนดข้อที่ 4 เป็นข้อกำหนดที่จำเป็นต้องมีสำหรับการทดลองบางแผนแบบเท่านั้น เช่น การวิเคราะห์การทดลองด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกสองทาง วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม และการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ เป็นต้น

แต่ในการทดลองจริง ๆ นั้น บางครั้งข้อมูลที่ได้จากการทดลองอาจไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นเสมอไป เช่น ข้อสมมติเบื้องต้นข้อที่หนึ่ง คือ ข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบ Normal ซึ่งข้อมูลจริงที่ได้จากการทดลอง หรือการสำรวจอาจมีการแจกแจงเป็นอย่างอื่น

ในกรณีข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบ Normal นั้น อาจใช้วิธีการวิเคราะห์ผลการทดลองได้อีกวิธีคือ วิธีการวิเคราะห์ทางนอนพาราเมตริกอันประกอบไปด้วยวิธีวิเคราะห์มากมายหลายแบบ

ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูล และแผนแบบการทดลอง เช่น ข้อมูลที่ได้มาจากแผนแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่ม จะใช้วิธีของฟร็ดแมนในการทดสอบ หรือ ในกรณีที่ข้อมูลที่ได้มาจากแผนแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์ ใช้วิธีของ Durbin เป็นต้น ซึ่งวิธีเหล่านี้ให้ผลสรุปได้ไม่แตกต่างจากวิธี F-test หรือ t-test ในบางกรณี แต่เป็นวิธีการที่ง่ายต่อการคำนวณกว่าวิธีการแปลงข้อมูลให้มีการแจกแจงแบบ Normal ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ซับซ้อน และ ยากต่อการวิเคราะห์สรุปผล

สำหรับความน่าเชื่อถือของการทดสอบในแต่ละวิธีนั้น แตกต่างกันไปตามองค์ประกอบต่าง ๆ ของข้อมูล เช่น ขนาดตัวอย่าง การแจกแจงของตัวอย่าง และ แผนแบบของการทดลอง ความแปรปรวนของตัวอย่าง เป็นต้น

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายในการ เปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ต่าง ๆ สำหรับแผนแบบการทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์ คือ การวิเคราะห์ด้วย ANOVA หลังจากการแปลงข้อมูลให้มีการแจกแจงแบบ Normal และ การวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางนอนพารามตริก ซึ่งจะเปรียบเทียบกันในแง่ของอำนาจการทดสอบ และความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Exponential ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 หน่วย จนครบทุกกรณีที่กำหนด เพื่อพิจารณาความเหมาะสมที่จะเลือกใช้วิธีทางสถิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ มีอำนาจการทดสอบสูง ประกอบกับความสะดวกรวดเร็วในการคำนวณและวิเคราะห์สรุปผล ควบคู่กันไป และเพื่อเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบการทดสอบในกรณีอื่นๆ เช่น การทดลองแฟคทอเรียล แผนแบบการทดลอง ลาตินสแควร์ หรือ การแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบอื่น ๆ ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสถิติที่ใช้ทดสอบการเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร ของการทดสอบเอฟ และ สถิติทดสอบของ Durbin โดยศึกษาจากอำนาจการทดสอบ และ ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของ ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ในแผนแบบการทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์
2. เพื่อหาวิธีการทางสถิติที่ใช้ทดสอบการเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร ที่มีการแจกแจงไม่เป็น Normal ที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุดแต่ให้ผลสรุปเป็นที่น่าเชื่อถือ ในแผนแบบการทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์
3. เพื่อหากรณีตัวอย่าง ของสถิติทดสอบ ทางพาราเมตริก และ นอนพาราเมตริก ในแผนแบบการทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์

## 1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ค้นคว้าผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือ เป็นไปในแนวเดียวกัน ที่ผู้วิจัยท่านอื่น ๆ ที่ได้ทำมาแล้ว
2. กำหนดขอบเขต และ วัตถุประสงค์ ของการทำวิจัย
3. ศึกษาวิธีการทางสถิติ และ คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยละเอียด
4. จำลองข้อมูลตามการแจกแจงที่กำหนด ด้วยคอมพิวเตอร์
5. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมที่ผู้วิจัยเขียนขึ้น ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้
6. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

## 1.4 ขอบเขตการศึกษา

ในการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการศึกษาเฉพาะการทดสอบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงดังนี้

1. Normal Distribution
2. Lognormal Distribution
3. Exponential Distribution

โดยที่การแจกแจงที่ไม่ใช่ Normal จะทำการแปลงข้อมูลให้ถูกต้องตามข้อกำหนดเบื้องต้นก่อนการทดสอบ ด้วยวิธีทางพาราเมตริก ซึ่งจะใช้วิธีการทดสอบ และ สถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. สถิติทดสอบที่ใช้มี 3 ตัว คือ F-Test จากหนังสือของ Cochran & Cox , F-Test จากหนังสือของ Douglas C. Montgomery สถิติทดสอบทางพาราเมตริก โดยวิธีทดสอบของ Durbin
2. การทดสอบจะดำเนินการภายใต้แบบแผนการทดลองสุ่มไม่สมมาตรที่มีสมดุลย์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01
3. ตัวแบบที่ใช้เป็นแบบอิทธิพลเจาะจง ( Fixed Effect Model )

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$\mu$  : ค่าเฉลี่ยประชากร

$\tau_i$  : อิทธิพลของทรีตเมนต์ ที่  $i$

$\beta_j$  : อิทธิพลของบล็อก ที่  $j$

$\epsilon_{ij}$  : ความคลาดเคลื่อนจากทรีตเมนต์ ที่  $i$  และ บล็อก ที่  $j$

$$\sum \tau_i = \sum \beta_j = 0$$

และ  $\epsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$  สำหรับการทดสอบทางพาราเมตริก

4. จำนวนทรีตเมนต์ที่ใช้ คือ 10 และ 15 จำนวนบล็อกที่ใช้จะเท่ากับ 10, 15 และ 18 ซึ่งจะทำให้การจัดข้อมูลลงในบล็อกตามแผนมาตรฐานของการจัดทรีตเมนต์ดังแสดงในภาคผนวก
5. ข้อมูลที่จำลองขึ้นมาจะกำหนดให้มีความแปรปรวน 3 ระดับ คือ 50, 100 และ 150

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการต่าง ๆ ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างไร
2. ทราบว่าการทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ในแต่ละสถานการณ์นั้นให้ผลสรุปการวิเคราะห์การเท่ากันของประชากร แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร
3. เป็นแนวทางสำหรับนักสถิติที่จะเลือกใช้วิธีการใดในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงที่ไม่เป็น Normal เพื่อหลีกเลี่ยงวิธีการทางสถิติที่ยูกยากซับซ้อน และ หลีกเลี่ยงกรณีด้อยของวิธีการนั้น ๆ
4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการทดสอบเกี่ยวกับประชากรที่มีการแจกแจงไม่เป็น Normal ภายใต้แผนแบบการทดลองอื่น ๆ เช่น แผนการทดลองแบบลาตินสแควร์เป็นต้น และ การแจกแจงของประชากรแบบต่าง ๆ เช่น การแจกแจงแบบทวินาม การแจกแจงแบบไฮเปอร์จีโอเมตริกซ์ ฯลฯ

## 1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1. ประชากร ( Population ) หมายถึง เขตของหน่วยต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา หน่วยต่าง ๆ นี้ อาจเป็นคน ๆ หนึ่ง สัตว์ตัวหนึ่ง พืชต้นหนึ่ง หรือเป็นค่าที่ได้จากการวัดลักษณะใด ๆ ค่าหนึ่ง เช่น ความสูงของคน เป็นต้น
2. ตัวอย่าง ( Sample ) หมายถึง เขตย่อยของประชากร
3. พารามิเตอร์ ( Parameter ) หมายถึง ค่าที่ใช้อธิบายลักษณะต่าง ๆ ของประชากร เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น
4. อำนาจการทดสอบ ( Power of the Test ) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดกรณีการยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานรองเป็นจริง
5. อาณาเขตวิกฤต ( Rejection Region ) หมายถึง ขอบเขตที่จะทำให้เกิดการปฏิเสธสมมติฐานหลัก
6. ตัวสถิติทดสอบ ( Test Statistic ) หมายถึง ฟังก์ชันของกลุ่มตัวอย่าง ที่สามารถใช้เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจทางสถิติ

## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีทางสถิติ

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดลองจะมีการแจกแจงต่าง ๆ ซึ่งแต่ละการแจกแจงมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นดังนี้

#### 1. การแจกแจงแบบ Normal

มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น คือ

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

ค่าเฉลี่ย :  $\mu$

ความแปรปรวน :  $\sigma^2$

#### 2. การแจกแจงแบบ Log Normal

ถ้าให้ Y มีการแจกแจงแบบ Normal ที่ค่าเฉลี่ย  $\mu$  และความแปรปรวน  $\sigma^2$  และ  $X = e^Y$  แล้ว X จะมีการแจกแจงแบบ Log Normal

มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น คือ

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\ln x - \mu)/\sigma^2} & ; x > 0, \sigma > 0, -\infty < \mu < \infty \\ 0 & ; \text{อื่น ๆ} \end{cases}$$

ค่าเฉลี่ย :  $\exp\left\{\frac{\mu + \sigma^2}{2}\right\}$

ความแปรปรวน :  $\exp\{2\mu + \sigma^2\} \{ \exp\{\sigma^2\} - 1 \}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การแจกแจงแบบ Exponential

มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น คือ

$$f(x) = \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}} \quad ; x > 0$$

ค่าเฉลี่ย :  $\theta$

ความแปรปรวน :  $\theta^2$

#### 2.1 การตรวจสอบข้อมูลว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

##### 2.1.1. การทดสอบ Chi-square Goodness of Fit

สาเหตุที่เลือกใช้ Chi-square Goodness of Fit เพราะในการทดสอบในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องมีการประมาณพารามิเตอร์ของประชากร มีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง 1 ชุดด้วยขนาด  $n$  ถูกสุ่มมาจากประชากรที่ไม่ทราบฟังก์ชันการแจกแจงสะสม มีสมมติฐานคือ

$$H_0: f_x(x) = f_0(x) \quad \text{for all } x$$

เมื่อ  $f_0(x)$  คือ p.d.f. ของ ประชากรที่คาดหมาย

$$H_1: f_x(x) \neq f_0(x) \quad \text{for some } x$$

เมื่อสมมติฐานเบื้องต้น ระบุการแจกแจงของประชากร จากข้อมูลตัวอย่างก็จะสามารถคำนวณหาความน่าจะเป็นที่ค่าข้อมูล จะมีค่าตกอยู่ในกลุ่มต่าง ๆ ได้เมื่อคูณด้วยจำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด  $n$  แล้วก็จะได้จำนวนความถี่ที่คาดหวัง เมื่อสมมติฐานเบื้องต้นเป็นจริงจากข้อมูลตัวอย่าง จะได้ค่าความถี่ที่สังเกตได้ ความถี่ทั้งสองดังกล่าวในแต่ละกลุ่มควรมีจำนวนใกล้เคียงกันเมื่อยอมรับ  $H_0$  ตามสูตรการทดสอบดังนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

เมื่อ

$k$  = จำนวนกลุ่มต่าง ๆ ที่ข้อมูลตัวอย่างที่จัดเป็นกลุ่ม ๆ

$O_i$  = ความถี่ที่สังเกตได้จากข้อมูล อยู่ ในกลุ่ม ที่มี  $i$ ,  $i = 1, \dots, k$

$E_i$  = ความถี่ที่คาดหวังเมื่อ  $H_0$  เป็นจริงจากกลุ่มที่  $i$ ,  $i = 1, \dots, k$

$$\sum O_i = \sum E_i = n$$

ตามสูตรดังนั้น จะปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น เมื่อค่า  $\chi^2$  มีค่าใหญ่โดยอาณาเขตวิกฤตสามารถประมาณได้ด้วยการแจกแจงแบบ Chi-Square ที่  $d.f. = k - 1 - m$  เมื่อ  $n$  มีขนาดใหญ่ โดยที่  $m$  = จำนวนพารามิเตอร์ ที่ต้องประมาณสำหรับการทดสอบการแจกแจงตามสมมติฐาน  $H_0$

การใช้การแจกแจงไคแอสควร์ ประมาณการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบ  $\chi^2$  ดังกล่าวจะได้ผลดีเมื่อ  $n$  มีขนาดใหญ่ (40 ขึ้นไป) และ  $E_i$ ;  $i = 1, \dots, k$  ควรมีค่าอย่างน้อย 5 ขึ้นไป ในกรณีที่ค่า  $E_i$  มีค่าน้อยกว่า 5 จำเป็นต้องปรับให้  $E_i$  มีค่าตั้งแต่ 5 ขึ้นไป

### 2.1.2. การทดสอบความเป็นอิสระ

การตรวจสอบข้อกำหนดความเป็นอิสระกันภายในตัวอย่างก็คือ การตรวจสอบว่าตัวอย่างที่ได้เป็นตัวอย่างสุ่มหรือไม่นั่นเอง โดยสมมติว่าประชากรที่สุ่มตัวอย่างมาได้นั้น เป็นประชากรอนันต์

วิธีการใช้ค่าสหสัมพันธ์เป็นลำดับ (Serial Correlation) เป็นวิธีที่ใช้ตรวจสอบความเป็นอิสระวิธีหนึ่ง ซึ่งนิยามว่า คือ สหสัมพันธ์เชิงเดียว (Simple Correlation) ระหว่างค่าสังเกตที่อยู่ติดกัน  $X_i$  และ  $X_{i+1}$  เมื่อ  $i = 1, \dots, n-1$  แทนด้วย  $r_s$  และคำนวณ  $r_s$  ได้ดังนี้

$$r_s = \frac{(n-1) \sum_{i=1}^n X_{i+1} X_i - \sum_{i=1}^{n-1} X_{i+1} \sum_{i=1}^{n-1} X_i}{\sqrt{\left[ (n-1) \sum_{i=1}^{n-1} X_{i+1}^2 - \left( \sum_{i=1}^{n-1} X_{i+1} \right)^2 \right] \left[ (n-1) \sum_{i=1}^{n-1} X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^{n-1} X_i \right)^2 \right]}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทดสอบว่า  $r_s$  ต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ด้วยสถิติทดสอบ

$$Z = \frac{r_s + 1/(n-1)}{\sqrt{(n-2)/(n-1)^2}}$$

เปรียบเทียบกับ  $Z_{1-\alpha/2}$  ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  ถ้า  $r_s$  ไม่ต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าค่าสังเกตที่อยู่ติดกันไม่มีสหสัมพันธ์ คือ เป็นอิสระกัน แต่การทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าสังเกตด้วยวิธีนี้ไม่เหมาะสมสำหรับ  $n$  ขนาดเล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3. วิธีของ Bartlett ในการทดสอบสำหรับการตรวจสอบความแปรปรวนเป็นเอกพันธ์

ในการทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนของประชากรนั้นมีสมมติฐานหลัก ดังนี้

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_i^2$$

$H_1$ : มีอย่างน้อยหนึ่งค่าของ  $\sigma_i^2$  ที่แตกต่างออกไป

สำหรับวิธีการทดสอบที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ วิธีของบาร์ทเลท (Bartlett Test) ซึ่งจะต้องทำการคำนวณหาค่าของตัวสถิติ  $\chi_0^2$  เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบ Chi-Square ที่องศาความเป็นอิสระ  $a-1$  ซึ่งมีสูตรการคำนวณตัวสถิติต่าง ๆ ดังนี้

$$\begin{aligned} \chi_0^2 &= 2.3026 \frac{q}{c} \\ q &= (N-a) \log S_p^2 - \sum_{i=1}^a (n_i - 1) \log S_i^2 \\ c &= 1 + \frac{1}{3(a-1)} \left[ \sum_{i=1}^a (n_i - 1)^{-1} - (N-a)^{-1} \right] \\ S_p^2 &= \frac{\sum_{i=1}^a (n_i - 1) S_i^2}{N-a} \end{aligned}$$

โดยที่  $S_p^2$  คือ ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่  $i$

สำหรับตัวสถิติ  $q$  นั้นจะมีค่ามาก เมื่อความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง  $S_i^2$  มีค่าแตกต่างกันอย่างมาก และ  $q$  จะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อ  $S_i^2$  มีค่าเท่ากันทั้งหมด และจะสามารถสรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  เมื่อ  $\chi_0^2$  นั้นมีค่ามากกว่าค่าของความน่าจะเป็นของการแจกแจง Chi-Square จากตาราง

$$\chi_0^2 > \chi^2_{\alpha, a-1}$$

โดยที่  $\chi^2_{\alpha, a-1}$  คือ ความน่าจะเป็นจากพื้นที่ใต้กราฟของการแจกแจงแบบ Chi-Square ที่องศาความเป็นอิสระ  $a-1$

## 2.2 การแปลงข้อมูล (Transformation)

กรณีที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นข้อที่ 1 คือ ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบ Normal จะต้องมีการแปลงข้อมูลดังกล่าว เพื่อให้การแจกแจงของข้อมูลเป็นการแจกแจงแบบ Normal วัตถุประสงค์ในการแปลงข้อมูล คือ

1. ทำให้ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (error variance) เท่ากัน
2. เพื่อให้การแจกแจงของข้อมูลเป็นการแจกแจงแบบ Normal
3. เพื่อทำให้เกิดความเป็นบวก

ซึ่งวิธีการแปลงข้อมูลที่ใช้กันบ่อย ๆ คือ

### 1. การแปลงข้อมูลโดยใช้ลอการิทึม (The Logarithm Transformation)

เราจะใช้วิธีการนี้ต่อเมื่อความแปรปรวนเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม นั่นคือ  $S_i^2 / \bar{X}_i^2 = c$  ( $c$  เป็นค่าคงที่) หรืออาจกล่าวได้ว่า สอนเบียงเบนมาตรฐานเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม  $S_i / \bar{X}_i = c$  ในการแปลงข้อมูลชนิดนี้กระทำโดยการหาค่า  $\log$  ฐาน 10 ของข้อมูลแต่ละตัว ( $\log X : X$  คือ ข้อมูลเดิมที่ยังไม่ทำการแปลง) ถ้าข้อมูลหรือค่าสังเกตบางค่าเป็น 0 และมีจำนวนน้อย ควรใช้  $\log(X+1)$

### 2. การถอดรากที่สอง (Square Root Transformation)

เป็นการถอดรากที่สองของข้อมูล ซึ่งใช้ในกรณีที่ข้อมูลได้จากการนับ เช่นจำนวนสัตว์ที่แสดงอาการต่าง ๆ ในการทดลอง ถ้ามีข้อมูลที่เท่ากับศูนย์ให้บวกด้วย 0.5 ลงในทุก ๆ ค่าของข้อมูลก่อนจะถอดรากที่สอง หรือใช้เมื่อความแปรปรวนกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มเป็นสัดส่วนกัน นั่นคือ  $S_i^2 / \bar{X}_i = c$  ( $c$  เป็นค่าคงที่)

### 3. การแปลงข้อมูลในรูปส่วนกลับของค่าซายน์ (Arcsine Transformation)

วิธีการแปลงข้อมูลแบบนี้ใช้กับข้อมูลที่เป็นค่าสัดส่วนหรือเป็นร้อยละ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม กับความแปรปรวน อยู่ในรูปของ  $S_i^2 = \bar{X}_i (1 - \bar{X}_i)$  ในกรณีนี้ควรใช้การแปลงในรูปของ  $\theta = \arcsin \sqrt{x}$  เมื่อ  $\theta$  คือค่าที่แปลงใหม่ และ  $X$  คือข้อมูลเดิม

### 4. การแปลงข้อมูลในรูปกลับเศษส่วน (Reciprocal Transformation)

ถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของค่าเฉลี่ย  $S_i / \bar{X}_i^2 = c$  ( $c$  เป็นค่าคงที่) ควรใช้การแปลงในรูปของ  $\theta = 1/X$  เมื่อ  $\theta$  คือค่าที่แปลงใหม่ และ  $X$  คือข้อมูลเดิม

## 2.3 Incomplete Block Design

จุดประสงค์สำคัญในการเลือกใช้แผนการทดลองบล็อกไม่สมบูรณ์นั้น ก็เพื่อที่จะจัดกลุ่มของการทดลองให้ภายในแต่ละกลุ่ม หรือ บล็อกมีความสม่ำเสมอ (Uniformity) กันมากที่สุด หรืออีกนัยหนึ่งคือพยายามให้ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลอง (ซึ่งยังไม่ได้สุ่มจัดสิ่งของลงไป) มีน้อยที่สุด ดังนั้น ผู้ทดลองจะสามารถจัดอิทธิพลอื่นๆ ที่ไม่ใช่อิทธิพลจากทรีตเมนต์ (ทรีตเมนต์) ออกจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง มีผลให้ความคลาดเคลื่อนมีขนาดเล็กลง หรือการทดลองมีประสิทธิภาพสูงขึ้นนั่นเอง หลักการจัดบล็อกนี้มีความสำคัญอย่างมากอย่างหนึ่งในการทดลอง แต่ทว่าแผนการทดลองประเภทบล็อกผสมสมบูรณ์ อย่างเช่น บล็อกสุ่มสมบูรณ์ หรือ ลาดินสแควร์ มีข้อจำกัดในตัวเองกล่าวคือ ในแต่ละบล็อกต้องมีให้ครบทุกทรีตเมนต์ ดังนั้น กรณีที่มีทรีตเมนต์มากๆ ซึ่งจะพบเสมอในการทดลองบางประเภท อาทิเช่น งานปรับปรุงพันธุ์พืชที่มีพันธุ์พืชจำนวนมาก ๆ หรืองานประเภทอื่นๆ ก็ตาม ทำให้ต้องใช้บล็อกที่มีขนาดใหญ่มาก และหากเป็นการทดลองแบบบล็อกผสมสมบูรณ์นั้น จะทำให้ภายในแต่ละบล็อกไม่สม่ำเสมอ จากความจริงหรือลักษณะทางธรรมชาติโดยทั่วไป โอกาสที่จะเลือกบล็อกขนาดใหญ่ที่มีความสม่ำเสมอกันนั้นเป็นไปได้ยาก หรือเป็นไปได้เลย

อนึ่ง งานทดลองบางประเภทนั้นมีข้อจำกัดของบล็อกต่ำมาก เช่น การตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรส (flavor) ของการบริโภคโดยใช้ผู้ชิม พบว่า ผู้ชิมจะแยกความแตกต่างได้ดี (สม่ำเสมอ) หากใช้ตัวอย่างในการตรวจสอบไม่มากไปกว่า 5-6 ตัวอย่าง

จากความเป็นจริงทั้งหลายเพื่อความเหมาะสมต่อการปฏิบัติการทดลอง และเป็นไปได้ดังกล่าวมาข้างต้นนั้นจะเห็นได้ว่า ขนาดของบล็อกมีขีดจำกัดทำให้ไม่สามารถที่จะใช้แผนการสุ่มตัวอย่างประเภทบล็อกสุ่มสมบูรณ์ได้อย่างมีความถูกต้อง มีประสิทธิภาพ เนื่องจากหลักเกณฑ์การจัดบล็อกนั้นภายในแต่ละบล็อกจะต้องมีความสม่ำเสมอทั่วกัน เป็นเหตุให้ผู้ทดลองจำเป็นอย่างที่จำเป็นต้องใช้แผนการทดลองที่ทุกบล็อกมีไม่ครบทุกทรีตเมนต์ แผนการทดลองประเภทนี้เรียกว่า แผนการทดลองบล็อกไม่สมบูรณ์ (Incomplete Block Design) ซึ่งนำเสนอโดย Yates (1936) เป็นคนแรก ต่อมาผู้เสนอแผนการทดลองประเภทบล็อกไม่สมบูรณ์แบบต่างๆ อีกหลายท่าน แผนการทดลองเหล่านี้มีรากฐานหรือการจัดบล็อกและทรีตเมนต์มาจาก บล็อกสุ่มสมบูรณ์ และ ลาดินสแควร์ เป็นส่วนใหญ่ เพียงแต่ที่ไม่มีครบทุกทรีตเมนต์ในบล็อกหนึ่งๆ รายละเอียดวิธีการจัดบล็อกและทรีตเมนต์ต่างกันไปตามแต่ละแผนการทดลอง

## 2.4 แผนการทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์ ( Balanced Incomplete Block design )

แผนการทดลองประเภทนี้ หมายถึง แผนการทดลองที่มีการจัดให้ “ทรีตเมนต์แต่ละคู่ปรากฏร่วมกันในบล็อกเป็นจำนวนครั้งที่เท่ากัน” หากจะตั้งเป็นหลักเกณฑ์พิจารณาให้ชัดเจนจะได้ดังนี้

1. ในแต่ละบล็อกไม่สมบูรณ์จะประกอบด้วยจำนวนหน่วยทดลองเท่ากัน
2. ทรีตเมนต์แต่ละสิ่งปรากฏร่วมกันในบล็อกเป็นจำนวนครั้งที่เท่ากัน ซึ่งจำนวนครั้งหรือ

$$\lambda \text{ หาได้จากสูตรนี้ } \lambda = \frac{r(k-1)}{(t-1)}$$

3. จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด หาได้ดังนี้  $tr = bk$

เมื่อ  $t$  คือ จำนวนทรีตเมนต์

$r$  คือ จำนวนซ้ำ

$k$  คือ จำนวนทรีตเมนต์ต่อบล็อก หรือจำนวนหน่วยทดลองต่อบล็อก ซึ่ง  $k \leq (t-1)$  เสมอ

$b$  คือ จำนวนบล็อก

$\lambda$  คือ จำนวนครั้งที่ทรีตเมนต์แต่ละคู่ปรากฏร่วมกันในบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปเหตุผลที่ใช้การทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์แบบสมดุลย์

1. จำนวนการทดลองต่อบล็อกที่เหมาะสม และ เป็นไปได้มีจำนวนน้อยกว่าจำนวนทรีตเมนต์ที่จะใช้ในการทดลอง
2. จำนวนทรีตเมนต์มีมากจะกระทั่งไม่สามารถที่จะหาบล็อกซึ่งจัดทรีตเมนต์ได้ครบใน 1 บล็อก โดยที่หน่วยทดลองทั้งหมดภายในบล็อกมีความสม่ำเสมอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน

### 2.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F-Test (จากหนังสือของ Cochran & Cox)

#### สมมติฐาน

$H_0$  : ทุก ทรีทเมนต์ มีอิทธิพลเท่ากัน

$H_1$  : มีอย่างน้อย 1 ทรีทเมนต์ ที่แตกต่างกัน

#### ขั้นตอนในการคำนวณ

1. จัดตารางใหม่พร้อมกับหาค่าต่างๆ ที่จะใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนดัง  
แสดงในตาราง

ทรีทเมนต์	$T_i$	$B_t$	$Q_i$	$W_i$	$T_i = \text{adjusted total}$
1					
2					
3					
:					
ผลรวม	(G.T.)	$(k \times G.T.)$			

$$\lambda = \frac{r(k-1)}{(t-1)}$$

$$tr = bk$$

$$W_i = (t-k)T_i - (t-1)B_t + (k-1)G.T.$$

$$Q_i = kT_i - B_j$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

- $\lambda$  คือ จำนวนซ้ำของคู่ของทรีตเมนต์ที่ปรากฏร่วมกัน
- $r$  คือ จำนวนซ้ำ
- $t$  คือ จำนวนทรีตเมนต์
- $b$  คือ จำนวนบล็อก
- $N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด
- $k$  คือ จำนวนทรีตเมนต์ต่อบล็อก
- $T_i$  คือ ผลรวมของทรีตเมนต์แต่ละสิ่ง
- $B_t$  คือ ผลรวมของทุกบล็อกที่ทรีตเมนต์นั้นปรากฏ

2. หาค่า Sum of squares โดย

$$C.F. = \frac{(\text{ผลรวมทั้งหมดในการทดลอง})^2}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}}$$

$$\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด} = (\text{จำนวนซ้ำ}) \times (\text{จำนวนทรีตเมนต์})$$

$$\text{Total SS} = \text{ผลบวกของ (ข้อมูลทุกตัว)}^2 - C.F.$$

$$\text{Treatments SS (unadj.)} = \text{ผลบวกของ (ผลรวมของแต่ละทรีตเมนต์)}^2 - C.F.$$

$$\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวม} = \text{จำนวนซ้ำ}$$

$$\text{Blocks SS ( adj. )} = \frac{\left( \sum_i w_i^2 \right)}{rt(t-k)(k-1)}$$

$$\text{Intrablock SS} = \text{Total SS} - \text{Tr. SS( unadj. )} - \text{Block SS ( adj. )}$$

3. แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Treatment ( unadj. )	a - 1	SS <sub>Treatment unadj</sub>	
Blocks ( adj. )	b - 1	SS <sub>Blocks</sub>	E <sub>b</sub>
Intrablock	N - a - b + 1	SST - SS <sub>Treatment unadj</sub> - SS <sub>Block</sub>	E <sub>e</sub>
Total	N - 1	SST	

• โดยที่

$E_b$  คือ Mean Square Error ( Block )

$E_e$  คือ Mean Square Error

4. คำนวณตัวปรับค่า,  $\mu$

$$\mu = \frac{(b-1)(E_b - E_e)}{t(k-1)(b-1)E_b + (t-k)(b-t)E_e}$$

หาก  $E_b \leq E_e$  ไม่ต้องหาค่า  $\mu$  และอาจวิเคราะห์แบบบล็อกผสมสมบูรณ์

5. คำนวณผลรวมของแต่ละทรีตเมนต์ที่ได้รับอิทธิพลของบล็อกออกแล้ว  $T'$

$$T'_i = T_i + \mu W_i$$

6. หาค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ที่ได้ปรับค่าแล้ว

$$\bar{T}'_i = \frac{T'_i}{r}$$

7. คำนวณหาค่า Adjusted Treatment Totals SS

$$\text{Adj. Tr Totals SS} = \text{ผลบวกของ(ผลรวมของทรีตเมนต์ที่ปรับค่าแล้ว)}^2 - \text{C.F. จำนวนซ้ำ}$$

8. หา Adjust ทรีตเมนต์ Total MS = Adj. Tr. Total SS / (df)

9. หา Effective Error MS,  $E'_e = E_e [1 + (t-k)\mu]$

10. ทำ F-test

**2.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย F - Test** ( จากหนังสือ Design and Experiment : Douglas C. Montgomery )

สมมติฐาน

$H_0$  : ทุก ทรีตเมนต์ มีอิทธิพลเท่ากัน

$H_1$  : มีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนต์ ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ขั้นตอนในการคำนวณ

1. คำนวณค่าสถิติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

$$\lambda = \frac{r(k-1)}{(a-1)}$$

โดยที่

$\lambda$  คือ จำนวนซ้ำของคู่ของทรีทเมนต์ที่ปรากฏร่วมกัน ซึ่งต้องมีค่าเป็นจำนวนเต็ม

$r$  คือ จำนวนซ้ำ

$a$  คือ จำนวนทรีทเมนต์

$k$  คือ จำนวนทรีทเมนต์ต่อ 1 บล็อก

2. หาค่า Sum of squares โดย

$$\text{Total SS} = \sum_i \sum_j x_{ij}^2 - \left(\frac{X_{..}^2}{N}\right)$$

โดยที่  $x_{ij}$  คือ ค่าสังเกตที่ ทรีทเมนต์ ที่  $i$  บล็อกที่  $j$

$X_{..}$  คือ ค่าผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด

$N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด =  $a \times r$

$$\text{Block SS} = \sum_{j=1}^b \frac{x_{.j}^2}{k} - \frac{x_{..}^2}{N}$$

โดยที่  $x_{.j}$  คือ ค่าผลรวมของบล็อกที่  $j$

$$\text{Treatment SS (adj.)} = \frac{k \sum_{i=1}^a Q_i^2}{\lambda a}$$

$$\text{โดยที่ } Q_i = x_{.i} - \frac{1}{k} \sum_{j=1}^b n_{ij} x_{.j} \quad i = 1, \dots, a$$

ถ้า ทรีทเมนต์ ที่  $i$  ปรากฏในบล็อกที่  $j$  แล้ว  $n_{ij}$  จะเท่ากับ 1 และถ้า ทรีทเมนต์ ที่  $i$  ไม่ปรากฏในบล็อกที่  $j$  แล้ว  $n_{ij}$  จะเท่ากับ 0

$$\text{SSE} = \text{SST} - \text{SS}_{\text{Treatment Adj.}} - \text{SS}_{\text{Block}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

Source Of Variation	Sum Of Squares	Degrees Of Freedom	Mean Square
ทรีทเมนต์ส(adj)	$\frac{k \sum Q_i^2}{\lambda a}$	a - 1	$\frac{SS_{\text{Treatments(adjusted)}}}{a - 1}$
Blocks	$\sum \frac{x_{.j}^2}{k} - \frac{x_{..}^2}{N}$	b - 1	$\frac{SS_{\text{Blocks}}}{b - 1}$
Error	$SS_E$ (by subtraction)	N - a - b + 1	$\frac{SS_E}{N - a - b + 1}$
Total	$\sum \sum x_{ij}^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$	N - 1	

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสถิติทดสอบ คำนวณได้ดังนี้

$$F_0 = \frac{MS_{\text{Treatment(adjusted)}}}{MS_E}$$

การตัดสินใจ

จะตัดสินใจปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  ถ้าค่า  $F_0$  มากกว่าค่า  $F_{\alpha, a-1, N-a-b+1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 วิธีการทางนอนพาราเมตริกด้วยวิธีของDurbin (The Durbin test for incomplete block designs)

บางครั้งจะพบว่า ในการสร้างการทดลองขึ้นมา ไม่สามารถจะใช้แผนแบบบล็อกแบบสมบูรณ์ได้ (นั่นคือ มีทุกทรีตเมนต์ในแต่ละบล็อก) ตัวอย่างเช่น การทดลอง 7 ทรีตเมนต์กับสัตว์โดยใช้คอก (Litter) แทนบล็อก ถ้าใช้บล็อกแบบสมบูรณ์ เราต้องใช้คอกที่มี 7 ตัว ทุกคอก อาจเสี่ยงมาใช้แผนแบบบล็อกแบบไม่สมบูรณ์ได้ เช่น ในแต่ละคอกใช้สัตว์เพียง 3 ตัว หรือมีเวลาให้ชิมถึง 20 ชนิด ผู้ชิมแต่ละคน (บล็อก 1 บล็อก) คงไม่สามารถให้ลำดับ 1-20 ได้ แต่อาจให้ชิมเพียงคนละ 5 ชนิด จะปฏิบัติได้ง่ายกว่า

ในที่นี้จะศึกษา Balanced incomplete block design ซึ่งทุกคู่ ของทรีตเมนต์จะปรากฏจำนวนซ้ำเท่ากัน (every possible pair of ทรีตเมนต์'s appears the same number of times) ถ้ากำหนดจำนวนทรีตเมนต์เป็น  $t$  และจำนวนบล็อกเป็น  $b$  ในแต่ละบล็อกจะมีจำนวนค่าสังเกตเท่ากัน คือ  $k$  ซึ่ง  $k < t$  และแต่ละทรีตเมนต์จะเกิดขึ้นด้วยจำนวนเท่ากัน คือ  $r$  ซึ่ง  $r < b$  ดังตัวอย่างที่ใช้ครอกสัตว์เป็นบล็อกด้วยขนาด 3 ทดลองกับทรีตเมนต์ 7 แบบ จะแสดง Layout ที่เป็นไปได้ซึ่งจะเป็นไปตาม Balanced incomplete block design

Block	ทรีตเมนต์						
	A	B	C	D	E	F	G
1	x	x		x			
2		x	x		x		
3			x	x		x	
4				x	x		x
5	x				x	x	
6		x				x	x
7	x		x				x

ตัวอย่างนี้  $t = 7$  และ  $r = 3, b = 7, k = 3$

คือ ทุกคู่ของทรีตเมนต์เกิดขึ้นครั้งเดียว ในแต่ละบล็อกมี 3 หน่วยทดลอง และแต่ละทรีตเมนต์เกิดขึ้น 3 ครั้งเท่ากัน หากใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีทางพาราเมตริก จำเป็นต้องมีข้อกำหนดว่าประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีการแจกแจงแบบ Normal ดังนั้น การทดสอบของDurbinจะสามารถใช้ทดแทนได้ดีกว่าและ การวิเคราะห์ก็ง่ายกว่ารวมทั้งข้อมูลมีมาตราวัดแบบเรียงลำดับก็สามารถวิเคราะห์ได้ ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. บล็อกเป็น Mutually independent กัน
2. ค่าสังเกตภายในแต่ละบล็อก สามารถเรียงลำดับได้ตามขนาด

### สมมติฐาน

$H_0$ : ทุกทรีตเมนต์มีอิทธิพลเท่ากัน

$H_1$ : มีอย่างน้อย 1 ทรีตเมนต์ที่แตกต่างกัน

ตัวสถิติทดสอบ ภายในบล็อก ให้เรียงลำดับค่าสังเกตจากน้อยไปหามาก (ค่า Tie อาจเกิดได้)

$$T = \frac{12(t-1)}{rt(k-1)(k+1)} \sum_{j=1}^t R_j^2 - \frac{3r(t-1)(k+1)}{k-1}$$

เมื่อ

$t$  = จำนวนของทรีตเมนต์

$k$  = จำนวนของหน่วยทดลองภายในแต่ละบล็อก ( $k < t$ )

$r$  = จำนวนครั้งที่แต่ละทรีตเมนต์จะเกิดขึ้น

$R_j$  = ผลรวมของอันดับของทรีตเมนต์ที่  $j$

ถ้า  $H_0$  เป็นจริง  $R_j$  จะมีค่าใกล้เคียงกัน ถ้า  $H_1$  เป็นจริงค่า  $T$  จะใหญ่ (เนื่องจาก  $R_j$  จะแตกต่างกัน)

### การตัดสินใจ

จะตัดสินใจปฏิเสธ  $H_0$  ที่ระดับนัยสำคัญ  $= \alpha$  ถ้าค่า  $T_{คำนวณ} > \chi^2_{\alpha, t-1}$  ค่า  $\chi^2$  จะเป็นค่าประมาณที่ดี ถ้าค่า  $r$  มีจำนวนมาก

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุดิมา อธิษฏกกาญจน์ ได้ทำวิทยานิพนธ์เรื่องการเปรียบเทียบระเบียบวิธีการทดสอบความแตกต่าง ระหว่างมัชฌิมของประชากร เมื่อใช้การทดสอบโดยการสุ่มและการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยเปรียบเทียบการทดสอบความแตกต่างระหว่างมัชฌิมของประชากรสองประชากร เมื่อขนาดตัวอย่างหรือจำนวนซ้ำของข้อมูล 2 ชุดเท่ากัน ด้วยวิธีทดสอบโดยสุ่มกับวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงผลของการทดสอบความแตกต่างระหว่างมัชฌิมของประชากรสองประชากร เมื่อลดขนาดตัวอย่างหรือจำนวนซ้ำลงด้วยวิธีทดสอบโดยสุ่ม ในการศึกษาวิจัยนี้ได้นำข้อมูล ซึ่งใช้วิธีสุ่มตัวเลขจากตารางเลขสุ่ม หรือนำมาจากผลการทดลองที่ใช้เป็นตัวอย่างเกี่ยวกับการทดสอบความแตกต่างระหว่างมัชฌิมของสองประชากร โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนจากตำราสถิติบางเล่มมาวิเคราะห์ จากผลที่ได้จากการวิจัยอาจสรุปได้ว่า วิธีการทดสอบโดยสุ่มนั้น สามารถให้ผลการทดสอบที่เชื่อถือได้โดยไม่ต้องมีข้อกำหนด หรือวิธีการทางสถิติที่ยังยากกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน ส่วนการทดสอบโดยสุ่มเมื่อลดขนาดตัวอย่างหรือจำนวนซ้ำในแต่ละประชากรลงนั้น สามารถให้ผลการทดสอบที่เชื่อถือได้ในกรณีที่ผลการทดสอบเป็นปฏิเศษสมมติฐานว่างนั้น จะเชื่อถือได้น้อยมาก เนื่องจากผู้วิเคราะห์ข้อมูลไม่สามารถคาดการณ์ถึงผลการทดสอบได้ล่วงหน้า ดังนั้นการใช้การทดสอบโดยสุ่มในการทดสอบความแตกต่างระหว่างมัชฌิมของสองประชากร เมื่อลดขนาดตัวอย่างหรือจำนวนซ้ำในแต่ละประชากรลงจึงไม่น่าเชื่อถือ

พลท ศักดิ์กะทัศน์ ได้ทำการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 3 วิธี คือวิธี Unrestricted LSD(U-LSD) วิธี Bonferroni (Dunn) T-test(Bon) และ Murphys Gap LSD(MG-LSD) โดยข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Normal มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชัน โดยจำลองการทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1000 รอบ สำหรับแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดในการคำนวณหาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ โดยมีจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 2 ถึง 10 ทั้งแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ และจำนวนซ้ำมี 4 ระดับ คือ 5, 10, 15 และ 20 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และจำนวนบล็อกมี 3 ระดับ คือ 5, 7 และ 10 ในแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิจัยสรุปผลได้ดังนี้ วิธี Murphys Gap LSD เหมาะสำหรับแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 2 ถึง 5 และเหมาะสำหรับแบบแผนการทดลอง แบบบล็อก สุ่มสมบูรณ์ เมื่อจำนวนทรีตเมนต์เท่ากับ 2 ถึง 8 ส่วนวิธี Unrestricted LSD เหมาะสำหรับแผน การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อจำนวนทดลองเท่ากับ 6 ถึง 10 แต่เมื่อแผนการทดลองเป็นแบบบล็อก สุ่มสมบูรณ์กรณีที่ทรีตเมนต์เท่ากับ 9 ถึง 10 ปรากฏว่าทั้ง 3 วิธีดังกล่าวไม่มีวิธีใดที่เหมาะสมที่ จะใช้ในการทดสอบ

นันทา วงษ์วิโรจน์ ได้ทำการวิจัยเรื่อง สถิติทดสอบที่มีความแกร่งสำหรับทดสอบความ เท่ากันของค่าเฉลี่ยประมาณ โดยเปรียบเทียบสถิติทดสอบที่มีความแกร่งสำหรับทดสอบความเท่า กันของค่าเฉลี่ยประชากรโดยใช้สถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST สถิติ ทดสอบแบบ Trimmed W และสถิติทดสอบแบบ Trimmed F โดยจะศึกษากรณีที่ประชากรทั้ง 3 ชุด มีการแจกแจงแบบเดียวกัน คือ แจกแจงแบบ Normal และการแจกแจงแบบ Normalปลอมปน ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาแบ่งเป็น 2 กรณีคือ ตัวอย่างเท่ากัน และไม่เท่ากัน สำหรับข้อมูลที่ใช้ ในการทดลองครั้งนี้จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เทคนิคมอนติคาร์โล ซึ่งกระทำซ้ำกัน 1000 ครั้ง ในแต่ละกรณี

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ความแกร่งของการทดสอบ โดยพิจารณาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 พบว่า การแจกแจงของประชากร ขนาดตัวอย่าง อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน เปอร์เซนต์ของการตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง และระดับนัยสำคัญมีผลต่อ ความแกร่งของการทดสอบ

2. อำนาจของการทดสอบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงเป็นแบบ Normal ที่มีค่า อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากันทุกประการแล้วสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST จะมีอำนาจการทดสอบสูงในทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญที่ศึกษา แต่เมื่อประชากรมีการ แจกแจงเป็นแบบ Normalปลอมปน สถิติทดสอบแบบ Trimmed W และ Trimmed F จะให้ค่า อำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST ซึ่งการเลือกใช้สถิติทดสอบแบบ Trimmed W หรือ Trimmed F นั้นพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน อัตราส่วนของค่าเฉลี่ย และเปอร์เซนต์การตัดข้อมูลปลายหางของการแจกแจง จะมีผล ต่ออำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่า อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีที่มากที่สุด เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นคงที่ คือ อัตราส่วน ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ส่วนปัจจัยที่มีผลกระทบรองลงมาคือ ลักษณะการแจก

แจกแจงประชากร ขนาดตัวอย่าง เปอร์เซนต์การต่อข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง (g) และระดับนัยสำคัญตามลำดับ

สมชาย ยืนนาน ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาโดยวิธีมอนติคาร์โล เปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนระหว่างประชากรสองกลุ่ม โดยเปรียบเทียบสถิติที่ใช้ทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนระหว่างประชากรสองกลุ่ม ของการทดสอบ 5 วิธีคือ 1) การทดสอบเอฟ (F test) 2) การทดสอบคล็อทซ์ (Klotz test) 3) การทดสอบมู้ดู (Mood test) 4) การทดสอบสแควร์เรงค์ (Squared ranks test) 5) การทดสอบทูกี้ - ซีเกล (Turkey - Siegel test) โดยจะศึกษาอำนาจของการทดสอบและความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบทั้ง 5 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบ Normal แบบยูนิฟอร์ม และแบบโลจิสติก และศึกษาเปรียบเทียบเฉพาะการทดสอบเอฟ และการทดสอบสแควร์เรงค์ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ ซึ่งศึกษาในกรณีที่มีความเบ้มีค่าอยู่ในช่วง  $[-.25, 1.0]$  และความโด่งอยู่ในช่วง  $[2.8, 4.2]$  ขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาแบ่งเป็น 2 กรณี คือ ขนาดของตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเท่ากันคือ 10, 15 และ 20 และขนาดของตัวอย่างทั้งสองกลุ่มไม่เท่ากันคือ (5:10) (5:15) และ (5:20) สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล และกระทำซ้ำกัน 1000 ครั้งในแต่ละกรณี

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้คือ

1. อำนาจของการทดสอบ : เมื่อประชากรมีการแจกแจง Normal การทดสอบเอฟเป็นการทดสอบที่มีอำนาจของการทดสอบสูง เมื่อเทียบกับการทดสอบอื่น ๆ ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างเท่ากัน แต่ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างไม่เท่ากัน โดยส่วนมากแล้วการทดสอบสแควร์เรงค์ ( $\mu$ ) มีอำนาจของการทดสอบสูงกว่าการทดสอบเอฟ เมื่ออัตราส่วนของความแปรปรวน ( $\sigma_2^2/\sigma_1^2$ ) ของประชากรมากกว่า 1 แต่เมื่ออัตราส่วนของความแปรปรวน ( $\sigma_2^2/\sigma_1^2$ ) ของประชากรน้อยกว่า 1 การทดสอบเอฟมีอำนาจของการทดสอบสูงที่สุด

สำหรับกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม การทดสอบสแควร์เรงค์ ( $\mu$ ) และการทดสอบคล็อทซ์ มีอำนาจของการทดสอบสูงเมื่อเทียบกับการทดสอบอื่น ๆ และเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติก การทดสอบสแควร์เรงค์ มีอำนาจของการทดสอบสูงเมื่อเทียบกับการทดสอบอื่น ๆ

ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ ซึ่งเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบเอฟ และการทดสอบสแควร์เรงค์ เฉพาะกรณีที่การทดสอบทั้งสองวิธีควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่ากัน ซึ่งจากการเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบทั้งสองวิธี ปรากฏว่า ในกรณีที่ขนาด

ของตัวอย่างเท่ากัน โดยส่วนมากแล้วการทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการทดสอบ สแควร์แรงค์ สำหรับกรณีที่ขนาดของตัวอย่างไม่เท่ากัน การทดสอบสแควร์แรงค์ มีอำนาจของ การทดสอบสูงกว่าการทดสอบเอฟ เมื่ออัตราส่วนของความแปรปรวนของประชากรมากกว่า 1 แต่ เมื่ออัตราส่วนของความแปรปรวนของประชากรน้อยกว่า 1 การทดสอบเอฟมีอำนาจของการ ทดสอบสูงกว่า

2. ความแกร่งของการทดสอบ : พิจารณาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบ้ ปรากฏว่าความโค้งของประชากรมีผลต่อความแกร่งของ การทดสอบเอฟมากกว่า ความเบ้ในขณะที่ความเบ้และขนาดของตัวอย่างมีผลต่อความแกร่งของ การทดสอบสแควร์แรงค์ มากกว่าความโค้ง

**ศิริลักษณ์ ติไพบูลย์** ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล จากแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติของการวิเคราะห์ความ แปรปรวน โดยต้องการเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธีการทดสอบของฟรீดแมน กับวิธีการ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก เมื่อข้อมูลไม่เป็นไป ตามข้อสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ว่า อิทธิพลของทรีทเมนต์และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นแบบบวก ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกัน มีลักษณะการ แจกแจงแบบ Normal ที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และมีความแปรปรวนเป็น  $\sigma^2$  ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้สร้างตัวอย่างข้อมูล โดยสมมติให้ข้อมูลเหล่านี้มีลักษณะไม่เป็นไปตามข้อสมมติของการ วิเคราะห์ ความแปรปรวน 2 แบบ คือ

1. ข้อมูลแบบหุนผลคูณ ข้อมูลลักษณะนี้มีค่าลอคการิทึมของค่าความคลาดเคลื่อนของ การทดลองเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกัน มีลักษณะการแจกแจงแบบ Normal ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น ศูนย์และมีความแปรปรวนเป็น  $\sigma^2$  แต่มีอิทธิพลของทรีทเมนต์และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นแบบผล คูณ

2. ข้อมูลแบบหุนผลบวก ข้อมูลนี้จะมีอิทธิพลของทรีทเมนต์และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นแบบ บวก ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกัน มีลักษณะการแจกแจง แบบ Normal ที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ แต่มีค่าความแปรปรวนของแต่ละทรีทเมนต์ไม่เท่ากัน

นำข้อมูลทั้งสองแบบนี้มาแปลงข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติของ การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้วิธีการแปลงเป็นค่าลอคการิทึมการแปลงเป็นค่าอาร์คไซน์ และการแปลงเป็นค่ารากที่สอง ภายหลังการแปลงข้อมูลแล้ว จึงวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบ สมมติฐานที่ต้องการโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ข้อมูลชุดดังกล่าวที่ยังไม่ได้

แปลงข้อมูล โดยวิธีการทดสอบของฟริตแมน เพื่อเปรียบเทียบว่าวิธีทั้งสองนี้จะให้ผลการทดสอบที่ตรงกันเป็นสัดส่วนเท่าใด

ผลจากการทดสอบสำหรับข้อมูลแบบหุนผลคูณที่สร้างขึ้นจำนวน 112 ชุด มีข้อมูลจำนวน 95 ชุด ที่มีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ณ ระดับนัยสำคัญ 0.10 , 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลมาแปลงแล้ว ปรากฏว่า วิธีการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมคือ การแปลงเป็นค่าลอการิทึม ( $x + 1$ ) และภายหลังจากการแปลงข้อมูลจำนวน 95 ชุดแล้ว มีข้อมูลที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อสมมติ จำนวน 86 , 87 และ 94 ชุด ณ ระดับนัยสำคัญทั้งสามตามลำดับ ข้อมูลที่แสดงผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของบล็อก โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนตรงกันกับวิธีของการทดสอบของฟริตแมน มีจำนวน 82 , 78 และ 72 ชุด ณ ระดับนัยสำคัญทั้งสามตามลำดับ และมีข้อมูลที่แสดงผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ โดยวิธีการทดสอบทั้งสองวิธีให้ผลการทดสอบตรงกัน จำนวน 81 , 79 และ 71 ชุด ณ ระดับนัยสำคัญทั้งสามตามลำดับ เมื่อนำค่าสัดส่วนของผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของบล็อกที่ตรงกัน มาทดสอบว่าค่าสัดส่วนที่คาดว่าจะเป็นครมมีค่าเท่าใด ณ ระดับนัยสำคัญทั้งสามพบว่า จากข้อมูล ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำนวน 72 ชุด ค่าสัดส่วนที่คาดว่าจะเป็นครมจะมีค่าถึง 0.95 จากข้อมูล ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำนวน 78 ชุด ค่าสัดส่วนที่คาดว่าจะเป็นครมจะมีค่าเท่ากับ 0.90 และจากข้อมูล ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำนวน 72 ชุด ค่าสัดส่วนที่คาดว่าจะเป็นครมจะมีค่าเท่ากับ 0.80 สำหรับผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์พบว่า จากข้อมูล ณ ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำนวน 81 ชุด ค่าสัดส่วนที่คาดว่าจะเป็นครมจะมีค่าถึง 0.95 จากข้อมูล ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำนวน 79 ชุด ค่าสัดส่วนที่คาดว่าจะเป็นครมจะมีค่าเท่ากับ 0.90 และจากข้อมูล ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำนวน 71 ชุด ค่าสัดส่วนที่คาดว่าจะเป็นครมจะมีค่าเท่ากับ 0.80

สำหรับข้อมูลแบบหุนผลบวกที่สร้างขึ้นจำนวน 100 ชุด มีจำนวน 96 ชุด ที่มีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อนำข้อมูลมาแปลงแล้วปรากฏผลว่าวิธีการแปลงข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลที่สร้างขึ้นมานี้ได้ ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบวิธีการทดสอบโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับ วิธีทดสอบของฟริตแมน จึงนับได้ว่าวิธีการทดสอบโดยวิธีฟริตแมน นอกจากจะให้ผลการทดสอบที่ตรงกับวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังผลการทดสอบข้างต้นแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ได้ทุกกรณีโดยต้องการเพียงข้อสมมติว่า ประชากรมีฟังก์ชันของการแจกแจงเป็นแบบต่อเนื่อง แต่วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะให้ได้ผลถูกต้องต่อเมื่อข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยจะมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดเงื่อนไขและสถานการณ์ต่าง ๆ ให้กับตัวอย่างที่มีการแจกแจงที่สนใจ เพื่อให้เปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ และอำนาจการทดสอบ ของตัวสถิติทดสอบ ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าว แบ่งเป็น

จำนวน ทริตเมนต์	จำนวน Block	จำนวนซ้ำของคู่ของทริตเมนต์ที่ปรากฏร่วมกัน ( $\lambda$ )
10	10	8
10	18	4
15	15	4
15	15	13

ความแปรปรวน = 50, 100 และ 150

โดยที่อิทธิพลของบล็อก มีค่าดังต่อไปนี้

จำนวนบล็อก 10 คือ  $\{-1, 8, 1, -8, 4, -4, -10, 10, -6, 6\}$

จำนวนบล็อก 15 คือ  $\{-1, 8, 1, -8, 4, -4, -10, 10, -6, 6, -3, 3, 0\}$

จำนวนบล็อก 18 คือ  $\{-1, 8, 1, -8, 4, -4, -10, 10, -6, 6, -3, 3, 0, -5, 5, -7, 9, -2\}$

2. สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองข้อมูลให้มีความคลาดเคลื่อนเป็นการแจกแจงแบบต่าง ๆ ตามที่กำหนด คือ

การแจกแจงแบบ Normal

การแจกแจงแบบ Exponential

การแจกแจงแบบ Log Normal

3. สร้างข้อมูลให้เป็นไปตามแผนแบบการทดลอง บล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์แบบสมดุลย์ ในทุกสถานการณ์ที่กำหนด โดยในการวัดความน่าจะเป็นของการเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะกำหนดให้ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยประชากร ( $H_0$  เป็นจริง) คือ

$$\tau_i = 0 \text{ ทุก } i$$

ในการวัดอำนาจการทดสอบจะกำหนดให้มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยประชากร ( $H_0$  เป็นเท็จ) แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

ระดับที่ A

ที่ขนาดทรีตเมนต์ = 10 มีอิทธิพลเป็น

{ 4, 1, -1, 2, -2, -4, 0.5, -0.5, -1.5, 1.5 }

ที่ขนาดทรีตเมนต์ = 15 มีอิทธิพลเป็น

{ 4, 1, -1, 2, -2, -4, 0.5, -0.5, -1.5, 1.5, 3, -3, 0, -2.5, 2.5 }

ระดับที่ B

ที่ขนาดทรีตเมนต์ = 10 มีอิทธิพลเป็น

{ -2, 7, 2, -8, 8, -7, 5, -6, 6, -5 }

ที่ขนาดทรีตเมนต์ = 15 มีอิทธิพลเป็น

{ -2, 7, 2, -8, 8, -7, 5, -6, 6, -5, 1, -3, 3, -1, 0 }

โดยการจัดข้อมูลให้เป็นไปตามแผนแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ จะทำตามรูปแบบมาตรฐานการจัดทรีตเมนต์ แสดงในภาคผนวก

4. นำข้อมูลที่ได้จากการจำลองมาคำนวณตัวสถิติทดสอบสมมติฐาน

$H_0$ : ไม่มีความต่างกันของทรีตเมนต์

$H_1$ : มีความต่างกันของทรีตเมนต์อย่างน้อย 1 คู่

โดยจำแนกออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

4.1 การทดสอบด้วยสถิติ F ( ANOVA ) ถ้าข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบ Normal จะทำการแปลงข้อมูลให้มีการแจกแจงแบบ Normal ในการวิจัยนี้เลือกวิธีการแปลงด้วยวิธี Logarithm Transformation เนื่องจากเป็นวิธีที่ให้ผลดีที่สุดหลาย ๆ วิธีข้างต้น

#### 4.2 การทดสอบทางนอนพาราเมตริก ด้วยวิธีทดสอบของDurbin

5. ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น จะจำลองข้อมูลขึ้นมาทดสอบ 1000 ครั้งแล้วนับจำนวนครั้งที่ปฏิเสธ  $H_0$  เมื่อ  $H_0$  เป็นจริง สำหรับการหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 และ นับจำนวนครั้งที่ยอมรับ  $H_1$  เมื่อ  $H_1$  เป็นจริง สำหรับการหาอำนาจการทดสอบ
6. แสดงผลการทดสอบตัวสถิติ ในรูปแบบตาราง จำแนกได้ดังนี้

ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะทำตารางสรุปจำนวนครั้งที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ และอำนาจการทดสอบจะแสดงค่าความน่าจะเป็นที่ยอมรับ  $H_1$  เมื่อ  $H_1$  เป็นจริง ที่ได้จากการนับ

#### เทคนิคการจำลองตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่างข้อมูลจะใช้คอมพิวเตอร์จำลองข้อมูลขึ้นมา โดยดัดแปลงมาจากวิธีทางสถิติต่าง ๆ แยกตามประเภทการแจกแจง ดังนี้

จาก ตัวแบบอิทธิพลเจาะจงของแผนแบบทดลองบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ที่สมดุลย์

$$x_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

จะกำหนดค่า  $\mu$ , ค่าอิทธิพลของทรีตเมนต์ ( $\tau_i$ ) และ ค่าอิทธิพลของบล็อก ( $\beta_j$ ) เป็นค่าคงที่ สำหรับ ค่า  $\varepsilon_{ij}$  จะทำการจำลองขึ้นมาดังนี้

เมื่อนำค่าคงที่และค่าที่ได้จากการจำลองมารวมกัน จะได้ตัวแปรสุ่ม  $x_{ij}$  ที่มีการแจกแจงเป็นไปตามการแจกแจงของ  $\varepsilon_{ij}$  โดยมีอิทธิพลของบล็อก และ ทรีตเมนต์ปนอยู่ด้วย โดยหากต้องการให้ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากร จะกำหนดให้อิทธิพลของทรีตเมนต์ เป็น ศูนย์ ในทำนองเดียวกัน ถ้าต้องการให้มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรจะกำหนดให้อิทธิพลของ ทรีตเมนต์ มีความแตกต่างกัน

สำหรับ Inverse Transformation ทำได้โดย หา c.d.f. ของฟังก์ชันการแจกแจงโดยการอินทิเกรต p.d.f. แล้วปรับรูปให้เหลือ  $x$  อยู่ทางด้านซ้ายของสมการ และทางด้านขวาจะเป็นฟังก์ชันของ  $F(x)$  ซึ่งค่า  $F(x)$  (ค่าความน่าจะเป็นสะสม) จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ถ้าเราทำการสุ่มค่า  $F(x)$  นี้ แล้วนำไปแทนค่าในสมการที่ปรับแล้ว จะได้ตัวแปรสุ่ม  $x$  ที่มีการแจกแจงตาม p.d.f. ที่กำหนด ดังที่จะแสดงต่อไปนี้

### 1. การแจกแจงแบบ Normal จะใช้ทฤษฎี Central Limit

โดยหาผลรวมของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบ Uniform และค่าระหว่าง 0 ถึง 1  $n$  ค่า จะได้เลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบ Normal ซึ่งมีค่าเฉลี่ย  $n/2$  และ ความแปรปรวน 1 ถ้าต้องการให้มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนตามต้องการสามารถทำได้ดังนี้

$$X = (\text{SUM} - n/2) * \text{SD} + \text{MEAN}$$

$$X \quad \text{คือ} \quad \text{ตัวแปรสุ่ม} \sim N(\text{MEAN}, \text{SD}^2)$$

$$\text{SUM} \quad \text{คือ} \quad \text{ผลรวมเลขสุ่ม } n \text{ ตัว}$$

$$\text{SD} \quad \text{คือ} \quad \text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน}$$

$$\text{MEAN} \quad \text{คือ} \quad \text{ค่าเฉลี่ย}$$

ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปขนาด  $n$  ที่เหมาะสมจะเป็น 10 ถึง 12 สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่า  $n = 12$

### 2. การแจกแจง Exponential จะใช้ทฤษฎี Inverse Transformation

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}} \\ F(x) &= \int_0^x \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}} dx \\ F(x) &= -e^{-\frac{x}{\theta}} \Big|_0^x \\ F(x) &= -e^{-\frac{x}{\theta}} + 1 \\ e^{-\frac{x}{\theta}} &= 1 - F(x) \\ -\frac{x}{\theta} &= \ln(1 - F(x)) \\ x &= -\theta [\ln(1 - F(x))] \end{aligned}$$

ในการจำลองข้อมูลทำโดยสุ่มจำนวนจริงระหว่าง 0 ถึง 1 ที่มีการแจกแจงแบบ Uniform แทนค่าในสมการบรรทัดล่างสุด จะได้ตัวแปรสุ่ม  $x$  ที่มีการแจกแจงแบบ Exponential

**หมายเหตุ** การสุ่มตัวเลขที่มีการแจกแจงแบบ Uniform ทำได้ด้วยโปรแกรม Computer ที่แสดงไว้ในภาคผนวก

### 3. การแจกแจง Log Normal

สำหรับการสร้างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ Log Normal สามารถทำได้โดยการจำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ Normal ขึ้นมาก่อน จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไปแปลงด้วยฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียล จึงได้ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ Log Normal สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ให้  $Y$  เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบ Normal ด้วยค่าเฉลี่ย  $\mu$  และความแปรปรวน  $\sigma^2$

กำหนดให้  $Y = \ln x$

$\therefore x = e^Y$  ซึ่ง  $x$  จะเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบ Log Normal

ในการจำลองข้อมูล  $Y$  จะทำได้โดยวิธีเดียวกันกับวิธีจำลองข้อมูลแบบ Normal แต่จะต้องมีการกำหนดค่าความแปรปรวน  $\mu$  และ  $\sigma^2$  ของการแจกแจงแบบ Normal โดยอาศัยความสัมพันธ์จากการแจกแจงแบบ Log Normal จากการแก้สมการดังนี้

$$\text{จาก } E(x) = e^{\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

$$V(x) = e^{(2\mu + \sigma^2)} [e^{\sigma^2} - 1] \dots\dots\dots (2)$$

โดยที่  $E(x)$  และ  $V(x)$  คือ ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม Log Normal

$$V(x) = e^{(2\mu + \sigma^2)} [e^{\sigma^2} - 1]$$

$$V(x) = e^{2\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)} [e^{\sigma^2} - 1]$$

จาก (1) จะได้

$$V(x) = E(x)^2 [e^{\sigma^2} - 1]$$

ดังนั้น

$$e^{\sigma^2} - 1 = \frac{V(x)}{E(x)^2}$$

$$e^{\sigma^2} = \frac{V(x)}{E(x)^2} + 1$$

$$\sigma^2 = \ln \left[ \frac{V(x)}{E(x)} + 1 \right]$$

จาก (1)  $\ln E(x) = \mu + \frac{\sigma^2}{2}$

$$\mu = \ln E(x) - \frac{\ln \left[ \frac{V(x)}{E(x)} + 1 \right]}{2}$$

จากการกำหนดค่า  $E(x)$  และ  $V(x)$  ของการแจกแจงแบบ Log Normal ที่ต้องการ เมื่อนำไปแทนค่าของ  $\mu$  และ  $\sigma^2$  ด้วยวิธีที่กล่าวมาแล้วจะได้ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบ Log Normal ตามต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ต้องการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีตเมนต์สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุล โดยมีเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ 2 วิธีคือ ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของการผิดพลาดประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ซึ่งผลการทดลองจะแยกตาม

1. ขนาดของการทดลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับ จำนวนทรีตเมนต์และจำนวนบล็อก
2. ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน มี 3 ระดับ คือ 50, 100, 150
3. ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน ได้แก่ การแจกแจงแบบ Normal แบบ Exponential และแบบ Log Normal

สำหรับการแจกแจงทั้ง 3 การแจกแจงนั้นจะนำเสนอผลการทดลองซึ่งเปรียบเทียบระหว่างสถิติทดสอบแบบพาราเมตริก ได้แก่ สถิติเอฟทั้ง 2 วิธี กับ สถิตินอนพาราเมตริก ได้แก่ Durbin

การรายงานผลจะพิจารณาว่าสถิติทดสอบแต่ละวิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้หรือไม่ และจำนวนครั้งที่แต่ละวิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ส่วนอำนาจการทดสอบจะพิจารณาวิธีที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด และจำนวนครั้งที่แต่ละวิธีให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งจะนำเสนอในรูปแบบตาราง และเพื่อสะดวกในการอธิบายจะใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้แทนความหมายต่างๆ ดังนี้

T	คือ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1
$F_M$	คือ สถิติทดสอบเอฟจากหนังสือของ Douglas C. Montgomery
$F_C$	คือ สถิติทดสอบเอฟจากหนังสือของ Cochran & Cox
Durbin	คือ สถิติทดสอบของ Durbin
$F_M$ Transform	คือ สถิติทดสอบเอฟจากหนังสือของ Douglas C. Montgomery ที่ข้อมูลผ่านการแปลงแล้ว
$F_C$ Transform	คือ สถิติทดสอบเอฟจากหนังสือของ Cochran & Cox ที่ข้อมูลผ่านการแปลงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10, 10, 8]

คือ การทดลองที่มีจำนวนทรีทเมนต์ 10 จำนวนบล็อก 10 และ  $\lambda = 8$

อิทธิพลทรีทเมนต์ A, B คือ ระดับอิทธิพล ทรีทเมนต์ ระดับต่าง ๆ ดังที่แสดงไว้ใน บทที่ 3

#### 4.1 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยใช้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1

การวิจัยในครั้งนี้เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จากการทดลองแบ่งเป็น 2 เกณฑ์คือ

##### 1. เกณฑ์ของ Cochran

เป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาว่าสถิติทดสอบใดสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ เมื่อ

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่า T ต้องอยู่ในช่วง [0.04 - 0.06]

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่า T ต้องอยู่ในช่วง [0.007 - 0.015]

จึงจะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ณ ระดับนัยสำคัญนั้น ๆ

##### 2. เกณฑ์ของ Bladley

เป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาว่าสถิติทดสอบใดสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ เมื่อ

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่า T ต้องอยู่ในช่วง [0.025 - 0.075]

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่า T ต้องอยู่ในช่วง [0.005 - 0.015]

จึงจะถือว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ณ ระดับนัยสำคัญนั้น ๆ

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จากผลการทดลองของสถิติทดสอบอยู่นอกเหนือขอบเขตดังกล่าว จะถือว่าการทดสอบนั้นไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ซึ่งจะแยกเป็น 2 กรณีคือ

1. กรณีความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าขอบเขตบนของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่า  $\alpha$  ที่กำหนด ( $T > \alpha$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2. กรณีความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าขอบเขตล่างของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่า  $\alpha$  ที่กำหนด ( $T < \alpha$ )

ในกรณีที่ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 อยู่ในขอบเขตที่ระบุสำหรับแต่ละเกณฑ์ที่กำหนด จะถือว่าการทดสอบนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับค่า  $\alpha$  ที่กำหนด ( $T = \alpha$ ) และสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

สำหรับค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของวิธีทดสอบแต่ละวิธีนั้นจะนำเสนอด้วยตารางที่ 4.1 ถึง 4.6 สามารถสรุปได้ดังนี้



ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบNormal ตามเกณฑ์ของ Cochran

ระดับความเชื่อมั่น ตัวสถิติ		ความแปรปรวน		50				100				150			
		จำนวนทรีตเมนต์		10		15		10		15		10		15	
		จำนวนบล็อก		18	10	15	15	18	10	15	15	18	10	15	15
		Lamda		4	8	4	13	4	8	4	13	4	8	4	13
0.05	F <sub>M</sub>	-	0.055	0.062 *	0.053	0.078 *	0.044	0.052	0.056	0.061 *	0.062 *	0.047	0.051	0.048	
	F <sub>C</sub>	-	0.058	0.062 *	0.054	0.075 *	0.049	0.052	0.051	0.063 *	0.067 *	0.044	0.050	0.049	
	Durbin	-	0.048	0.049	0.042	0.061 *	0.045	0.038 *	0.044	0.057	0.047	0.037 *	0.041	0.043	
0.01	F <sub>M</sub>	-	0.007	0.012	0.013	0.011	0.010	0.009	0.012	0.015	0.006 *	0.007	0.011	0.009	
	F <sub>C</sub>	-	0.009	0.012	0.014	0.011	0.013	0.009	0.016 *	0.014	0.005 *	0.008	0.013	0.009	
	Durbin	-	0.008	0.005 *	0.008	0.008	0.006 *	0.007	0.004 *	0.012	0.004 *	0.004 *	0.007	0.013	

\* หมายถึง ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

### เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Normal

จากตาราง 4.1 จะนำเสนอผลการทดลองซึ่งเปรียบเทียบสถิติทดสอบแบบพาราเมตริก และนอน-พาราเมตริก ซึ่งได้แก่ สถิติทดสอบเอฟของ  $F_M$  สถิติทดสอบเอฟของ  $F_C$  สถิติทดสอบของ Durbin ตามเกณฑ์ของ Cochran

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พบว่าวิธีทดสอบของ Durbin สามารถควบคุม T ตามเกณฑ์ของ Cochran ได้ดีกว่าวิธีทดสอบทั้งแบบ  $F_M$  และแบบ  $F_C$

- ที่ความแปรปรวน 50 Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13] ส่วน  $F_M$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13] และ  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13]
- ที่ความแปรปรวน 100 Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] ส่วน  $F_M$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13] และ  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]
- ที่ความแปรปรวน 150 Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] ส่วน  $F_M$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] และ  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4]

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_M$  สามารถควบคุม T ตามเกณฑ์ของ Cochran ได้ดีกว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  และ Durbin ตามลำดับ

- ที่ความแปรปรวน 50  $F_M$  และ  $F_C$  สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณี ส่วน Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8]
- ที่ความแปรปรวน 100  $F_M$  สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณี  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] และ [15, 15, 4]
- ที่ความแปรปรวน 150  $F_M$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4]  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] และ [10, 10, 8]

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบNormal ตามเกณฑ์ของ Bladley

ระดับความเชื่อมั่น ตัวสถิติ		50				100				150			
		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก	
		10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15
		Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda
0.05	$F_M$	0.055	0.062	0.053	0.078 *	0.044	0.052	0.056	0.061	0.062	0.047	0.051	0.048
	$F_C$	0.058	0.062	0.054	0.075	0.049	0.052	0.051	0.063	0.067	0.044	0.050	0.049
	Durbin	0.048	0.049	0.042	0.061	0.045	0.038	0.044	0.057	0.047	0.037	0.041	0.043
0.01	$F_M$	0.007	0.012	0.013	0.011	0.010	0.009	0.012	0.015	0.006	0.007	0.011	0.009
	$F_C$	0.009	0.012	0.014	0.011	0.013	0.009	0.016 *	0.014	0.005	0.008	0.013	0.009
	Durbin	0.008	0.005	0.008	0.008	0.006	0.007	0.004 *	0.012	0.004 *	0.004 *	0.007	0.013

\* หมายถึง ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

- จากตาราง 4.2 ซึ่งจะพิจารณาตามเกณฑ์ของ Bladley  
ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พบว่าวิธีการทดสอบเอฟของ  $F_C$  และ Durbin จะสามารถควบคุม  $T$  ได้ทุกกรณี และทุกขนาดความแปรปรวน ส่วน วิธีการทดสอบ เอฟของ  $F_M$  ไม่สามารถควบคุม  $T$  ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13] เมื่อความแปรปรวนเป็น 50

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

พบว่าวิธีการทดสอบเอฟของ  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ  $F_C$  และ Durbin ตามลำดับ

- ที่ความแปรปรวน 50 ตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ( $F_M$ ,  $F_C$ , Durbin) สามารถควบคุม  $T$  ได้ทุกกรณีเท่ากัน
- ที่ความแปรปรวน 100  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ทุกกรณี  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม  $T$  ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4] Durbin ไม่สามารถควบคุม  $T$  ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4]
- ที่ความแปรปรวน 150  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ทุกกรณี  $F_C$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ทุกกรณี Durbin ไม่สามารถควบคุม  $T$  ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] และ [10, 10, 8]

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential ตามเกณฑ์ของ Cochran

ระดับความเชื่อมั่น ตัวสถิติ		50				100				150			
		10		15		10		15		10		15	
		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก	
		18	10	15	15	18	10	15	15	18	10	15	15
Lamda		4	8	4	13	4	8	4	13	4	8	4	13
0.05	F <sub>M</sub>	0.048	0.054	0.053	0.073 *	0.045	0.057	0.051	0.055	0.041	0.045	0.044	0.040
	F <sub>C</sub>	0.052	0.055	0.051	0.074 *	0.048	0.061 *	0.058	0.057	0.039 *	0.045	0.039 *	0.039 *
	Durbin	0.045	0.031 *	0.046	0.086 *	0.037 *	0.047	0.039 *	0.062 *	0.045	0.037 *	0.049	0.059
	F <sub>M</sub> Transform	0.053	0.053	0.057	0.076 *	0.050	0.063 *	0.052	0.060	0.042	0.046	0.046	0.041
	F <sub>C</sub> Transform	0.056	0.055	0.056	0.078 *	0.049	0.064 *	0.057	0.058	0.039 *	0.049	0.041	0.041
0.01	F <sub>M</sub>	0.005 *	0.007	0.010	0.029 *	0.012	0.021 *	0.007	0.012	0.006 *	0.009	0.006 *	0.011
	F <sub>C</sub>	0.008	0.008	0.010	0.029 *	0.012	0.019 *	0.006 *	0.012	0.007	0.009	0.006 *	0.011
	Durbin	0.005 *	0.001 *	0.007	0.019 *	0.004 *	0.013	0.005 *	0.009	0.007	0.007	0.008	0.012
	F <sub>M</sub> Transform	0.004 *	0.007	0.013	0.028 *	0.012	0.021 *	0.007	0.011	0.006 *	0.009	0.006 *	0.012
	F <sub>C</sub> Transform	0.009	0.007	0.012	0.029 *	0.011	0.020 *	0.005 *	0.011	0.007	0.009	0.005 *	0.012

\* หมายถึง ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

### เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential

จากตาราง 4.3 เสนอผลการทดลองซึ่งเปรียบเทียบสถิติทดสอบแบบพาราเมตริก และนอนพารา-เมตริก ซึ่งได้แก่ สถิติทดสอบเอฟของ  $F_c$  สถิติทดสอบเอฟของ  $F_M$  สถิติทดสอบของ Durbin สถิติทดสอบเอฟของ  $F_c$  Transform สถิติทดสอบเอฟของ  $F_M$  Transform

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_M$  สามารถควบคุม T ตามเกณฑ์ของ Cochran ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ  $F_M$  Transform,  $F_c$  Transform,  $F_c$  และ Durbin ตามลำดับ

- ที่ความแปรปรวน 50  $F_M$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]  $F_c$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]  $F_c$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13]
- ที่ความแปรปรวน 100  $F_M$  สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณี  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8]  $F_c$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8]  $F_c$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณียกเว้นที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8]
- ที่ความแปรปรวน 150  $F_M$  สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณี  $F_M$  Transform สามารถควบคุมได้ทุกกรณี  $F_c$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4]  $F_c$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณียกเว้นที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8]

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_c$  และ  $F_c$  Transform สามารถควบคุม T ตามเกณฑ์ของ Cochran ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ  $F_M$ ,  $F_M$  Transform และ Durbin

- ที่ความแปรปรวน 50  $F_c$  และ  $F_c$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]  $F_M$  และ  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] และ [15, 15, 13] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณียกเว้นที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4]

- ที่ความแปรปรวน 100  $F_c$  และ  $F_c$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 4]  $F_M$  และ  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] และ [15, 15, 4]
- ที่ความแปรปรวน 150  $F_c$  และ  $F_c$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4]  $F_M$  และ  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] และ [15, 15, 4] Durbin สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential ตามเกณฑ์ของ Bladley

ระดับความเชื่อมั่น ตัวสถิติ		50				100				150			
		10		15		10		15		10		15	
		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก	
		Lamda		Lamda		Lamda		Lamda		Lamda		Lamda	
0.05	$F_M$	0.048	0.054	0.053	0.073	0.045	0.057	0.051	0.055	0.041	0.045	0.044	0.040
	$F_C$	0.052	0.055	0.051	0.074	0.048	0.061	0.058	0.057	0.039	0.045	0.039	0.039
	Durbin	0.045	0.031	0.046	0.086 *	0.037	0.047	0.039	0.062	0.045	0.037	0.049	0.059
	$F_M$ Transform	0.053	0.053	0.057	0.076 *	0.050	0.063	0.052	0.060	0.042	0.046	0.046	0.041
	$F_C$ Transform	0.056	0.055	0.056	0.078 *	0.049	0.064	0.057	0.058	0.039	0.049	0.041	0.041
0.01	$F_M$	0.005	0.007	0.010	0.029 *	0.012	0.021 *	0.007	0.012	0.006	0.009	0.006	0.011
	$F_C$	0.008	0.008	0.010	0.029 *	0.012	0.019 *	0.006	0.012	0.007	0.009	0.006	0.011
	Durbin	0.005	0.001 *	0.007	0.019 *	0.004 *	0.013	0.005	0.009	0.007	0.007	0.008	0.012
	$F_M$ Transform	0.004 *	0.007	0.013	0.028 *	0.012	0.021 *	0.007	0.011	0.006	0.009	0.006	0.012
	$F_C$ Transform	0.009	0.007	0.012	0.029 *	0.011	0.020 *	0.005	0.011	0.007	0.009	0.005	0.012

\* หมายถึง ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 4.4 ถ้าพิจารณาตามเกณฑ์ของ Bladley พบว่าวิธีการทดสอบเอฟของ  $F_M$  และ  $F_C$  สามารถควบคุม T ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ  $F_M$  Transform,  $F_C$  Transform และ Durbin

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

- ที่ความแปรปรวน 50  $F_M$  และ  $F_C$  สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณี  $F_M$  Transform,  $F_C$  Transform และ Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]
- ที่ความแปรปรวน 100 ตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ( $F_M$ ,  $F_C$ ,  $F_M$  Transform,  $F_C$  Transform และ Durbin) สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณีเหมือนกันทั้งหมด
- ที่ความแปรปรวน 150 ตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ( $F_M$ ,  $F_C$ ,  $F_M$  Transform,  $F_C$  Transform และ Durbin) สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณีเหมือนกันทั้งหมด

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ถ้าพิจารณาตามเกณฑ์ของ Bladley พบว่าวิธีการทดสอบเอฟของ  $F_C$ ,  $F_M$  และ  $F_C$  Transform สามารถควบคุม T ได้ดีกว่า  $F_M$  Transform และ Durbin

- ที่ความแปรปรวน 50  $F_C$ ,  $F_M$  และ  $F_C$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] และ [15, 15, 13] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13]
- ที่ความแปรปรวน 100  $F_C$ ,  $F_M$ ,  $F_C$  Transform และ  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4]
- ที่ความแปรปรวน 150 ตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ( $F_M$ ,  $F_C$ ,  $F_M$  Transform,  $F_C$  Transform และ Durbin) สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณีเหมือนกันทั้งหมด

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบLognormal ตามเกณฑ์ของ Cochran

ระดับความเชื่อมั่น ตัวสถิติ		50				100				150			
		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก	
		10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15
		Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda
0.05	$F_M$	0.045	0.053	0.058	0.082 *	0.056	0.051	0.065 *	0.054	0.039 *	0.037 *	0.028 *	0.043
	$F_C$	0.046	0.055	0.063 *	0.082 *	0.055	0.051	0.064 *	0.054	0.041	0.036 *	0.034 *	0.043
	Durbin	0.041	0.041	0.041	0.077 *	0.053	0.050	0.038 *	0.062 *	0.048	0.043	0.033 *	0.049
	$F_M$ Transform	0.047	0.054	0.063 *	0.085 *	0.054	0.057	0.064 *	0.058	0.046	0.045	0.033 *	0.046
	$F_C$ Transform	0.045	0.057	0.064 *	0.085 *	0.057	0.055	0.064 *	0.058	0.046	0.044	0.033 *	0.048
0.01	$F_M$	0.009	0.006 *	0.011	0.023 *	0.007	0.009	0.018 *	0.019 *	0.007	0.002 *	0.002 *	0.014
	$F_C$	0.009	0.006 *	0.012	0.022 *	0.010	0.010	0.020 *	0.019 *	0.007	0.002 *	0.002 *	0.015
	Durbin	0.008	0.006 *	0.006 *	0.017 *	0.004 *	0.007	0.007	0.015	0.005 *	0.005 *	0.003 *	0.009
	$F_M$ Transform	0.008	0.007	0.012	0.021 *	0.008	0.008	0.014	0.018 *	0.006 *	0.004 *	0.003 *	0.016 *
	$F_C$ Transform -	0.009	0.008	0.012	0.020 *	0.009	0.009	0.020 *	0.019 *	0.008	0.003 *	0.003 *	0.015

\* หมายถึง ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

### เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Log Normal

จากตารางที่ 4.5 เสนอผลการทดลองซึ่งเปรียบเทียบสถิติทดสอบแบบพาราเมตริก และนอนพาราเมตริก ซึ่งได้แก่ สถิติทดสอบเอฟของ  $F_C$  สถิติทดสอบเอฟของ  $F_M$  สถิติทดสอบของ Durbin สถิติทดสอบเอฟ ของ  $F_C$  Transform สถิติทดสอบเอฟ ของ  $F_M$  Transform

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform และ Durbin สามารถควบคุม T ตามเกณฑ์ของ Cochran ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ  $F_C$  และ  $F_M$

- ที่ความแปรปรวน 50  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform และ  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4] และ [15, 15, 13]  $F_M$  และ Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]
- ที่ความแปรปรวน 100  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_M$  และ  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4] และ [15, 15, 13]
- ที่ความแปรปรวน 150  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform และ Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4]  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 4]  $F_M$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4], [10, 10, 8] และ [15, 15, 4]

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  Transform สามารถควบคุม T ตามเกณฑ์ของ Cochran ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ  $F_M$  Transform,  $F_C$ ,  $F_M$  และ Durbin ตามลำดับ

- ที่ความแปรปรวน 50  $F_C$  Transform และ  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]  $F_C$  และ  $F_M$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณียกเว้นที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4]

- ที่ความแปรปรวน 100  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]  $F_C$  Transform,  $F_M$  และ  $F_C$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4] และ [15, 15, 13] Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4]
- ที่ความแปรปรวน 150  $F_C$  Transform,  $F_C$  และ  $F_M$  ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13]  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณี Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณียกเว้นที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จำแนกตามขนาดการทดลองและระดับนัยสำคัญ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบLognormal ตามเกณฑ์ของ Bladley

ระดับความเชื่อมั่น ตัวสถิติ		50				100				150			
		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก		จำนวนทรีตเมนต์		จำนวนบล็อก	
		10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15
		Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda	Lamda
0.05	$F_M$	0.045	0.053	0.058	0.082 *	0.056	0.051	0.065	0.054	0.039	0.037	0.028	0.043
	$F_C$	0.046	0.055	0.063	0.082 *	0.055	0.051	0.064	0.054	0.041	0.036	0.034	0.043
	Durbin	0.041	0.041	0.041	0.077 *	0.053	0.050	0.038	0.062	0.048	0.043	0.033	0.049
	$F_M$ Transform	0.047	0.054	0.063	0.085 *	0.054	0.057	0.064	0.058	0.046	0.045	0.033	0.046
	$F_C$ Transform	0.045	0.057	0.064	0.085 *	0.057	0.055	0.064	0.058	0.046	0.044	0.033	0.048
0.01	$F_M$	0.009	0.006	0.011	0.023 *	0.007	0.009	0.018 *	0.019 *	0.007	0.002 *	0.002 *	0.014
	$F_C$	0.009	0.006	0.012	0.022 *	0.010	0.010	0.020 *	0.019 *	0.007	0.002 *	0.002 *	0.015
	Durbin	0.008	0.006	0.006	0.017 *	0.004 *	0.007	0.007	0.015	0.005	0.005	0.003 *	0.009
	$F_M$ Transform	0.008	0.007	0.012	0.021 *	0.008	0.008	0.014	0.018 *	0.006	0.004 *	0.003 *	0.016 *
	$F_C$ Transform	0.009	0.008	0.012	0.020 *	0.009	0.009	0.020 *	0.019 *	0.008	0.003 *	0.003 *	0.015

\* หมายถึง ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

- จากตารางที่ 4.6 ถ้าพิจารณาตามเกณฑ์ของ Bladley

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พบว่าวิธีการทดสอบเอฟของ  $F_C$ ,  $F_M$ , Durbin,  $F_C$  Transform และ  $F_M$  Transform สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณียกเว้นที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13] เมื่อความแปรปรวนเป็น 50

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

พบว่าวิธีการทดสอบเอฟของ Durbin สามารถควบคุม T ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ  $F_C$  Transform,  $F_C$ ,  $F_M$  Transform และ  $F_M$

- ที่ความแปรปรวน 50 ตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ( $F_M$ ,  $F_C$ ,  $F_M$  Transform,  $F_C$  Transform และ Durbin) ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]
- ที่ความแปรปรวน 100 Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4]  $F_C$ ,  $F_M$  และ  $F_C$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4] และ [15, 15, 13]  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 13]
- ที่ความแปรปรวน 150 Durbin ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [15, 15, 4]  $F_C$ ,  $F_M$  และ  $F_C$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ที่ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 4]  $F_M$  Transform ไม่สามารถควบคุม T ได้ทุกกรณียกเว้นที่ขนาดการทดลอง [10, 18, 4]

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบ สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ และ ไม่ได้ จากการทดลองทั้งหมด 12 กรณี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบต่างๆ ที่ความแปรปรวน 50, 100 และ 150 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

ลักษณะการแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	เกณฑ์ของ Cochran						เกณฑ์ของ Bladley					
		T = $\alpha$		T < $\alpha$		T > $\alpha$		T = $\alpha$		T < $\alpha$		T > $\alpha$	
	สถิติทดสอบ	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01
Normal	F <sub>M</sub>	8	11	0	1	4	0	11	12	0	0	1	0
	F <sub>C</sub>	8	10	0	1	4	1	12	11	0	0	0	1
	Durbin	9	7	2	5	1	0	12	9	0	3	0	0
Exponential	F <sub>M</sub>	11	7	0	3	1	2	12	10	0	0	0	2
	F <sub>C</sub>	7	8	3	2	2	2	12	10	0	0	0	2
	Durbin	6	7	4	4	2	1	11	9	0	2	1	1
	F <sub>M</sub> Transform	10	7	0	3	2	2	11	9	0	1	1	2
	F <sub>C</sub> Transform	9	8	1	2	2	2	11	10	0	0	1	2
Lognormal	F <sub>M</sub>	7	6	3	3	2	3	11	7	0	2	1	3
	F <sub>C</sub>	7	6	2	3	3	3	11	7	0	2	1	3
	Durbin	8	5	2	6	2	1	11	9	0	2	1	1
	F <sub>M</sub> Transform	8	6	1	3	3	3	11	7	0	2	1	3
	F <sub>C</sub> Transform	8	7	1	2	3	3	11	7	0	2	1	3

จากตารางที่ 4.7 ซึ่งแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จากการทดลองสำหรับแต่ละวิธีการทดสอบนั้น สามารถสรุปจำนวนครั้งที่การทดสอบแต่ละวิธีสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ และควบคุมไม่ได้ โดยเปรียบเทียบค่า  $T$  กับค่า  $\alpha$  ที่กำหนดดังตาราง 4.7 ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

ผลสรุปจำนวนครั้งที่วิธีทดสอบแต่ละวิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ และควบคุมไม่ได้

### เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Normal

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran พบว่าวิธีทดสอบของ Durbin สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีกว่า  $F_M$  และ  $F_C$  สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ นั้น  $F_M$  และ  $F_C$  มีค่า  $T > \alpha$  ยกเว้น Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่า  $T < \alpha$

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bladley พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  และ Durbin สามารถควบคุม  $T$  ได้มากกว่า  $F_M$  โดย  $F_C$  และ Durbin สามารถควบคุม  $T$  ได้ทุกกรณี สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ นั้น  $F_M$  มีค่า  $T > \alpha$  และพบว่าวิธีทดสอบทุกวิธีสามารถควบคุม  $T$  ได้ดีขึ้นเมื่อใช้เกณฑ์ของ Bladley

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีกว่าวิธีอื่น รองลงมาเป็น  $F_C$  และ Durbin ตามลำดับ สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ นั้น  $F_M$  และ Durbin มีค่า  $T < \alpha$  ยกเว้น  $F_C$  จะมีค่า  $T < \alpha$  และ จะมีค่า  $T > \alpha$  เท่ากัน คือ 1 กรณี และพบว่า  $F_M$  และ  $F_C$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วน Durbin สามารถควบคุม  $T$  ได้น้อยลง

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bladley พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีกว่าวิธีอื่น รองลงมาเป็น  $F_C$  และ Durbin ตามลำดับ โดย  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ทุกกรณี สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ นั้น  $F_C$  มีค่า  $T > \alpha$  Durbin มีค่า  $T < \alpha$  และพบว่า  $F_M$  และ  $F_C$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีขึ้น ได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วน Durbin สามารถควบคุม  $T$  ได้น้อยลง

### เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีกว่าวิธีอื่น รองลงมาเป็น  $F_M$  Transform,  $F_C$  Transform,  $F_C$  และ Durbin ตามลำดับ สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ นั่น  $F_M$ ,  $F_M$  Transform และ  $F_C$  Transform มีค่า  $T > \alpha$   $F_C$  และ Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่า  $T < \alpha$

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bladley พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  และ  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีกว่า  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform และ Durbin โดย  $F_C$  และ  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ทุกกรณี สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ นั่น  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform และ Durbin มีค่า  $T > \alpha$  และพบว่าวิธีทดสอบทุกวิธีสามารถควบคุม  $T$  ได้ดีขึ้นเมื่อใช้เกณฑ์ของ Bladley

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  และ  $F_C$  Transform สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีกว่าวิธีอื่น รองลงมาเป็น  $F_M$ ,  $F_M$  Transform และ Durbin สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ นั่น  $F_M$ ,  $F_M$  Transform และ Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่า  $T < \alpha$   $F_C$  และ  $F_C$  Transform จะมีค่า  $T < \alpha$  และ จะมีค่า  $T > \alpha$  เท่ากัน คือ 2 กรณี

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bladley พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$ ,  $F_C$  Transform และ  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีกว่า  $F_M$  Transform และ Durbin โดย  $F_C$  และ  $F_M$  สามารถควบคุม  $T$  ได้ทุกกรณี สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ นั่น  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform และ Durbin มีค่า  $T > \alpha$

### เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Log Normal

#### ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform และ Durbin สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีกว่าวิธีอื่น รองลงมาเป็น  $F_C$  และ  $F_M$  สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ นั่น  $F_C$ ,  $F_M$  Transform และ  $F_C$  Transform มีค่า  $T > \alpha$   $F_M$  ส่วนใหญ่จะมีค่า  $T < \alpha$  และ Durbin จะมีค่า  $T < \alpha$  และ จะมีค่า  $T > \alpha$  เท่ากัน คือ 2 กรณี

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bladley พบว่าวิธีทดสอบทั้ง 5 วิธี สามารถควบคุม  $T$  ได้เท่ากัน สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้นั้นมีค่า  $T > \alpha$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  Transform สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีที่สุด รองลงมาเป็น  $F_M$ ,  $F_M$  Transform,  $F_C$  และ Durbin ตามลำดับ สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้นั้น  $F_C$  Transform ส่วนใหญ่มีค่า  $T > \alpha$   $F_M$ ,  $F_M$  Transform,  $F_C$  จะมีค่า  $T < \alpha$  และ จะมีค่า  $T > \alpha$  เท่ากัน คือ 3 กรณี Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่า  $T < \alpha$

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bladley พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ Durbin สามารถควบคุม  $T$  ได้ดีกว่า  $F_C$  Transform,  $F_C$ ,  $F_M$  และ  $F_M$  Transform สำหรับลักษณะที่ควบคุม  $T$  ไม่ได้ส่วนใหญ่มีค่า  $T > \alpha$  ยกเว้น Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่า  $T < \alpha$

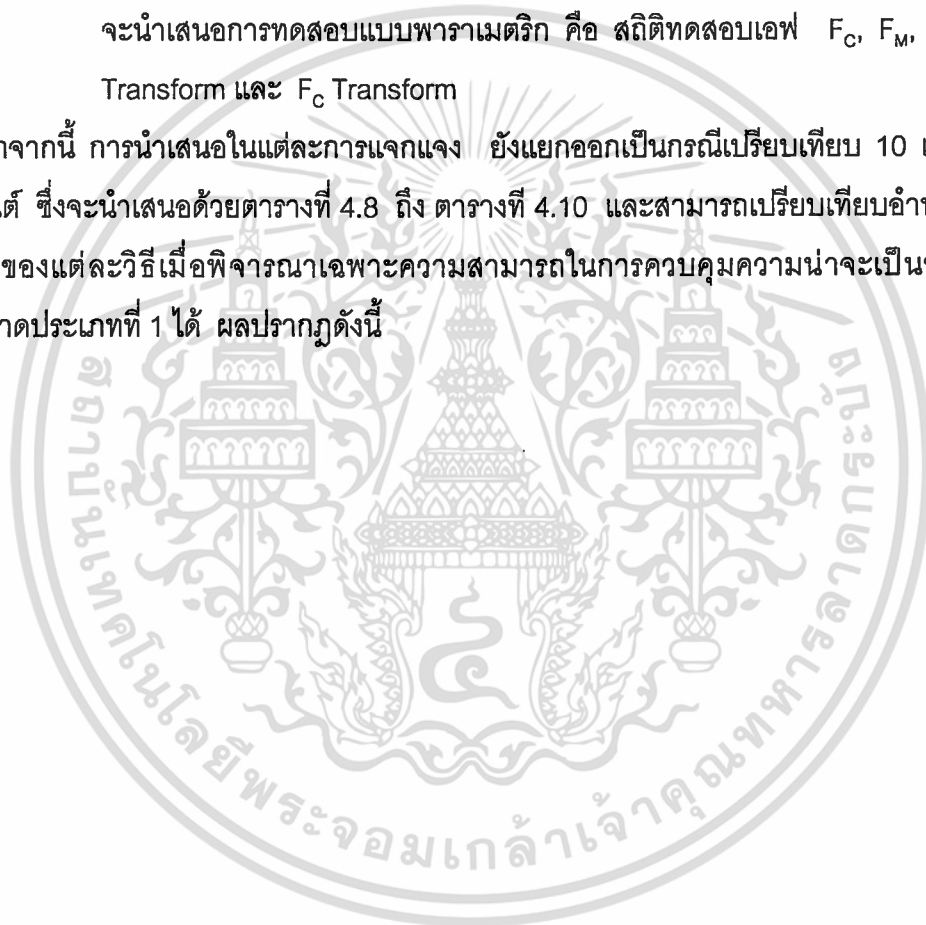


#### 4.2 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยใช้อำนาจการทดสอบ

การนำเสนออำนาจการทดสอบจากการทดลองในการวิจัยครั้งนี้จะนำเสนอโดยแยกเป็น

1. เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จะนำเสนอค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก หรือสถิติทดสอบเอฟของ  $F_C$ ,  $F_M$  และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกได้แก่ สถิติทดสอบของ Durbin
2. เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential และ Log Normal จะนำเสนอการทดสอบแบบพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบเอฟ  $F_C$ ,  $F_M$ ,  $F_M$ -Transform และ  $F_C$  Transform

นอกจากนี้ การนำเสนอในแต่ละการแจกแจง ยังแยกออกเป็นกรณีเปรียบเทียบ 10 และ 15 ทรีตเมนต์ ซึ่งจะนำเสนอด้วยตารางที่ 4.8 ถึง ตารางที่ 4.10 และสามารถเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของแต่ละวิธีเมื่อพิจารณาเฉพาะความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ผลปรากฏดังนี้



ตารางที่ 4.8 แสดงอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบNormal ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

ความแปรปรวน จำนวนทรีดเมนต์ จำนวนบล็อก Lamda ระดับความเชื่อมั่น อิทธิพลของทรีดเมนต์ ตัวสถิติ			50				100				150			
			10		15		10		15		10		15	
			18	10	15	15	18	10	15	15	18	10	15	15
			4	8	4	13	4	8	4	13	4	8	4	13
0.05	A	F <sub>M</sub>	0.320	0.435	0.457	0.855	0.172	0.205	0.220	0.466	0.131	0.119	0.121	0.285
		F <sub>C</sub>	0.351	0.435	0.465	0.857	0.179	0.203	0.220	0.464	0.142	0.121	0.128	0.284
		Durbin	0.244	0.341	0.326	0.779	0.111	0.169	0.154	0.414	0.100	0.109	0.082	0.245
	B	F <sub>M</sub>	1.000	1.000	0.999	1.000	0.956	0.978	0.930	1.000	0.826	0.890	0.750	0.978
		F <sub>C</sub>	1.000	1.000	0.999	1.000	0.964	0.977	0.931	1.000	0.845	0.893	0.767	0.978
		Durbin	0.999	1.000	0.997	1.000	0.876	0.946	0.817	0.998	0.670	0.809	0.611	0.958
0.01	A	F <sub>M</sub>	0.134	0.204	0.193	0.636	0.050	0.079	0.067	0.216	0.049	0.030	0.031	0.098
		F <sub>C</sub>	0.133	0.208	0.193	0.635	0.056	0.075	0.067	0.217	0.044	0.031	0.035	0.098
		Durbin	0.067	0.094	0.105	0.553	0.027	0.047	0.043	0.176	0.019	0.019	0.021	0.083
	B	F <sub>M</sub>	0.998	1.000	0.995	1.000	0.861	0.911	0.773	0.993	0.580	0.688	0.477	0.904
		F <sub>C</sub>	0.999	1.000	0.995	1.000	0.876	0.914	0.787	0.993	0.620	0.693	0.509	0.904
		Durbin	0.979	0.999	0.971	1.000	0.652	0.828	0.573	0.978	0.353	0.537	0.310	0.851

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Normal

จากตารางที่ 4.8 ได้ผลดังนี้

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

อิทธิพลที่ระดับต่ำ พบว่าวิธีทดสอบเอฟ  $F_C$  ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบเอฟ  $F_M$  และวิธีทดสอบแบบ Durbin ตามลำดับ และถ้าพิจารณาความแปรปรวนเมื่อความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้ง 3 จะมีค่าลดลง

อิทธิพลที่ระดับสูง พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบเอฟ  $F_M$  และวิธีทดสอบแบบ Durbin ยกเว้นที่ความแปรปรวน 50 ขนาดการทดลอง [10, 18, 4] และ [10, 10, 8] ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

อิทธิพลที่ระดับต่ำ พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบเอฟ  $F_M$  และวิธีทดสอบแบบ Durbin และถ้าพิจารณาความแปรปรวนเมื่อความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้ง 3 จะมีค่าลดลง

อิทธิพลที่ระดับสูง พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบเอฟ  $F_M$  และวิธีทดสอบแบบ Durbin ยกเว้นที่ความแปรปรวน 50 ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13] ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน

ตารางที่ 4.9 แสดงอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

ความแปรปรวน จำนวนทรีดเมนต์ จำนวนบล็อก Lamda ระดับความเชื่อมั่น อิทธิพลของทรีดเมนต์ ตัวสถิติ			50				100				150			
			10		15		10		15		10		15	
			18	10	15	15	18	10	15	15	18	10	15	15
			4	8	4	13	4	8	4	13	4	8	4	13
0.05	A	$F_M$	0.382	0.479	0.490	0.872	0.185	0.198	0.243	0.463	0.118	0.143	0.150	0.281
		$F_C$	0.382	0.478	0.486	0.873	0.189	0.195	0.253	0.464	0.126	0.145	0.144	0.281
		Durbin	0.498	0.641	0.678	0.988	0.284	0.375	0.389	0.800	0.205	0.282	0.231	0.612
		$F_M$ Transform	0.409	0.506	0.523	0.899	0.205	0.227	0.271	0.516	0.139	0.173	0.167	0.325
		$F_C$ Transform	0.414	0.511	0.526	0.899	0.212	0.228	0.276	0.520	0.145	0.171	0.170	0.322
	B	$F_M$	1.000	1.000	1.000	1.000	0.967	0.980	0.946	1.000	0.833	0.872	0.739	0.979
		$F_C$	1.000	1.000	1.000	1.000	0.961	0.981	0.946	1.000	0.848	0.875	0.759	0.980
		Durbin	1.000	1.000	0.999	1.000	0.986	0.997	0.979	1.000	0.941	0.981	0.919	1.000
		$F_M$ Transform	1.000	1.000	1.000	1.000	0.981	0.985	0.960	1.000	0.885	0.913	0.802	0.989
		$F_C$ Transform	1.000	1.000	1.000	1.000	0.977	0.985	0.966	1.000	0.894	0.915	0.814	0.990
0.01	A	$F_M$	0.162	0.252	0.255	0.716	0.052	0.064	0.084	0.239	0.043	0.043	0.048	0.107
		$F_C$	0.157	0.254	0.247	0.714	0.055	0.060	0.081	0.240	0.042	0.040	0.049	0.109
		Durbin	0.237	0.376	0.385	0.939	0.095	0.131	0.144	0.558	0.068	0.097	0.085	0.343
		$F_M$ Transform	0.183	0.287	0.276	0.753	0.063	0.077	0.100	0.278	0.046	0.058	0.057	0.128
		$F_C$ Transform	0.184	0.287	0.273	0.756	0.064	0.074	0.100	0.279	0.048	0.053	0.057	0.126
	B	$F_M$	0.999	0.999	0.991	1.000	0.858	0.928	0.813	0.998	0.603	0.691	0.502	0.917
		$F_C$	0.998	0.999	0.991	1.000	0.867	0.932	0.822	0.998	0.641	0.696	0.511	0.917
		Durbin	0.995	1.000	0.997	1.000	0.918	0.976	0.925	1.000	0.762	0.872	0.742	0.995
		$F_M$ Transform	0.999	1.000	0.994	1.000	0.901	0.949	0.867	0.998	0.693	0.765	0.593	0.955
		$F_C$ Transform	0.999	1.000	0.995	1.000	0.911	0.950	0.875	0.998	0.721	0.765	0.601	0.956

### เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบExponential

จากตารางที่ 4.9 ได้ผลดังนี้

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

อิทธิพลที่ระดับนัยสำคัญต่ำ พบว่าวิธีทดสอบของ Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบแบบ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_C$  และ  $F_M$

อิทธิพลที่ระดับนัยสำคัญสูง พบว่าวิธีทดสอบของ Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบแบบ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_C$  และ  $F_M$  ยกเว้นที่ความแปรปรวน 50 ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 5 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน ที่ความแปรปรวน 100 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้ง 5 มีค่าเท่ากัน ที่ขนาดการทดลอง [15,15,13]

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

อิทธิพลที่ระดับนัยสำคัญต่ำ พบว่าวิธีทดสอบของ Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบแบบ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_M$  และ  $F_C$  ตามลำดับ

อิทธิพลที่ระดับนัยสำคัญสูง พบว่าวิธีทดสอบของ Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบแบบ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_M$  และ  $F_C$  ตามลำดับ ยกเว้นที่ความแปรปรวน 50 ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13] ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 5 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน

ตารางที่ 4.10 แสดงอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบLognormal ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

ความแปรปรวน จำนวนทริตเมนต์ จำนวนบล็อก Lamda ระดับความเชื่อมั่น อิทธิพลของทริตเมนต์ ตัวสถิติ			50				100				150			
			10		15		10		15		10		15	
			18	10	15	15	18	10	15	15	18	10	15	15
			4	8	4	13	4	8	4	13	4	8	4	13
0.05	A	F <sub>M</sub>	0.337	0.451	0.465	0.887	0.179	0.218	0.234	0.506	0.123	0.122	0.165	0.318
		F <sub>C</sub>	0.352	0.450	0.473	0.891	0.188	0.221	0.239	0.510	0.121	0.123	0.174	0.316
		Durbin	0.320	0.493	0.479	0.937	0.263	0.310	0.347	0.737	0.189	0.267	0.279	0.662
		F <sub>M</sub> Transform	0.360	0.476	0.497	0.903	0.199	0.243	0.265	0.562	0.143	0.142	0.195	0.369
		F <sub>C</sub> Transform	0.371	0.475	0.500	0.904	0.207	0.245	0.272	0.559	0.140	0.142	0.204	0.364
	B	F <sub>M</sub>	0.999	1.000	0.999	1.000	0.965	0.985	0.950	1.000	0.843	0.902	0.807	0.990
		F <sub>C</sub>	0.999	1.000	0.999	1.000	0.973	0.985	0.957	1.000	0.867	0.902	0.806	0.990
		Durbin	1.000	1.000	1.000	1.000	0.990	1.000	0.983	1.000	0.959	0.993	0.968	1.000
		F <sub>M</sub> Transform	0.999	1.000	0.999	1.000	0.979	0.994	0.965	1.000	0.902	0.940	0.867	0.996
		F <sub>C</sub> Transform	0.999	1.000	0.999	1.000	0.982	0.994	0.973	1.000	0.918	0.937	0.865	0.996
0.01	A	F <sub>M</sub>	0.118	0.207	0.230	0.691	0.061	0.064	0.072	0.256	0.029	0.040	0.050	0.136
		F <sub>C</sub>	0.122	0.211	0.237	0.693	0.059	0.061	0.069	0.255	0.030	0.042	0.055	0.139
		Durbin	0.118	0.204	0.218	0.771	0.090	0.107	0.113	0.493	0.043	0.082	0.099	0.365
		F <sub>M</sub> Transform	0.141	0.228	0.251	0.730	0.067	0.076	0.087	0.303	0.034	0.051	0.062	0.167
		F <sub>C</sub> Transform	0.145	0.227	0.254	0.730	0.068	0.078	0.088	0.304	0.039	0.051	0.066	0.168
	B	F <sub>M</sub>	0.997	1.000	0.995	1.000	0.879	0.923	0.830	0.997	0.622	0.720	0.574	0.960
		F <sub>C</sub>	0.998	1.000	0.995	1.000	0.889	0.922	0.832	0.997	0.650	0.721	0.593	0.959
		Durbin	0.989	1.000	0.996	1.000	0.923	0.977	0.917	1.000	0.825	0.945	0.850	1.000
		F <sub>M</sub> Transform	0.998	1.000	0.997	1.000	0.915	0.953	0.882	1.000	0.718	0.797	0.677	0.984
		F <sub>C</sub> Transform	0.999	1.000	0.996	1.000	0.926	0.956	0.881	1.000	0.748	0.806	0.682	0.984

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบLog Normal

จากตารางที่ 4.10 ได้ผลดังนี้

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

อิทธิพลที่ระดับต่ำ พบว่าวิธีทดสอบของ Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบแบบ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_C$  และ  $F_M$

อิทธิพลที่ระดับสูง พบว่าวิธีทดสอบของ Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบแบบ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_C$  และ  $F_M$  ยกเว้นที่ความแปรปรวน 50 ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13] ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 5 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน ที่ความแปรปรวน 100 ขนาดการทดลอง [15, 15, 13] ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้ง 5 มีค่าเท่ากัน

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

อิทธิพลที่ระดับต่ำ พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  Transform ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบแบบ  $F_M$  Transform,  $F_C$ ,  $F_M$  และ Durbin

อิทธิพลที่ระดับสูง พบว่าวิธีทดสอบของ Durbin ส่วนใหญ่จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบแบบ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_C$  และ  $F_M$  ยกเว้นที่ความแปรปรวน 50 ขนาดการทดลอง [10, 10, 8] และ [15, 15, 13] ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 5 วิธี ให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน

4.3 ผลสรุปจำนวนครั้งที่วิธีการทดสอบแต่ละวิธี มีอำนาจการทดสอบสูงสุด

จากตาราง 4.11 ถึงตาราง 4.13 ซึ่งแสดงค่าอำนาจการทดสอบของแต่ละวิธีนั้น สามารถสรุปจำนวนครั้งที่แต่ละวิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อพิจารณาเฉพาะกรณีที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ เมื่อมีการแจกแจงเป็น Normal Exponential และ Log Normal



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Normal ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 จากการทดลองทั้งหมด 8 กรณี

ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติ	ความแปรปรวน			รวม
		50	100	150	
0.05	$F_M$	5	5	2	12
	$F_C$	8	5	7	20
	Durbin	2	0	0	2
0.01	$F_M$	6	3	3	12
	$F_C$	6	7	7	20
	Durbin	1	0	0	1

ผลปรากฏว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_C$  มีอำนาจการทดสอบสูงสุด เป็นจำนวนมากกว่า  $F_M$  และ Durbin ตามลำดับ ทั้งระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

ตารางที่ 4.12 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 จากการทดลองทั้งหมด 8 กรณี

ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติ	ความแปรปรวน			รวม
		50	100	150	
0.05	$F_M$	4	1	0	5
	$F_C$	4	1	0	5
	Durbin	7	8	8	23
	$F_M$ Transform	4	1	0	5
	$F_C$ Transform	4	1	0	5
0.01	$F_M$	2	0	0	2
	$F_C$	1	0	0	1
	Durbin	7	8	8	23
	$F_M$ Transform	3	0	0	3
	$F_C$ Transform	3	0	0	3

ผลปรากฏว่าวิธีทดสอบของ Durbin มีอำนาจการทดสอบสูงสุด เป็นจำนวนมากที่สุด วิธีทดสอบของ  $F_M$  Transform,  $F_M$ ,  $F_C$  Transform และ  $F_C$  Durbin มีอำนาจการทดสอบสูงสุด เป็นจำนวนมากเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธีทดสอบของ Durbin มีอำนาจการทดสอบสูงสุด เป็นจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ วิธีทดสอบของ  $F_M$ -Transform,  $F_C$  Transform,  $F_M$  และ  $F_C$

ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Lognormal ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 จากการทดลองทั้งหมด 8 กรณี

ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติ	ความแปรปรวน			รวม
		50	100	150	
0.05	$F_M$	2	1	0	3
	$F_C$	2	1	0	3
	Durbin	6	8	8	22
	$F_M$ Transform	2	1	0	3
	$F_C$ Transform	4	1	0	5
0.01	$F_M$	2	0	0	2
	$F_C$	2	0	0	2
	Durbin	3	7	8	18
	$F_M$ Transform	4	1	0	5
	$F_C$ Transform	5	2	0	7

#### เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Log Normal

ผลปรากฏว่าวิธีทดสอบของ Durbin มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด เป็นจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ  $F_C$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_M$  และ  $F_C$  ตามลำดับ ทั้งระดับนัยสำคัญ 0.05 และระดับนัยสำคัญ 0.01

## บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเมื่อใช้ข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงแบบต่างๆ กัน และวิธีทดสอบ  $F_c$ ,  $F_c$  Transform,  $F_M$ ,  $F_M$  Transform และ Durbin สามารถสรุปผลได้ดังนี้

### 5.1 ผลสรุปการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1

จากการทดลองหาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ในการทดสอบความแตกต่างระหว่าง อิทธิพลของทรีตเมนต์ โดยใช้เกณฑ์พิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของ Cochran และ Bladley ซึ่งได้แยกนำเสนอไว้ในบทที่ 4 นั้นสามารถสรุปผลได้ดังนี้

#### 5.1.1 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Normal

วิธีทดสอบของ Durbin สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีทดสอบของ  $F_c$  และ  $F_M$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และแต่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ได้วิธีทดสอบของ  $F_M$  สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีทดสอบของ  $F_c$  และ Durbin เมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran แต่เมื่อใช้เกณฑ์ Bladley พบว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_c$  และ วิธีทดสอบของ Durbin สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีทดสอบของ Durbin เฉพาะที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธีทดสอบเอฟของ  $F_M$  สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีทดสอบเอฟของ  $F_c$  และ วิธีทดสอบของ Durbin เมื่อพิจารณาที่ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Cochran เทียบกับเกณฑ์ของ Bladley พบว่า เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bladley แล้วจะทำให้วิธีทดสอบทั้ง 3 วิธีมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีขึ้น สำหรับลักษณะที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ไม่ได้ส่วนใหญ่มีค่า  $T > \alpha$  ยกเว้น วิธีทดสอบเอฟของ Durbin มีค่า  $T > \alpha$

ตารางที่ 5.1 แสดงจำนวนครั้งที่สถิติทดสอบสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้จากการทดลองทั้งหมด 12 กรณี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบต่างๆ ที่ความแปรปรวน 50, 100 และ 150 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

ลักษณะการแจกแจง	สถิติทดสอบ	เกณฑ์ของ Cochran		เกณฑ์ของBladley	
		$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
Normal	$F_M$	8 (66.67)	11 (91.67)	11 (91.67)	12 (100.00)
	$F_C$	8 (66.67)	10 (83.33)	12 (100.00)	11 (91.67)
	Durbin	9 (75.00)	7 (58.33)	12 (100.00)	9 (75.00)
Exponential	$F_M$	11 (91.67)	7 (58.33)	12 (100.00)	10 (83.33)
	$F_C$	7 (58.33)	8 (66.67)	12 (100.00)	10 (83.33)
	Durbin	6 (50.00)	7 (58.33)	11 (91.67)	9 (75.00)
	$F_M$ Transform	10 (83.33)	7 (58.33)	11 (91.67)	9 (75.00)
	$F_C$ Transform	9 (75.00)	8 (66.67)	11 (91.67)	10 (83.33)
Lognormal	$F_M$	7 (58.33)	6 (50.00)	11 (91.67)	7 (58.33)
	$F_C$	7 (58.33)	6 (50.00)	11 (91.67)	7 (58.33)
	Durbin	8 (66.67)	5 (41.67)	11 (91.67)	9 (75.00)
	$F_M$ Transform	8 (66.67)	6 (50.00)	11 (91.67)	7 (58.33)
	$F_C$ Transform	8 (66.67)	7 (58.33)	11 (91.67)	7 (58.33)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.2 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Exponential

วิธีทดสอบของ  $F_M$  สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีทดสอบของ  $F_M$  Transform,  $F_C$  Transform,  $F_C$  และ Durbin ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธีทดสอบของ  $F_C$  Transform,  $F_C$  สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีทดสอบของ  $F_M$  Transform,  $F_M$  และ Durbin สำหรับลักษณะที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ไม่ได้ส่วนใหญ่มีค่า  $T < \alpha$  สำหรับเกณฑ์ของ Cochran ส่วนเกณฑ์ของ Bladley วิธีทดสอบเอฟของ  $F_M$  และ  $F_C$  สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีทดสอบของ  $F_M$  Transform,  $F_C$  และ Durbin ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธีทดสอบเอฟของ  $F_M$ ,  $F_C$ , และ  $F_C$  Transform สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีทดสอบของ  $F_M$  Transform และ Durbin สำหรับลักษณะที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ไม่ได้ส่วนใหญ่มีค่า  $T > \alpha$

### 5.1.3 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ Log Normal

วิธีทดสอบของ  $F_C$  Transform,  $F_C$  Transform และ Durbin สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีทดสอบของ  $F_C$  และ  $F_M$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธีทดสอบทั้ง 5 วิธี สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้เท่ากันสำหรับลักษณะที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ไม่ได้ส่วนใหญ่มีค่า  $T > \alpha$

ตารางที่ 5.2 จำนวนครั้งที่สถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบสูงสุด ได้จากการทดลองทั้งหมด 36 กรณี เมื่อความคลาดเคลื่อนมาจากการแจกแจงแบบต่างๆ ที่ความแปรปรวน 50, 100 และ 150 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

ลักษณะการแจกแจง	สถิติทดสอบ	ระดับนัยสำคัญ	
		0.05	0.01
Normal	$F_M$	12	12
	$F_C$	20	20
	Durbin	2	1
Exponential	$F_M$	5	2
	$F_C$	5	1
	Durbin	23	23
	$F_M$ Transform	5	3
	$F_C$ Transform	5	3
Lognormal	$F_M$	3	2
	$F_C$	3	2
	Durbin	22	18
	$F_M$ Transform	3	5
	$F_C$ Transform	5	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ผลสรุปการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากค่าอำนาจการทดสอบ

จากการทดลองหาค่าอำนาจการทดสอบ ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีตเมนต์ของสถิติทดสอบแต่ละวิธีนั้น จะพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะกรณีที่สามารควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ โดยสรุปเป็นจำนวนครั้งที่วิธีทดสอบแต่ละวิธีมีอำนาจการทดสอบสูงสุด ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

### 5.2.1 เมื่อความคลาดเคลื่อนมาการแจกแจงแบบNormal

วิธีทดสอบเอฟของ  $F_c$  มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเป็นจำนวนมากกว่าวิธีทดสอบของ  $F_M$  และ Durbin ทั้งสองระดับนัยสำคัญ

### 5.2.2 เมื่อความคลาดเคลื่อนมาการแจกแจงExponential

วิธีทดสอบของ Durbin มีอำนาจในการทดสอบสูงสุดเป็นจำนวนมากที่สุด ส่วนวิธีทดสอบของ  $F_M$ ,  $F_M$  Transform,  $F_c$  Transform และ  $F_c$  มีอำนาจในการทดสอบสูงสุดเป็นจำนวนเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 วิธีทดสอบของ Durbin มีอำนาจในการทดสอบสูงสุดเป็นจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ  $F_M$ ,  $F_M$  Transform,  $F_M$  และ  $F_c$  ตามลำดับ

### เมื่อความคลาดเคลื่อนมาการแจกแจงLog Normal

วิธีทดสอบของ Durbin มีอำนาจในการทดสอบสูงสุดเป็นจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ  $F_c$  Transform,  $F_M$  Transform,  $F_c$  และ  $F_M$  ตามลำดับทั้งสองระดับนัยสำคัญ ในกรณีที่ความแปรปรวนต่ำ ๆ Durbin และ F-Test ให้อำนาจการทดสอบไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจาก ที่ความแปรปรวนต่ำ การแจกแจง Log Normal จะมีรูปร่างคล้าย การแจกแจงแบบ Normal คือจะเป็นโค้ง เบ้ขวาเล็กน้อย

### ข้อเสนอแนะ

1. ในกรณีข้อมูลที่ต้องการทดสอบ มีการแจกแจงแบบ Normal ควรใช้วิธีทดสอบทางพาราเมตริก ในหนังสือของ Cochran & Cox ในการทดสอบบลิคคสุ่มไม่สมบรูณ์ที่สมดุลย์ ดีกว่าวิธีการทาง นอน-พาราเมตริก ของ Durbin โดยพิจารณาจาก อำนาจการทดสอบที่สูงกว่า และ ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ดีกว่าเป็นส่วนใหญ่
2. ในกรณีข้อมูลที่ต้องการทดสอบ ไม่มีการแจกแจงแบบ Normal ( Exponential หรือ Log Normal) ควรใช้วิธีการทาง นอน-พาราเมตริก ของ Durbin ดีกว่า วิธีทดสอบทางพาราเมตริก ในการทดสอบบลิคคสุ่มไม่สมบรูณ์ที่สมดุลย์ โดยพิจารณาจาก อำนาจการทดสอบที่สูงกว่า และ ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ดีกว่าเป็นส่วนใหญ่ แม้ว่าจะทำการแปลงข้อมูลให้มีการแจกแจงเป็น Normal แล้วก็ตาม



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### แผนมาตรฐานการจัดทริทเมนต์

ค่าที่แสดงในตาราง ได้แก่ 1 หมายถึง มีค่าสังเกต

0 หมายถึง ไม่มีค่าสังเกต

ค่าสังเกตเรียงตามแนวตั้ง คือ บล็อก

ค่าสังเกตเรียงตามแนวนอน คือ ทริทเมนต์

$$\text{ทริทเมนต์} = 10 \quad \text{บล็อก} = 18 \quad \lambda = 4$$

	บล็อก
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0
	1 1 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0
	1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1
ทริทเมนต์	1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1
	0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1
	0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1
	0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1
	0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0
	0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทริทเมนต์ = 10 บล็อก = 10  $\lambda = 8$

	บล็อก
ทริทเมนต์	0111111111
	1011111111
	1101111111
	1110111111
	1111011111
	1111101111
	1111110111
	1111111011
	1111111101
	1111111110



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทวิทเมนต์ = 15 บล็อก = 15  $\lambda = 4$

	บล็อก
	11111110000000
	111100001110001
	000011111110001
	110011001101100
	001100111101100
	001111000011101
	110000110011101
ทวิทเมนต์	101001101001011
	010110011001011
	010101100111010
	101010010111010
	100101011010110
	011010101010110
	011001010100111
	100110100100111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\* ทริทเมนต์ = 15 บล๊อค = 15  $\lambda$  = 13

	บล๊อค
	011111111111111
	101111111111111
	110111111111111
	111011111111111
	111101111111111
	111110111111111
	111111011111111
ทริทเมนต์	111111101111111
	111111110111111
	111111111011111
	111111111101111
	111111111110111
	111111111111011
	111111111111101
	111111111111110



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรม Computer บางส่วน

โมดูลภาษา C++ ต่อไปนี้เป็น โมดูลในการจำลองข้อมูล และ ทดสอบข้อมูลนั้นด้วยตัวสถิติต่าง ๆ เพียงบางส่วนของที่สำคัญเท่านั้น

โมดูลการนับผลการทดสอบข้อมูลด้วยตัวสถิติต่าง ๆ ซึ่งผลการนับเก็บไว้ใน ตัวแปร 2 ตัวคือ res01 ใช้เก็บผลการทดสอบที่ Alpha = 0.01 และ res05 ใช้เก็บผลการทดสอบที่ Alpha=0.05

```
int CSimApp::TestStatistic()
{
    int test;
    bib->PutBlock( b );
    if( (test = bib->Test( 0.01 )) == 1 )
        res01->bibAcc++;
    else
        if( test == 0 )
            res01->bibRej++;
        else
            return ERROR_TESTSTAT;
    if( (test = bib->Test( 0.05 )) == 1 )
        res05->bibAcc++;
    else
        if( test == 0 )
            res05->bibRej++;
        else
            return ERROR_TESTSTAT;
    ebib->PutBlock( b );
    if( (test = ebib->Test( 0.01 )) == 1 )
        res01->ebibAcc++;
    else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if( test == 0 )
    res01->ebibRej++;
else
    return ERROR_TESTSTAT;
if( (test = ebib->Test( 0.05 )) == 1 )
    res05->ebibAcc++;
else
if( test == 0 )
    res05->ebibRej++;
else
    return ERROR_TESTSTAT;
durbin->PutBlock( b );
if( (test = durbin->Test( 0.01 )) == 1 )
    res01->durbinAcc++;
else
if( test == 0 )
    res01->durbinRej++;
else
    return ERROR_TESTSTAT;
if( (test = durbin->Test( 0.05 )) == 1 )
    res05->durbinAcc++;
else
if( test == 0 )
    res05->durbinRej++;
else
    return ERROR_TESTSTAT;

if( !pop->IsClass( "CNormal" ) )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    bib->PutBlock( bTrans );
    if( (test = bib->Test( 0.01 )) == 1 )
        res01->bibTransAcc++;
    else
        if( test == 0 )
            res01->bibTransRej++;
        else
            return ERROR_TESTSTAT;
    if( (test = bib->Test( 0.05 )) == 1 )
        res05->bibTransAcc++;
    else
        if( test == 0 )
            res05->bibTransRej++;
        else
            return ERROR_TESTSTAT;
    ebib->PutBlock( bTrans );
    if( (test = ebib->Test( 0.01 )) == 1 )
        res01->ebibTransAcc++;
    else
        if( test == 0 )
            res01->ebibTransRej++;
        else
            return ERROR_TESTSTAT;
    if( (test = ebib->Test( 0.05 )) == 1 )
        res05->ebibTransAcc++;
    else
        if( test == 0 )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        res05->ebibTransRej++;
    else
        return ERROR_TESTSTAT;
}
return SUCCESS;
}

```

โมดูลการจำลองข้อมูลให้อยู่ในรูปของบล็อกไม่สมมาตร ทดสอบข้อมูลที่ได้ว่ามีแจกแจงตามต้องการหรือไม่ ด้วย Chisquare Test ทำการ Transform ข้อมูลที่ไม่ใช่การแจกแจงแบบ Normal และทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน ด้วยวิธี Bartlett's Test แล้วจึงนำข้อมูลที่ผ่านการทดสอบทุกอย่างแล้วไปทดสอบด้วยตัวสถิติต่าง ๆ

```

int CSimApp::Simulate( int t, int l )
{
    int err = 0;

    for( int i = 0; i < nbck[t]; i++ )
    {
        int x = random( nbck[t] );
        int y = random( nbck[t] );
        int temp = bck[x];
        bck[x] = bck[y];
        bck[y] = temp;
    }

    samp->ClearSamples();
    for( i = 0; i < ntrt[t]; i++ )
        for( int j = 0; j < nbck[t]; j++ )
        {
            double x = pop->Simulate();
            *samp << x;
            b->Data( i, j ) = mean + trt[i] + bck[j] + x - pop->Mean();
        }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

memcpy( bTrans->Data(), b->Data(),
        sizeof(CBlockData) * b->NBlocks() * b->Nทรีทเมนต์s() );

int tRes;
if( !pop->IsClass( "CNormal" ) )
{
    trans->Transform();
    if( (tRes = trans->TestEqualVariance( ALPHA )) != NO_ERROR )
        return tRes;
}
else
if( (tRes = trans->TestEqualVariance( ALPHA )) != NO_ERROR )
    return tRes;
for( i = 0; i < ntrt[t]; i++ )
{
    int x = random( ntrt[t] );
    int y = random( ntrt[t] );
    int temp = randData[x];
    randData[x] = randData[y];
    randData[y] = temp;
}
for( i = 0; i < lost[l]; i++ )
{
    int col = 0;
    int row = randData[i];
    for( int j = 0; j < nbck[t]; j++ )
    {
        row %= ntrt[t];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    col %= nbck[t];
    (bTrans->Data( row, col )).exist = 0;
    (b->Data( row++, col++ )).exist = 0;
}
}
s->ClearSamples();
for( i = 0; i < ntrt[t]; i++ )
    for( int j = 0; j < nbck[t]; j++ )
        if( b->Data(i, j).exist )
            *s << samp->Samples()[i*nbck[t] + j];
if( !pop->IsClass( "CNormal" ) )
{
    popTest->PutPDF( normTest );
    normTest->SetMean( s->Mean() );
    normTest->SetVariance( s->Variance() );
    if( popTest->Test( ALPHA ) == 1 )
        return ERROR_DISTRIBUTE;
    normTest->SetMean( pop->Mean() );
    normTest->SetVariance( pop->Variance() );
    if( popTest->Test( ALPHA ) == 1 )
        return ERROR_DISTRIBUTE;
    fputc( '\n', ftrans );
    fputs( conditionStr, ftrans );
    fputc( '\n', ftrans );
    err += bTrans->SerialTo( ftrans, "%8.5lf" );
}
popTest->PutPDF( pop );
if( popTest->Test( ALPHA ) != 1 )
    return ERROR_DISTRIBUTE;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

fputc( '\n', fptr );
fputs( conditionStr, fptr );
fputc( '\n', fptr );
err += b->SerialTo( fptr, "%7.2lf" );
if( err )
{
    puts( strerror( err ) );
    return ERROR_DISKFULL;
}
return TestStatistic();
}

```

โมดูลทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนประชากร ข้อมูลที่ต้องการทดสอบนั้นจะเก็บอยู่ในตัวแปรชื่อ บล็อก ทำการทดสอบทั้งประชากรทางทรีตเมนต์ และประชากรทางบล็อก ที่ระดับนัยสำคัญ alpha

```

int CTransform::TestEqualVariance( double alpha )
{
    chisqTable->SetNu(block->Nทรีตเมนต์() - 1);
    double t = _TestEqualVariance( block->Nทรีตเมนต์(),
                                   block->NBlocks(),
                                   &CTransform::Eachทรีตเมนต์ );
    double b = _TestEqualVariance( block->NBlocks(),
                                   block->Nทรีตเมนต์(),
                                   &CTransform::EachBlock );

    if( t == ZERO_VARIANCE || b == ZERO_VARIANCE )
        return VARIANCE_ERROR;

    int tr, br;
    chisqTable->SetNu(block->Nทรีตเมนต์() - 1);
    if( alpha == 0.05 || alpha == 0.01 ) &&
        chisqTable->Nu() <= CHISQ_MAX_DF )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    *   tr = t < chisqTable->CriticalValue( alpha );
else
    tr = alpha < chisqTable->CriticalArea( t );

chisqTable->SetNu(block->NBlocks() - 1);
if( (alpha == 0.05 || alpha == 0.01) &&
    chisqTable->Nu() <= CHISQ_MAX_DF )
    br = b < chisqTable->CriticalValue( alpha );
else
    br = alpha < chisqTable->CriticalArea( b );

if( tr && br )
    return NO_ERROR;
if( !tr && br )
    return ทริทเมนต์_ERROR;
if( !br )
    return BLOCK_ERROR;
return BOTH_ERROR;
}

```

โมดูลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนแต่ละแนว

```

double Ctransform::_TestEqualVariance(int t, int b,CBlockData& (*Data)(CBlock*,int,int))
{
    double *Si = new double[t];
    CSamples *s = new CSamples;
    int N = 0;
    for( int i = 0; i < t; i++ )
    {
        for( int j = 0; j < b; j++ )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if( Data(block, i, j).exist )
    {
        s->PutSample( Data(block, i, j).info );
        N++;
    }
    Si[i] = s->Variance();
    if( Si[i] <= 0 )
        return ZERO_VARIANCE;
    s->ClearSamples();
}

double Sp = 0;
double n_1 = 0.0;
for( i = 0; i < t; i++ )
{
    Sp += (b - 1) * Si[i];
    n_1 += 1.0/(b - 1);
}
Sp /= N - t;

double C = 1 + 1.0/(3*(t - 1)) *
    (n_1 - 1.0/(N - t));

double Q = 0;
for( i = 0; i < t; i++ )
    Q += (b - 1) * log10(Si[i]);
Q = (N - t) * log10(Sp) - Q;

double chi = BARTLETT_CONST * (Q/C);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delete s;
delete Si;
return chi;
}

```

โมดูลการ Transform ข้อมูลที่ไม่ได้มีการแจกแจงแบบ Normal ด้วยวิธี Log ฐาน 10

```

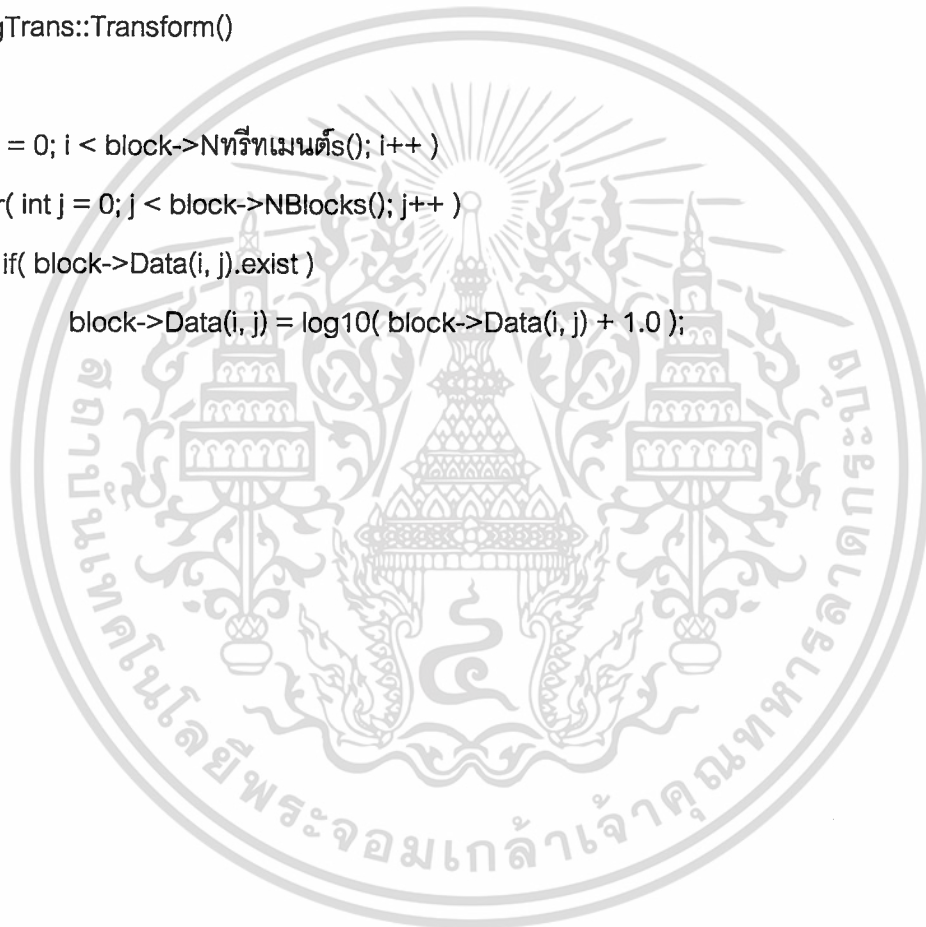
void CLogTrans::Transform()

```

```

{
for( int i = 0; i < block->Nที่ที่เม้นต์s(); i++ )
for( int j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )
if( block->Data(i, j).exist )
block->Data(i, j) = log10( block->Data(i, j) + 1.0 );
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\* โมดูลการจำลองข้อมูลให้มีการแจกแจงตามต้องการจำแนกตามแต่ละการแจกแจงได้ดังนี้ การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 และการแจกแจงเป็น Uniform เป็นดังนี้

```
double FloatRandom()
{
    return ((double)random( 10000 ) / 10000.0 + (double)random( 10000 )) / 10000.0;
}
```

การแจกแจงแบบ Normal ใช้วิธี มอนติคาโร

```
double CNormal::Simulate()
{
    double x = 0.0;
    for( int i = 0; i < Normal_SIM_LOOP; i++ )
        x += FloatRandom();
    return (x - (double)Normal_SIM_LOOP/2.0) * sqrt(variance) + mean;
}
```

การแจกแจงแบบ Log Normal ทำการจำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ Normal มาก่อน แล้วนำมาผ่านฟังก์ชัน เอกซ์โปเนนเชียล

```
double CLogNormal::Simulate()
{
    double y = 0.0;
    for( int i = 0; i < Normal_SIM_LOOP; i++ )
        y += FloatRandom();
    y = (y - (double)Normal_SIM_LOOP/2.0) * sqrt(sigmaSq) + mu;
    return exp( y );
}
```

การแจกแจงแบบ เอกซ์โปเนนเชียล ใช้วิธี Inverse Transformation double

C เอกซ์โปเนนเชียลฟ::Simulate()

```
{
    double x = FloatRandom();
    return -mean * log( 1 - x);
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\* โมดูลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูล ( Goodness of Fit ) ด้วย Chisquare Test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญด้วยตัวแปร alpha

```
int CGoodness::Test( double alpha )
{
    CFrequency *freq = new CFrequency( samples );
    freq->DoFrequency( pdf->Variance()/2 + 10 );

    int i = 0;
    int idx = 0;
    double *eTable = new double[freq->TableSize()];
    int *oTable = new int[freq->TableSize()];

    CFreqTable *table = freq->Table();
    while( i < freq->TableSize() )
    {
        double e = 0.0;
        int o = 0;
        do
        {
            o += table[i].count;
            double s = samples->SampleSize();
            double p = pdf->PDF( table[i++].info );
            e += s * p;
        } while( e < 5.0 && i < freq->TableSize() );
        if( e < 5 && idx > 0 )
        {
            oTable[idx - 1] += o;
            eTable[idx - 1] += e;
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    else
    {
        oTable[idx] = o;
        eTable[idx++] = e;
    }
}

if( (idx - 1 - paraCount) < 1 )
{
    delete freq;
    delete oTable;
    delete eTable;
    return -1;
}

double sum = 0.0;
for( i = 0; i < idx; i++ )
{
    int e = eTable[i] + 0.5;
    sum += ((double)(oTable[i] - e) * (double)(oTable[i] - e)) / e;
}

delete freq;
delete oTable;
delete eTable;

chisqTable->SetNu( idx - 1 - paraCount );

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if( (alpha == 0.05 || alpha == 0.01) &&
    chisqTable->Nu() <= CHISQ_MAX_DF )
    return sum < chisqTable->CriticalValue( alpha );
double crt = chisqTable->CriticalArea( sum );
return crt >= alpha;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\* โมดูล ต่อไปนี้เป็นโมดูลการทดสอบบล็อกไม่สมมาตรด้วยวิธี Durbin Test โมดูลแรกเป็นการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อการทดสอบ คือเป็นการเรียงลำดับข้อมูลในแต่ละบล็อก

```
void CDurbin::RankTrt()
{
    bckPerTrt = trtPerBck = 0;
    for( int i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์ส(); i++ )
        if( (block->Data( i, 0 )).exist )
            trtPerBck++;
    for( int j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )
        if( (block->Data( 0, j )).exist )
            bckPerTrt++;
    for( j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )
    {
        int maxIdx = 0;
        for( i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์ส(); i++ )
            block->Data( i, j ).tRank = 0;
        for( int k = trtPerBck; k >= 1; k-- )
        {
            double max = -1.0;
            for( i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์ส(); i++ )
            {
                if( (block->Data(i, j)).info > max &&
                    (block->Data(i, j)).exist && !(block->Data(i, j)).tRank )
                {
                    max = (block->Data(i, j)).info;
                    maxIdx = i;
                }
            }
            (block->Data(maxIdx, j)).tRank = k;
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    * }
}
for( i = 0; i < block->Nพริทเมเนตส์(); i++ )
{
    sumTable[i] = 0;
    for( int j = 0; j < block->NBlock(); j++ )
        if( (block->Data(i, j)).exist )
            sumTable[i] += (block->Data(i, j)).tRank;
}
}

```

โมดูลการทดสอบข้อมูลด้วยวิธี Durbin Test ที่ระดับนัยสำคัญ alpha

```

int CDurbin::Test(double alpha)
{
    sumTable = new int[block->Nพริทเมเนตส์()];
    * RankTrt();
    int trt = block->Nพริทเมเนตส์();
    long sumTrt = 0;
    for( int i = 0; i < trt; i++ )
        sumTrt += sumTable[i]*sumTable[i];
    delete sumTable;
    chisqTable->SetNu( trt - 1 );
    double T = ( (12.0 * (trt-1)) /
        (bckPerTrt*trt*(trtPerBck-1)*(trtPerBck+1)) ) * sumTrt -
        ( (3.0*bckPerTrt*(trt-1)*(trtPerBck+1)) / (trtPerBck-1) );
    if( T <= 0 )
        return -1;
    if( (alpha == 0.05 || 0.01) && chisqTable->Nu() <= CHISQ_MAX_DF )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
* return T < chisqTable->CriticalValue( alpha );  
return chisqTable->CriticalArea( T ) > alpha;  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โมดูลการจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้ในการทดสอบข้อมูลด้วย F Test

```

void CBIBTest::CalMean()
{
    bckPerTrt = trtPerBck = 0;
    for( int i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์ส(); i++ )
        if( block->Data( i, 0 ).exist )
            trtPerBck++;
    for( int j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )
        if( block->Data( 0, j ).exist )
            bckPerTrt++;

    for( j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )
    {
        sumBck[j] = 0;
        for( int i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์ส(); i++ )
            if( block->Data( i, j ).exist )
                sumBck[j] += block->Data( i, j ).info;
    }

    sumAll = sumSq = 0;
    N = 0;
    for( i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์ส(); i++ )
    {
        sumTrt[i] = 0;
        for( j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )
            if( block->Data( i, j ).exist )
            {
                sumTrt[i] += block->Data( i, j ).info;
                sumSq += block->Data( i, j ).info * block->Data( i, j ).info;
            }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        N++;
    }
    sumAll += sumTrt[i];
}
}

```

โมดูลการจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้ในการทดสอบข้อมูลด้วย F Test อีกชั้นหนึ่ง

```

void CEBIBTest::CalMean()
{
    CEBIBTest::CalMean();
    for( int i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์s(); i++ )
    {
        sumBi[i] = 0;
        for( int j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )
            if( block->Data(i, j).exist )
                sumBi[i] += sumBck[j];
        sumQi[i] = trtPerBck*sumTrt[i] - sumBi[i];
    }
}

```

การทดสอบข้อมูลด้วย F Test จากหนังสือของ Cochran & Cox ที่ระดับนัยสำคัญ alpha

```

int CEBIBTest::Test( double alpha )
{
    sumTrt = new double[block->Nทรีทเมนต์s()];
    sumBck = new double[block->NBlocks()];
    sumBi = new double[block->Nทรีทเมนต์s()];
    sumQi = new double[block->Nทรีทเมนต์s()];
    sumWi = new double[block->Nทรีทเมนต์s()];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CalMean();
double lamda = (double)bckPerTrt*(trtPerBck-1) / (block->Nทรีทเมนต์s()-1);
double CF = (sumAll*sumAll)/N;
double SST = sumSq - CF;

double SSTrtUnAdj = 0;
double SSTrtAdj = 0;
for( int i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์s(); i++ )
{
    SSTrtUnAdj += sumTrt[i] * sumTrt[i];
    SSTrtAdj += sumQi[i] * sumQi[i];
}
SSTrtAdj = SSTrtAdj / (trtPerBck*block->Nทรีทเมนต์s()*lamda);
SSTrtUnAdj = SSTrtUnAdj/bckPerTrt - CF;

double SSBUnAdj = 0;
for( int j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )
    SSBUnAdj += sumBck[j] * sumBck[j];
SSBUnAdj = SSBUnAdj/trtPerBck - CF;

double SSBAdj = SSBUnAdj + SSTrtAdj - SSTrtUnAdj;
double SSE = SST - SSTrtUnAdj - SSBAdj;
int sseDF = N - block->Nทรีทเมนต์s() - block->NBlocks() + 1;
int ssTrtDF = block->Nทรีทเมนต์s() - 1;
double MSE = SSE / sseDF;
double MSB = SSBAdj / (block->NBlocks() - 1);
double F;
if( MSB <= MSE )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

* F = (SSTrtUnAdj/ssTrtDF) /
  ( (SST - SSTrtUnAdj)/(N - block->Nทรีทเมนต์s()) );
else
{
  for( i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์s(); i++ )
    sumWi[i] = (block->Nทรีทเมนต์s() - trtPerBck)*sumTrt[i] -
      (block->Nทรีทเมนต์s() - 1)*sumBi[i] +
      (trtPerBck - 1)*sumAll;
  double mu = ( (block->NBlocks()-1)*(MSB-MSE) ) /
    ( block->Nทรีทเมนต์s()*trtPerBck-1)*
    (block->NBlocks()-1)*MSB +
    (block->Nทรีทเมนต์s()-trtPerBck)*
    (block->NBlocks()-block->Nทรีทเมนต์s())*MSE );
  SSTrtAdj = 0;
  for( i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์s(); i++ )
  {
    sumTrt[i] += mu*sumWi[i];
    SSTrtAdj += sumTrt[i]*sumTrt[i];
  }
  SSTrtAdj = SSTrtAdj / bckPerTrt - CF;
  MSE *= 1 + mu*(block->Nทรีทเมนต์s()-trtPerBck);
  F = (SSTrtAdj/ssTrtDF) / MSE;
}
delete sumTrt;
delete sumBck;
delete sumBi;
delete sumQi;
delete sumWi;
if( F <= 0 )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    *   return -1;
    FTable->SetNu( ssTrtDF, sseDF );
    return F < FTable->CriticalValue( alpha );
}

```

การทดสอบข้อมูลด้วย F Test จากหนังสือของ Douglas C. Montgomery ที่ระดับนัย  
สำคัญ alpha

```

int CBIBTest::Test( double alpha )
{
    sumTrt = new double[block->Nทรีทเมนต์s()];
    sumBck = new double[block->NBlocks()];
    CalMean();
    long lamda = (double)bckPerTrt*(trtPerBck-1) / (block->Nทรีทเมนต์s()-1);
    double meanSq = (sumAll*sumAll)/N;
    double SST = sumSq - meanSq;

    double SSB = 0;
    for( int j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )
        SSB += sumBck[j] * sumBck[j];
    SSB = (SSB/trtPerBck) - meanSq;

    double SSTrt = 0.0;
    double SSQ = 0.0;
    for( int i = 0; i < block->Nทรีทเมนต์s(); i++ )
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

* double Qi = 0.0;

for( j = 0; j < block->NBlocks(); j++ )

    if( block->Data(i, j).exist )

        Qi += sumBck[j];

    Qi = sumTrt[j] - Qi/trtPerBck;

    SSQ += Qi * Qi;

}

SSTrt = (trtPerBck * SSQ) / (lamda * block->Nทรีทเมนต์());

delete sumTrt;

delete sumBck;

double SSE = SST - SSTrt - SSB;

if( SSE < 0 )

{

    return -1;

}

int sseDF = N - block->Nทรีทเมนต์() - block->NBlocks() + 1;

int ssTrtDF = block->Nทรีทเมนต์() - 1;

double F = (SSTrt*sseDF) / (SSE*ssTrtDF);

if( F <= 0 )

    return -1;

FTable->SetNu( ssTrtDF, sseDF );

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*static double fTab = FTable->CriticalValue( alpha );  
  
return F < FTable->CriticalValue( alpha );  
  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- สุรพล อุบัติสกุล: "สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1 และ เล่ม 2", สหมิตรออฟเซท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 3 ปี 2536, ISBN 974-562-346-6.
- รศ. ดร. บุญเรียง ขจรศิลป์ "สถิติวิจัย II" เบสท์ กราฟฟิค เพรส พิมพ์ครั้งที่ 2 ปี 2537 ISBN 974-85637-1-5.
- Crow, Edwin L. and Shimizu, Kunio. "LogNormal Distributions", Marcel Dekker. New York. USA., 1<sup>st</sup> Edition, 1988, ISBN 0-8247-7803-0.
- Daniel, Wayne W. "Applied NonParametric Statistics", PWS-KENT Publishing Boston. USA., 2<sup>nd</sup> Edition, 1990, ISBN 0-534-91976-6.
- Cochran, W.G. and Cox, G.M. "Experimental Designs" John Weley & Sons. Singapore. 2<sup>nd</sup> Edition, 1950
- Bouglas C. Montgory. "Design And Analysis Of Experiments" John Weley & Son. Singapore. พิมพ์ครั้งที่ 3 ปี 1991
- Freund, John E. "Mathematical Statistics" Prentice - Hall International Inc. USA. 5<sup>th</sup> Edition, 1992, ISBN 0-13-565185-9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้