ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนแบบจัตุรัสลาตินที่ปัจจัยทดลองและปัจจัยบล็อกเป็นปัจจัยคงที่

นายมงคล ลีลาไพบูลย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

MONTE CARLO LIKELIHOOD RATIO TEST STATISTIC FOR LATIN SQUARE DESIGN WITH FIXED TREATMENT AND BLOCKING FACTORS

Mr. Mongkol Leelaphaiboon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Statistics Program in Statistics
Department of Statistics
Faculty of Commerce and Accountancy
Chulalongkorn University
Academic Year 2007

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนแบบจัตุรัสลาตินที่ปัจจัยทดลองและปัจจัยบล็อกเป็นปัจจัยคงที่
โดย	นายมงคล ลีลาไพบูลย์
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ ตันละมัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา)

.... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง)

มงคล ลีลาไพบูลย์ : ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนแบบจัตุรัสลาตินที่ปัจจัยทดลองและปัจจัยบล็อกเป็นปัจจัยคงที่. (MONTE CARLO LIKELIHOOD RATIO TEST STATISTIC FOR LATIN SQUARE DESIGN WITH FIXED TREATMENT AND BLOCKING FACTORS) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สุพล ดุรงวัฒนา, 159 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง สำหรับแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์ที่เป็นปัจจัยคงที่ ซึ่งการทดสอบนี้ได้ทำการศึกษา 2 วิธี คือตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น โดยที่ตัวแบบมีรูปแบบดังนี้ $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk}$ เมื่อ i,j,k = 1,2,3,...,p ในงานวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดความคลาดเคลื่อน (ε_{ijk}) เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเป็น σ^2 เมื่ออิทธิพลของปัจจัยทดลองและปัจจัยบล็อกเป็นไปในเชิงบวก การจำลองข้อมูลในครั้งนี้ได้ทำการจำลองข้อมูลจากเทคนิคมอนติคาร์ด้วยโปรแกรม S-PLUS 2000 โดยกำหนดสถานการณ์ต่างๆ ไว้ดังนี้ จำนวนวิธีทดลอง จำนวนปัจจัยแถว จำนวนปัจจัยคอลัมน์ เท่ากับ 3 4 5 6 7 และสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ที่ระดับนัยสำคัญที่ใช้ศึกษาคือ 0.001 0.01 และ 0.05 ใช้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทั้ง 2 วิธี ผลการวิจัยได้ดังนี้ คือ

การตรวจสอบความผิดพลาดประเภทที่ 1

ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.001 0.01 และ 0.05 ในกรณีส่วนใหญ่ตัวสถิติมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้ความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากันหรือใกล้เคียงกันเกือบทุกกรณี

การตรวจสอบอำนาจการทดสอบ

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่า ตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับ ตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี และเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากันหรือใกล้เคียงกับ ตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

ภาควิชาสถิติ
สาขาวิชาสถิติ
ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่อนิสิต.....มงคล ลีลาไพบูลย์.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

##4882237826 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD : MONTE CARLO LIKELIHOOD RATIO TEST / LIKELIHOOD RATIO TEST / LATIN SQRARE DESIGN / TYPE 1 ERROR / POWER OF THE TEST

MONGKOL LEELAPHAIBOON : MONTE CARLO LIKELIHOOD RATIO TEST STATISTIC FOR LATIN SQUARE DESIGN WITH FIXED TREATMENT AND BLOCKING FACTORS. THESIS ADVISOR : ASSOC . PROF. SUPOL DURONGWATANA , Ph.D., 159 pp.

This study has 2 methods; Likelihood ratio test statistic and Monte Carlo test base on likelihood ratio. The model is $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk}$ when i,j,k = 1,2,3,...,p The Error (ε_{ijk}) of this experiment is conducted as random variables that has normal distribution and are independent which its mean is 0 and variance is σ^2 , when influence of variable factor and fixed-factor have positive figure. To generate the data for this study, the Monte Carlo simulation technique is done using S-PLUS 2000 package. The numbers of treatment, numbers of row factor and numbers of column factor are equal to 3 4 5 6 7 and coefficient figures of variation are specified at 5% 10% 15% 20% and 25%. The significant levels for this study are at 0.001 0.01 and 0.05. The Type 1 Error and power of the test are a measure for comparison efficiencies of both methods. The result of this study can be summarized as follows;

Type 1 Error Evaluation

At the significant levels 0.001 0.01 and 0.05, almost all of the cases, Monte Carlo likelihood ratio test statistic gives Type 1 Error of tests resulting equally or almost the same.

Power of the test Evaluation

When the difference of treatments effect is less, Monte Carlo likelihood ratio test statistic gives power of test higher than likelihood ratio test statistic in almost of the cases. When the difference of treatments effect is moderate, Monte Carlo likelihood ratio test statistic gives power of the test higher or equal to the likelihood ratio test statistic in almost of the cases. And when the treatments' influences are so mush different , Monte Carlo likelihood ratio test statistic gives power of the resulting equally or almost the same as likelihood ratio test statistic in almost of the cases.

Department : Statistics

Field of study : Statistics

Academic year : 2007

Student's signature : Mongkol Leelaphaiboon

Advisor's signature :

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของรองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยดีเสมอมา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา ในฐานะประธานกรรมการ และอาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา และประสิทธิประสาทความรู้ให้แก่ผู้เขียนจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา และขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่ให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา จึงขอกราบขอบคุณมา ณ ที่นี้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ฐ
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 สมมติฐานของการวิจัย	2
	1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น	2
	1.5 ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.6 เกณฑ์ในการตัดสินใจ	4
	1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	5
	1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
	1.9 วิธีดำเนินการวิจัย	6
2	แนวคิดและทฤษฎี	7
	2.1 แผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่ปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว ปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่	7
	2.2 ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว ปัจจัยคอลัมน์ที่เป็นปัจจัยคงที่	10
	2.3 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น	17
	2.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน	18
3	วิธีดำเนินการวิจัย	21
	3.1 การจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล	21
	3.2 แผนการดำเนินการวิจัย	22

บทที่ หน้า

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.. 23

3.3.1 สร้างการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดในแผนการทดลอง... 24

3.3.2 การสร้างอิทธิพลของวิธีทดลอง (τ_i) ให้แตกต่างกัน............. 24

3.3.3 การสร้างอิทธิพลของปัจจัยแถว (β_j) และปัจจัยคอลัมน์ (α_k) ให้แตกต่างกัน.. 26

3.3.4 การสร้างข้อมูลตามแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาติน............ 26

3.3.5 คำนวณค่าสถิติทั้ง 2 วิธี.. 27

3.3.6 การหาค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการการทดสอบ.. 27

3.3.7 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบตัวสถิติทั้ง 2 วิธี... 28

3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.. 28

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.. 30

4.1 กรณีที่ 1 ผลการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบโดยการพิจารณาจากค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1.. 33

4.2 กรณีที่ 2 ผลการวิจัยของการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้การทดสอบโดยพิจารณาจากค่าอำนาจการทดสอบ... 48

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.. 122

5.1 สรุปผลการวิจัย……………………………………………..……………... 123

5.2 ข้อเสนอแนะ.. 124

รายการอ้างอิง.. 126

ภาคผนวก... 127

ภาคผนวก ก.. 128

ภาคผนวก ข.. 134

ภาคผนวก ค.. 138

ภาคผนวก ง.. 155

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.. 159

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 แสดงลักษณะของข้อมูลจากแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์คงที่.. 8

2.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่.. 9

2.3 ตารางแสดงค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (λ^*) จากข้อมูลที่สร้างขึ้นมาแต่ละรอบ.. 18

4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 33

4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะ เป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01.. 34

4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05.. 35

4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001.. 36

4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01.. 37

4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05.. 38

4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001.. 39

ตาราง หน้า

4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 40

4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05.................................... 41

4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001.................................... 42

4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01.................................... 43

4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05.................................... 44

4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001.................................... 45

4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01.................................... 46

4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05.................................... 47

4.16 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$.................................... 62

ตาราง หน้า

4.17 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ 63

4.18 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ 64

4.19 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 4 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$ 65

4.20 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 4 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ 66

4.21 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 4 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ 67

4.22 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$ 68

4.23 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ 69

4.24 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ 70

4.25 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 6 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$ 71

ตาราง หน้า

4.26 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 6 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ 72

4.27 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 6 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ 73

4.28 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 7 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$ 74

4.29 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 7 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ 75

4.30 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 7 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ 76

สารบัญรูปภาพ

ภาพ หน้า

2.1 แผนขั้นตอนของการทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น………………...... 20

3.1 แสดงผังงานสำหรับการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง.. 29

4.1 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001.. 77

4.2 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01.. 80

4.3 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05.. 83

4.4 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001.. 86

4.5 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01.. 89

4.6 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05.. 92

4.7 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001.. 95

4.8 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01.. 98

ภาพ หน้า

4.9 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 101

4.10 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 104

4.11 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 107

4.12 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 110

4.13 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 113

4.14 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 116

4.15 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 119

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผนการทดลองจัตุรัสลาติน (Latin Square Design : LSD) เป็นแผนการทดลองแบบหนึ่งของการวางแผนวิจัยที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้กับงานด้านต่างๆ เช่น ทางด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านวิศวกรรม ฯลฯ แผนการทดลองจัตุรัสลาติน สามารถควบคุมความแปรปรวนของการทดลองที่เกิดจากปัจจัยรบกวนได้ 2 ทาง (Two direction variability control) หรืออาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการดำเนินการทดลอง แล้วไม่สามารถควบคุมอิทธิพลของปัจจัยรบกวนได้ โดยการจัดกลุ่มของหน่วยทดลองออกเป็น 2 กลุ่มตามแหล่งความแปรปรวน เรียกว่า ปัจจัยรบกวนแรกที่ใช้แบ่งบล็อกว่า ปัจจัยแถว (Row factor) และปัจจัยรบกวนสองที่ใช้ในการแบ่งบล็อกด้วยพร้อมปัจจัยรบกวนแรกว่า ปัจจัยคอลัมน์ (Column factor) แผนการทดลองจัตุรัสลาตินจะสามารถควบคุมหรือขจัดความผันแปรที่ไม่ใช่อิทธิพลของวิธีการทดลองออกไปจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ทำให้ผู้ทดลองสามารถวัดอิทธิพลของแต่ละวิธีทดลองที่มีประสิทธิภาพได้มากขึ้น

โดยทั่วไปการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองนั้น ผู้ทดลองมักจะใช้การทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) หรือการทดสอบเอฟ (F-test) เนื่องจากสามารถอธิบายที่มาของผลการทดสอบได้อย่างชัดเจน และใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่การใช้วิธีนี้จำเป็นจะต้องมีข้อกำหนดไว้ด้วยว่า ค่าสังเกตจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระต่อกัน ข้อมูลที่นำมาทดสอบต้องมีความแปรปรวนคงที่ และความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเป็นศูนย์ นอกจากการทดสอบเอฟแล้ว ยังมีอีกวิธีที่ใช้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองได้ การทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Ratio Test Statistic)

การทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Ratio Test Statistic) ใช้ในกรณีการทดสอบ $H_0 : \mu = \mu_0$ vs $H_1 : \mu \neq \mu_0$ หรือกรณีที่มีค่าพารามิเตอร์อื่นซึ่งไม่ต้องการทดสอบแต่เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่กำหนดค่าอยู่ด้วย และสำหรับแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาตินนั้น การทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะมีบทบาทสำคัญในส่วนที่เกี่ยวกับทฤษฎีการทดสอบสมมติฐานโดยใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด มาประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

วิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo) เป็นการสร้างข้อมูลจากตัวอย่างสุ่มและใช้ประโยชน์ในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์เพื่ออนุมานเชิงสถิติเกี่ยวกับประชากรที่สนใจ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการทดสอบมอนติคาร์โลภายใต้พื้นฐานของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เรียกวิธีนี้ว่า ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Monte Carlo Likelihood Ratio Test Statistic) มาทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่ และเปรียบเทียบการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง ด้วยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง สำหรับแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์ที่เป็นปัจจัยคงที่ ซึ่งการทดสอบนี้ได้ทำการศึกษา 2 วิธี คือ

1. ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น
2. ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้ ค่าความผิดพลาดประเภทที่หนึ่ง (Type 1 Error) น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และมีอำนาจการทดสอบ (Power of the test) สูงกว่าทุกกรณี

1.4 ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. สำหรับการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาติน โดยปัจจัย 3 ด้าน คือ ปัจจัยทดลอง มี p ระดับ ปัจจัยแถว (Row factor) มี p ระดับ และ ปัจจัยคอลัมน์ (Column factor) มี p ระดับ ปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่ จะมีจำนวนหน่วยทดลองในการทดลองหนึ่งๆ เท่ากับ $p \times p$ หน่วย มีตัวแบบเป็นดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk} \qquad ; \quad i, j, k = 1,2,3,\ldots,p$$

เมื่อ Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตของวิธีทดลองที่ i ปัจจัยแถวที่ j ปัจจัยคอลัมน์ที่ k

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

τ_i คือ อิทธิพลของวิธีการทดลองที่ i

β_j คือ อิทธิพลของปัจจัยแถวที่ j

α_k คือ อิทธิพลของปัจจัยคอลัมน์ที่ k

ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนของวิธีการทดลองที่ i ปัจจัยแถวที่ j และปัจจัยคอลัมน์ที่ k

และ p คือ จำนวนวิธีการทดลอง จำนวนปัจจัยแถว และ จำนวนปัจจัยคอลัมน์

2. ความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติและอิสระซึ่งกันและกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

3. เมื่อ τ_i เป็นอิทธิพลของวิธีทดลองที่ i , β_j เป็นอิทธิพลของปัจจัยแถวที่ j , α_k เป็นอิทธิพลของปัจจัยคอลัมน์ที่ k และเป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า โดยที่ $\sum_{i=1}^{p}\tau_i = 0$, $\sum_{j=1}^{p}\beta_j = 0$ และ $\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากรศึกษาในกรณีที่ข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นโดยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น โดยการกำหนดปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ศึกษาวิธีทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาติน ที่ปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์ที่เป็นปัจจัยคงที่ โดยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นและตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

2. ความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระซึ่งกันและกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

3. ตัวแบบประชากรที่ศึกษา คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk} \quad ; i,j,k = 1,2,\ldots,p$$

4. กำหนดจำนวนปัจจัยในแบบแผนการทดลองจัตุรัสลาติน ดังนี้

จำนวนวิธีทดลอง (i) เท่ากับ 3,4,5,6,7

จำนวนปัจจัยแถว (j) เท่ากับ 3,4,5,6,7

จำนวนปัจจัยคอลัมน์ (k) เท่ากับ 3,4,5,6,7

ดังนั้นจะมีจำนวนหน่วยตัวอย่างเท่ากับ 9,16,25,36 และ 49 หน่วยทดลองตามลำดับ

5. สร้างอิทธิพลของวิธีทดลอง (τ_i) ให้แตกต่างกัน โดยพิจารณา $\sum_{i=1}^{p}\tau_i = 0$ และให้ Φ_τ เป็นตัวกำหนดดังนี้

$$\Phi_\tau = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{p}\tau_i^2}}{\sigma}$$

(Φ_τ แทน สัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของวิธีทดลอง)

5.1 ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีการทดลอง มีความแตกต่างกันน้อย ค่า Φ_τ อยู่ระหว่าง [0,1.5)

5.2 ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีการทดลอง มีความแตกต่างกันปานกลาง ค่า Φ_τ อยู่ระหว่าง [1.5,3.0)

5.3 ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีการทดลอง มีความแตกต่างมากกัน ค่า Φ_τ มากกว่าหรือเท่ากับ 3

6. สร้างอิทธิพลของปัจจัยแถว β_j และปัจจัยคอลัมน์ α_k ให้ความแตกต่างกันโดยพิจารณา $\sum_{j=1}^{p}\beta_j = 0$ และ $\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$ ตามลำดับ โดยกำหนดความแตกต่างที่ระดับ Φ_β = 2.0 และ Φ_α = 2.5 ได้ดังนี้

$$\Phi_\beta = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^{p}\beta_j^2}}{\sigma} \qquad \text{และ} \qquad \Phi_\alpha = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^{p}\alpha_k^2}}{\sigma}$$

7. กำหนดค่าพารามิเตอร์โดยใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

7.1 กำหนดให้ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร (μ) เท่ากับ 50

7.2 กำหนดให้ข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation : CV %) ในระดับต่างๆดังนี้ 5% 10% 15% 20% และ 25%

8. ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ (α) ครั้งนี้เป็น 0.001 0.01 และ 0.05 ในการวิจัยครั้งนี้จะสร้างแบบจำลองข้อมูลโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) เขียนด้วย S-PLUS การจำลองในแต่ละสถานการณ์จะใช้การทำซ้ำ 600 รอบ และการสร้างตัวอย่างในวิธีการทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะกระทำซ้ำ 400 รอบ

1.6 เกณฑ์ในการตัดสินใจ

ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจากค่า P-Value ของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และตัวตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลด้วยอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่จะศึกษาและคำนวณหาค่าความผิดพลาดประเภทที่หนึ่ง (Type 1 Error) และค่าอำนาจ

การทดสอบ (Power of the test) โดยจะเปรียบเทียบตัวสถิติทั้งสองวิธีว่าตัวสถิติทดสอบของวิธีใดให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่หนึ่ง (Type 1 Error) น้อยกว่า และให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดก็จะเป็นตัวสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองที่เหมาะสม

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.7.1 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type 1 Error) หมายถึงความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างเป็นจริง

1.7.2 ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type 2 Error) หมายถึงความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างเป็นเท็จ

1.7.3 ค่า P-Value หมายถึง ความน่าจะเป็นตัวสถิติทดสอบจะมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับค่าสถิติทดสอบที่ได้จากตัวอย่าง หรือมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าสถิติทดสอบที่ได้จากตัวอย่างเป็นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า α เพื่อตัดสินใจปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานว่างต่อไป

1.7.4 อำนาจการทดสอบ (Power of the test) หมายถึงความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นเท็จจะมีค่าเท่ากับ $(1-\beta)$

1.7.5 วิธีทดลอง (Treatment) หมายถึงสิ่งหรือวิธีที่นำมาเพื่อศึกษาวัดผลเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลองหรือระดับหนึ่งๆ ของปัจจัยที่ใช้ศึกษาทดลอง

1.7.6 หน่วยทดลองหรือค่าสังเกต (Observation) หมายถึง สิ่งหนึ่งที่นำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งหน่วยทดลองแต่ละหน่วยจะได้รับวิธีทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์แตกต่างกัน

1.7.7 ปัจจัยแถว (Row factor) หมายถึง ปัจจัยรบกวนปัจจัยแรกที่ใช้แบ่งบล็อก

1.7.8 ปัจจัยคอลัมน์ (Column factor) หมายถึง ปัจจัยรบกวนปัจจัยที่สองที่ใช้แบ่งบล็อกด้วยพร้อมกันกับปัจจัยรบกวนปัจจัยแรก

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของปัจจัยในแผนแบบจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ที่มีปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่ ได้อย่างเหมาะสม

1.8.2 สามารถนำตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ไปใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองในแผนการทดลองจัตุรัสลาติน ที่ปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่

1.8.3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นในแผนแบบอื่นๆ

1.9 วิธีดำเนินการวิจัย

1.9.1 ศึกษาวิธีการทดสอบสมมติฐาน ที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

1.9.1.1 ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

1.9.1.2 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

1.9.2 ศึกษาการเขียนโปรแกรมจำลองค่าสังเกตในตัวแบบที่ต้องการศึกษา

1.9.3 จำลองข้อมูลตามขอบเขตที่ต้องการศึกษา รวมทั้งเขียนโปรแกรมการทดสอบสมมติฐาน

1.9.4 สรุปผลที่ได้จากข้อมูลจำลอง

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎี

ในทางสถิติแนวการคิดของการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองสำหรับแผนการทดสอบแบบจัตุรัสลาติน ที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่ และในการศึกษาครั้งนี้เราจะทำการศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลด้วยอัตราส่วนภาวะน่าเป็น (Monte Carlo Likelihood Ratio Test Statistic) กับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นแบบปกติ (Likelihood Ratio Test Statistic) โดยพิจารณาจากค่าความผิดพลาดประเภทที่หนึ่ง (Type 1 Error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิติทดสอบทั้งสองวิธีเปรียบเทียบกัน ในขั้นต้นเราจะกล่าวถึงตัวแบบสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาติน การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือการทดสอบเอฟ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นและขั้นตอนของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

2.1 แผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่

แผนการทดลองจัตุรัสลาตินเป็นแผนการทดลองเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง กรณีที่ผู้ทดลองทราบแหล่งหรือทิศทางของความแปรปรวน 2 แหล่ง เพื่อทำการควบคุมความแปรปรวนดังกล่าวออกจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง ทำให้สามารถวัดอิทธิพลของวิธีการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดกลุ่มของหน่วยทดลองออกเป็น 2 กลุ่มตามแหล่งความแปรปรวนนั้น เรียกกลุ่มแรกว่า ปัจจัยแถว (Row factor) และกลุ่มสอง คือ ปัจจัยคอลัมน์ (Column factor) ในแผนการทดลองนี้จะทำการศึกษาปัจจัยทั้ง 3 ด้าน นั่นคือ ปัจจัยแถว ปัจจัยคอลัมน์ และวิธีทดลอง ด้านละ p ระดับ วิธีทดลองแต่ละวิธีจะปรากฏขึ้นเพียงครั้งเดียวในแถวและคอลัมน์ จึงทำให้ความผันแปรระหว่างบล็อกจะไม่มีผลกระทบแต่ความผันแปรของวิธีการทดลอง ดังนั้นจะมีจำนวนหน่วยตัวอย่างในการทดลองหนึ่งๆ เท่ากับ p×p หน่วย และจะได้ตัวแบบสำหรับ Y ซึ่งคือ ค่าสังเกตของวิธีทดลองที่ i ปัจจัยแถวที่ j และปัจจัยคอลัมน์ที่ k

แผนการทดลองจัตุรัสลาติน มีตัวแบบผลบวกและลักษณะของข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 และมีตัวแบบสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาติน แบบวิธีทดลองที่ (Fixed-effect) ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk} \quad ; \text{i,j,k} = 1,2,\ldots,p$$

เมื่อ Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตของวิธีทดลองที่ i ปัจจัยแถวที่ j ปัจจัยคอลัมน์ที่ k

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

τ_i คือ อิทธิพลของวิธีการทดลองที่ i

β_j คือ อิทธิพลของปัจจัยแถวที่ j

α_k คือ อิทธิพลของปัจจัยคอลัมน์ที่ k

ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนของวิธีการทดลองที่ i ปัจจัยแถวที่ j และปัจจัยคอลัมน์ที่ k

และ p คือ จำนวนวิธีการทดลอง จำนวนปัจจัยแถว และ จำนวนปัจจัยคอลัมน์

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะของข้อมูลจากแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์คงที่

(row factor) j = 1,2,…,p	(column factor) k = 1,2, … , p						**รวม** $y_{.j.}$	**ค่าเฉลี่ย** $\bar{y}_{.j.}$
	1	2	.	.	.	p		
1	y_{111}	y_{412}	.	.	.	y_{31p}	$y_{.1.}$	$\bar{y}_{.1.}$
2	y_{321}	y_{122}	.	.	.	y_{22p}	$y_{.2.}$	$\bar{y}_{.2.}$
3	y_{231}	y_{332}	.	.	.	y_{53p}	$y_{.3.}$	$\bar{y}_{.3.}$
.	.	.				.	.	.
.	.	.				.	.	.
.	.	.				.	.	.
p	y_{4p1}	y_{pp2}	.	.	.	y_{1pp}	$y_{.p.}$	$\bar{y}_{.p.}$
รวม $y_{..k}$	$y_{..1}$	$y_{..2}$	.	.	.	$y_{..p}$	$y_{...}$	
ค่าเฉลี่ย $\bar{y}_{..k}$	$\bar{y}_{..1}$	$\bar{y}_{..2}$	.	.	.	$\bar{y}_{..p}$		$\bar{y}_{...}$

ตารางที่ 2.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่

สาเหตุของความแปรปรวน	**ระดับความเป็นเสรี**	**ผลรวมกำลังสอง**	**ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย**	**F-test**
วิธีทดลอง	(p-1)	SSTr= $\frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p}\left(\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}\right)^2 - \frac{1}{p}\left(\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}\right)^2$	MSTr= $\frac{SSTr}{p-1}$	F= $\frac{MSTr}{MSE}$
ปัจจัยแถว	(p-1)	SSA= $\frac{1}{p}\sum_{k=1}^{p}\left(\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}\right)^2 - \frac{1}{p}\left(\sum_{k=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}\right)^2$	MSA= $\frac{SSA}{p-1}$	F= $\frac{MSA}{MSE}$
ปัจจัยคอลัมน์	(p-1)	SSB= $\frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p}\left(\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}\right)^2 - \frac{1}{p}\left(\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}\right)^2$	MSB= $\frac{SSB}{p-1}$	F= $\frac{MSB}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	(p-1)× (p-2)	SSE= $\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(y_{ijk} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{..k} + 2\bar{y}_{...}\right)^2$	MSE= $\frac{SSE}{(p-1)(p-2)}$	
รวม	p^2-1	SST= $\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(y_{ijk}\right)^2 - \frac{1}{p^2}\left(\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}\right)^2$		

เมื่อ y_{ijk} คือ ค่าสังเกตของวิธีทดลองที่ i ปัจจัยแถวที่ j และปัจจัยคอลัมน์ที่ k

$\bar{y}_{...}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวและในทุกปัจจัยแถว และในทุกปัจจัยคอลัมน์

เท่ากับ $\frac{\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}}{p^2}$

$\bar{y}_{i..}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในปัจจัยแถว หรือปัจจัยคอลัมน์ของวิธีการทดลองที่ i

เท่ากับ $\frac{\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}}{p} = \frac{\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}}{p}$

$\bar{y}_{.j.}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในปัจจัยคอลัมน์ ของปัจจัยแถวที่ j เท่ากับ $\frac{\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}}{p}$

$\bar{y}_{..k}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในปัจจัยแถว ของปัจจัยคอลัมน์ที่ k เท่ากับ $\frac{\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}}{p}$

และ p คือจำนวนวิธีการทดลอง จำนวนปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์

<u>ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน</u>

1. อิทธิพลวิธีการทดลองและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เป็นตัวแบบบวก
2. ความคลาดเคลื่อนของการทดลองเกิดขึ้น โดยสุ่มเป็นอิสระต่อกันมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีความแปรปรวนเท่ากันคือ σ^2

<u>สมมติฐานในการทดสอบ</u>

สำหรับตัวแบบกำหนด (Fixed model)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = ... = \mu_p$ หรือ $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = ... = \tau_p = 0$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ ของ i $\neq$ j หรือ $H_1 : \tau_i \neq \tau_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ ของ i $\neq$ j

<u>เกณฑ์การตัดสินใจ</u>

ในการทดสอบจะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่า F จากการคำนวณมีค่ามากว่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่องศาความเป็นอิสระ $\nu_1 = (p-1)$ และ $\nu_2 = (p-1)(p-2)$ สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[\alpha,(p-1),(p-1)(p-2)]}$ หรือ พิจารณาจากค่า P-Value จะใช้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้

- ค่า P-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง
- ค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้จะยอมรับสมมติฐานว่าง

2.2 ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่

การทดสอบสมมติฐานโดยใช้หลักเกณฑ์อัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Ratio Principle) ในการหาแบบทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบสมมติฐานของแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่มีรายละเอียดดังนี้

กำหนดให้ $Y_{ijk} \sim NID(\mu_{ijk}, \sigma^2)$ โดยที่ i,j,k=1,2,3,…,p

เมื่อให้ $\mu_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k$ ภายใต้เงื่อนไข $\sum_{i=1}^{p} \tau_i = 0$, $\sum_{j=1}^{p} \beta_j = 0$, $\sum_{k=1}^{p} \alpha_k = 0$

และ $\varepsilon_{ijk} \sim NID(0, \sigma^2)$

ซึ่งมี $y_{111}, y_{112}, ..., y_{11p}..., y_{pp1}, y_{pp2}, ..., y_{ppp}$ เป็นตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีฟังก์ชันความหนาแน่น $f(\tilde{y};\tilde{\theta})$ โดยที่ $\tilde{\theta} \in \Omega$

เมื่อกำหนดให้ Ω แทนสเปซของพารามิเตอร์

ω แทนสับเซตของ Ω ที่กำหนด (Specified) โดย H_0

$L(\Omega)$ แทนฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood function) เมื่อ $\tilde{\theta} \in \Omega$

$L(\omega)$ แทนฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood function) เมื่อ $\tilde{\theta} \in \omega$

$L(\hat{\Omega})$ แทนค่าสูงสุดของ $L(\Omega)$ ซึ่งเป็นค่าของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นเมื่อแทนค่า $\tilde{\theta} \in \Omega$ ด้วยตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimator)

$L(\hat{\omega})$ แทนค่าสูงสุดของ $L(\hat{\omega})$ ซึ่งเป็นค่าของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นเมื่อแทนค่า $\tilde{\theta} \in \omega$ ด้วยตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimator)

<u>อัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Ratio) ที่นำมาใช้เป็นตัวสถิติทดสอบ</u> คือ

$$\lambda = \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})}$$

หลักเกณฑ์อัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นที่ใช้ในการทดสอบ $H_0 : \tilde{\theta} \in \omega$ เทียบกับ $H_1 : \tilde{\theta} \in \Omega - \omega$ ก็คือ ให้ปฏิเสธ H_0 เมื่อ λ เมื่อกำหนด α มาให้จะสามารถหาค่า λ_0 ได้จาก $\alpha = P(\lambda \leq \lambda_0 / H_0)$

วิธีการหาอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนการทดสอบ LSD ในกรณีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่มีขั้นตอนดังนี้

1. หาตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของ $L(\Omega)$ ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของ Ω นั่นคือ $-\infty < \mu_{ijk} < \infty$ และ $0 < \sigma^2 < \infty$ โดยใช้สัญลักษณ์แทนด้วย $L(\hat{\Omega})$
2. หาตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของ $L(\Omega)$ ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของสมมติฐานว่าง H_0 โดยใช้สัญลักษณ์แทนด้วย $L(\hat{\omega})$
3. หาอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นที่นำมาใช้ในการทดสอบ

$$\lambda = \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})}$$

4. หาจุดวิกฤตหรือเกณฑ์การตัดสินใจ ในการทดสอบนี้จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ λ มีค่าน้อยเกินไป นั่นคือ $\lambda < \lambda_0$ โดยที่ λ_0 เป็นค่าคงที่ และ 0< λ_0 <1

การทดสอบสมมติฐานด้วยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นของแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่ ผู้วิจัยได้นำเอาวิธีการของ Quadratic forms มาใช้ในการคำนวณหาตัวสถิติของวิธีทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับการทดสอบนี้ ดังนั้นก่อนที่จะศึกษาเทคนิคการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นของแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่จึงควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการแจกแจงของ Quadratic forms เสียก่อน

การแจกแจงของ Quadratic forms

(Distributions of certain quadratic forms)

Real quadratic form เป็น Homogeneous polynomial degree 2 ตัวแปร n ตัว โดยที่แต่ละตัวมีสัมประสิทธิ์เป็นเลขจำนวนจริง (real number)

เช่น $Y_1^2 + Y_1Y_2 + Y_2^2$ เป็น real quadratic form ของตัวแปร 2 ตัว คือ Y_1, Y_2

$Y_1^2 + Y_2^2 + Y_3^2 + 2Y_1Y_2$ เป็น real quadratic form ของตัวแปร 3 ตัว คือ Y_1, Y_2, Y_3

ถ้ากำหนดให้ $s^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n}$ แล้วจะได้ว่า

$$ns^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \frac{y_1 + y_2 + ... + y_n}{n})^2$$

$$= \frac{(n-1)}{n}\left(y_1^2 + y_2^2 + ... y_n^2\right) - \frac{2}{n}(y_1y_2 + ... + y_1y_n + ... + y_{n-1}y_n)$$

นั้นคือ ns^2 เป็น real quadratic form ของตัวแปร n ตัว เมื่อ $\bar{y}$ และ s^2 เป็นค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม $y_1,...,y_n$ จากประชากรใดๆ ซึ่งถ้า $y_1,...,y_n$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบ $NID(\mu, \sigma^2)$ แล้วจะพบว่า $\frac{ns^2}{\sigma^2}$ จะมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มี degree of freedom $(n-1)$

กำหนดให้ $\bar{y} = \frac{y_{11} + y_{12} + ... + y_{a1} + y_{a2} + ... + y_{ab}}{ab}$

= เป็นค่าเฉลี่ยของตัวอย่างสุ่มขนาด ab

โดยที่ $\bar{y}_{i.} = \frac{y_{i1} + y_{i2} + ... + y_{ib}}{b} = \sum_{j=1}^{b} \frac{y_{ij}}{b}$

= ค่าเฉลี่ยของ row ที่ i

เมื่อกำหนด $s^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=}^{b}\left(y_{ij}-\bar{y}_{..}\right)^2}{ab}$

= เป็นความแปรปรวนของตัวอย่างสุ่มขนาด ab

ดังนั้น
$$
\begin{aligned}
abs^2 &= \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=}^{b}\left(y_{ij}-\bar{y}_{..}\right)^2 \\
&= \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left[\left(\bar{y}_{i.}-\bar{y}_{..}\right)^2+\left(y_{ij}-\bar{y}_{i.}\right)^2\right] \\
&= \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=}^{b}\left(\bar{y}_{i}-\bar{y}_{..}\right)^2+\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=}^{b}\left(y_{ij}-\bar{y}_{i.}\right)^2+2\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left[\left(\bar{y}_{i.}-\bar{y}_{..}\right)\left(y_{ij}-\bar{y}_{i.}\right)\right]
\end{aligned}
$$

เนื่องจาก $2\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left[\left(\bar{y}_{i.}-\bar{y}_{..}\right)\left(y_{ij}-\bar{y}_{i.}\right)\right] = 0$

จึงสรุปได้ว่า $abs^2 = b\sum_{i=1}^{a}\left(\bar{y}_{i}-\bar{y}_{..}\right)^2+\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=}^{b}\left(y_{ij}-\bar{y}_{i.}\right)^2$

ซึ่งก็คือ $Q = Q_{tre}+Q_{er}$

จะพบว่า Q, Q_{tre} และ Q_{er} เป็น quadratic from ของตัวแปรเชิงสุ่ม y_{ij} ซึ่งมีทั้งหมด n = ab ตัวจากทฤษฎีที่กล่าวไปแล้วในกรณีนี้ k=2 จะอธิบายได้ว่า Q_{tre} และ Q_{er} เป็นอิสระกัน เพราะว่า s^2 เป็นความแปรปรวนของตัวอย่างสุ่มขนาด n = ab จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้น $\dfrac{abs^2}{\sigma^2}$ จึงมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มี degree of freedom เท่ากับ ab-1

p^2s^2 สามารถนำมาเขียนในรูปแบบใหม่ได้ดังนี้

ดังนั้น
$$
\begin{aligned}
p^2s^2 &= \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(y_{ijk}-\bar{y}_{...}\right)^2 \\
&= \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left\{\left(\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{...}\right)+\left(\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{...}\right)+\left(\bar{y}_{..k}-\bar{y}_{...}\right)+\left(y_{ijk}-\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+2\bar{y}_{...}\right)\right\}^2 \\
&= \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{...}\right)^2+\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{...}\right)^2+\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(\bar{y}_{..k}-\bar{y}_{...}\right)^2 \\
&\quad +\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(y_{ijk}-\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+2\bar{y}_{...}\right)^2
\end{aligned}
$$

ซึ่งก็คือ $Q = Q_1+Q_2+Q_3+Q_4$

จะพบว่า Q , Q_1 , Q_2 , Q_3 และ Q_4 เป็น quadratic forms ของตัวแปรเชิงสุ่ม y_{ijk} ซึ่งมีทั้ง n = p^2 ตัวจากทฤษฎีที่กล่าวไปแล้ว จะอธิบายได้ว่า Q_1 , Q_2 , Q_3 และ Q_4 เป็นอิสระกัน

เพราะว่า s^2 เป็นความแปรปรวนของตัวอย่างสุ่มขนาด n = p^2 จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระกัน ดังนั้น $\frac{p^2s^2}{\sigma^2}$ จึงมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มี degree of freedom เท่ากับ p^2-1

นอกจากนี้ยังพบว่า $\frac{Q_1}{\sigma^2}=\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\frac{(\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{...})^2}{\sigma^2}$ มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มี degree of freedom มีค่าเท่ากับ p-1 ดังนั้น $\frac{Q_1}{\sigma^2}\sim\chi^2_{(p-1)}$ $\frac{Q_2}{\sigma^2}=\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\frac{(\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{...})^2}{\sigma^2}$ มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มี degree of freedom มีค่าเท่ากับ p-1 ดังนั้น $\frac{Q_2}{\sigma^2}\sim\chi^2_{(p-1)}$ $\frac{Q_3}{\sigma^2}=\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\frac{(\bar{y}_{..k}-\bar{y}_{...})^2}{\sigma^2}$ มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มี degree of freedom มีค่าเท่ากับ p-1 ดังนั้น $\frac{Q_3}{\sigma^2}\sim\chi^2_{(p-1)}$ และเมื่อ $Q_4 = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk}-\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+2\bar{y}_{...})^2 > 0$ แล้ว โดยทฤษฎีได้ว่า Q_1 , Q_2 ,Q_3 และ Q_4 เป็นอิสระกันและ $\frac{Q_4}{\sigma^2} = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk}-\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+2\bar{y}_{...})^2$ มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มี degree of freedom มีค่าเท่ากับ (p-1)(p-2) ดังนั้น $\frac{Q_4}{\sigma^2}\sim\chi^2_{(p-1)(p-2)}$ เนื่องจาก y_{ijk} เป็นตัวแปรเชิงสุ่มที่เป็นอิสระกันและ $\frac{Q_1}{\sigma^2}$ $\frac{Q_2}{\sigma^2}$ และ $\frac{Q_3}{\sigma^2}$ เป็นผลรวมของตัวแปรเชิงสุ่มที่เป็นอิสระกันอย่างเด็ดขาด

นอกจากนี้ p^2s^2 สามารถนำมาเขียนอีกรูปแบบใหม่ได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
p^2s^2 &= \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk}-\bar{y}_{...})^2 \\
&= \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\{(\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{...})+(\bar{y}_{..k}-\bar{y}_{...})+(y_{ijk}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+\bar{y}_{...})\}^2 \\
&= \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{...})^2+\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(\bar{y}_{..k}-\bar{y}_{...})^2 \\
&\quad +\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+\bar{y}_{...})^2
\end{aligned}
$$

ซึ่งก็คือ $Q = Q_2+Q_3+Q_5$

จากการพิสูจน์ข้างต้น ทำให้ทราบแล้วว่า $\frac{Q}{\sigma^2}$, $\frac{Q_2}{\sigma^2}$ และ $\frac{Q_3}{\sigma^2}$ มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มี degree of freedom (p^2-1) , $(p-1)$ และ $(p-1)$ ตามลำดับ และเมื่อ $Q_5>0$ โดยทฤษฎียืนยันได้ว่า Q_2 , Q_3 และ Q_5 เป็นอิสระกัน และ $\frac{Q_5}{\sigma^2}$ มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มี degree of freedom $(p-1)(p-3)$

ในการนำเอาวิธี quadratic forms มาใช้ในการหาตัวสถิติทดสอบของวิธีทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนการทดสอบแบบจัตุรัสลาติน ที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่ ที่มีรายละเอียดดังนี้

จากการแยก total sum of squares (p^2s^2) ดังนั้น โดยวิธีของ quadratic forms สามารถเขียนได้ว่า

$$p^2s^2 = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(\bar{y}_{..k}-\bar{y}_{...})^2$$
$$+ \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk}-\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+2\bar{y}_{...})^2$$

หรือก็คือ $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

เนื่องจากตัวประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ พารามิเตอร์ $\tilde{\theta}$ ของ $L(\hat{\Omega})$ คือ

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}}{p^2} = \bar{y} \quad , \hat{\tau}_i = \bar{y}_{i..}-\bar{y}_{...} \ , \hat{\beta}_j = \bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{...} \ , \hat{\alpha}_k = \bar{y}_{..k}-\bar{y}_{...}$$

และ $\hat{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk}-\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+2\bar{y}_{...})^2 = \dfrac{Q_4}{p^2}$

เมื่อ i = 1,2,…,p j = 1,2,…,p และ k = 1,2,…,p

และตัวประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ พารามิเตอร์ $\tilde{\theta}$ ของ $L(\hat{\omega})$ คือ

$$\hat{\mu}^* = \frac{\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}}{p^2} = \bar{y} \quad , \hat{\beta}^*{}_j = \bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{...} \ , \hat{\alpha}^*{}_k = \bar{y}_{..k}-\bar{y}_{...}$$

และ $\hat{\sigma}^{*2} = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+\bar{y}_{...})^2 = \dfrac{Q_5}{p^2}$

เมื่อ i = 1,2,…,p j = 1,2,…,p และ k = 1,2,…,p

ดังนั้นตัวสถิติของวิธีทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น สามารถ ได้ดังนี้

เมื่อแทนที่พารามิเตอร์ในฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นด้วยตัวประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุดภายใต้ Ω จะได้

$$L(\hat{\Omega}) = \left(\left(\frac{p^2}{2\pi Q_4}\right)^{\frac{p^2}{2}} \exp\left(\frac{-p^2}{2}\right) \right)$$

และแทนที่พารามิเตอร์ในฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นด้วยตัวประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุดภายใต้ ω จะได้

$$L(\hat{\omega}) = \left((\frac{p^2}{2\pi Q_5})^{\frac{p^2}{2}} \exp(\frac{-p^2}{2}) \right)$$

ดังนั้น ตัวสถิติทดสอบของอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น คือ

$$\lambda = \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} = \frac{(\frac{p^2}{2\pi Q_5})^{\frac{p^2}{2}} \exp(\frac{-p^2}{2})}{(\frac{p^2}{2\pi Q_4})^{\frac{p^2}{2}} \exp(\frac{-p^2}{2})}$$

$$= \left(\frac{Q_4}{Q_5} \right)^{\frac{p^2}{2}}$$

เพราะว่า

$$Q_5 = Q_1 + Q_4$$

สรุปได้ว่า $\lambda = \left(\dfrac{1}{1+\dfrac{Q_1}{Q_4}} \right)^{\frac{p^2}{2}} = \left(\dfrac{1}{1+\dfrac{SSTr}{SSE}} \right)^{\frac{p^2}{2}}$

นั่นคือ $\lambda = \left(\dfrac{1}{1+\dfrac{(p-1)}{(p-1)(p-2)}F} \right)^{\frac{p^2}{2}}$

การหาจุดวิกฤตหรือเกณฑ์การตัดสินใจ ของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น มีเกณฑ์ดังนี้

ในการทดสอบจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ λ มีค่าน้อยเกินไป นั่นคือ $\lambda < \lambda_0$ โดยที่ λ_0 เป็นค่าคงที่และ $0 < \lambda_0 < 1$ โดยอาศัยการแจกแจงของ λ เมื่อกำหนด α มาให้จะสามารถหาค่า λ_0 ได้จาก $\alpha = P(\lambda \le \lambda_0 \mid H_0)$

2.3 **ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น** (Monte Carlo Likelihood Ratio Test Statistic)

ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนทดลองจัตุรัสลาตินเป็นการสร้างตัวอย่างสุ่มจากตัวแบบตามค่าพารามิเตอร์ และนำข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างนั้นไปคำนวณค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะกระทำตามกระบวนการนี้ซ้ำๆ กันจนกว่าจะครบตามที่กำหนดไว้ (600 รอบ) การคำนวณค่าสถิติทดสอบของวิธีมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ภายใต้สถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีขั้นตอนดังนี้

1. จากข้อมูลตัวอย่างสุ่ม $\{y_{111}, y_{112}, ..., y_{11p} ..., y_{pp1}, y_{pp2}, ..., y_{ppp}\}$ ที่ได้จากการจำลองขึ้นมานำไปคำนวณ ค่าเฉลี่ยในแต่ละวิธีทดลอง (Treatment) ค่าเฉลี่ยในปัจจัยแถว ค่าเฉลี่ยในปัจจัยคอลัมน์ SSTr SSE และ MSE พร้อมทั้งคำนวณหาค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (λ) จากข้อมูลของตัวอย่างสุ่มแต่ละรอบ โดยการคำนวณ ดังนี้

$$\lambda = \left(\frac{1}{1 + \frac{SSTr}{SSE}} \right)^{\frac{p^2}{2}}$$

นั้นคือ
$$\lambda = \left(\frac{1}{1 + \frac{(p-1)}{(p-1)(p-2)} F} \right)^{\frac{p^2}{2}}$$

2. สร้างชุดข้อมูลขึ้นมาใหม่ $\{y^*_{111}, y^*_{112}, ..., y^*_{11p}, ..., y^*_{pp1}, y^*_{pp2}, ..., y^*_{ppp}\}$ จากค่าเฉลี่ย μ_{ijk} และ $\sqrt{MSE}$ ที่คำนวณได้จากข้อ 1.

เมื่อกำหนดว่า $\mu_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k$; i,j,k=1,2,3,…,p

และ $\hat{\mu}_{ijk} = Y_{ijk}$

โดยที่ $\sum_{i=1}^{p} \tau_i = 0$, $\sum_{j=1}^{p} \beta_j = 0$ และ $\sum_{k=1}^{p} \alpha_k = 0$

ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลกระทำซ้ำ 400 รอบ พร้อมทั้งคำนวณค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (λ^*) จากข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่แต่ละรอบ

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (λ^{*}) จากข้อมูลที่สร้างขึ้นมาแต่ละรอบ

จำนวนรอบ	**ค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น**
1	λ_1^*
2	λ_2^*
3	λ_3^*
.	.
.	.
.	.
400	λ_{400}^*

3. คำนวณค่า P-Value ที่ได้ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาะน่าจะเป็นได้ดังนี้

$$\text{P-Value} = \frac{A}{N}$$

เมื่อ A เป็นจำนวน $\lambda^{*} \leq \lambda$

N เป็นจำนวนรอบทั้งหมดที่สร้างข้อมูลขึ้นมาใหม่ (N = 400)

4. นำค่า P-Value ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่ศึกษาแล้วทำการสรุปผลการทดสอบ

2.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

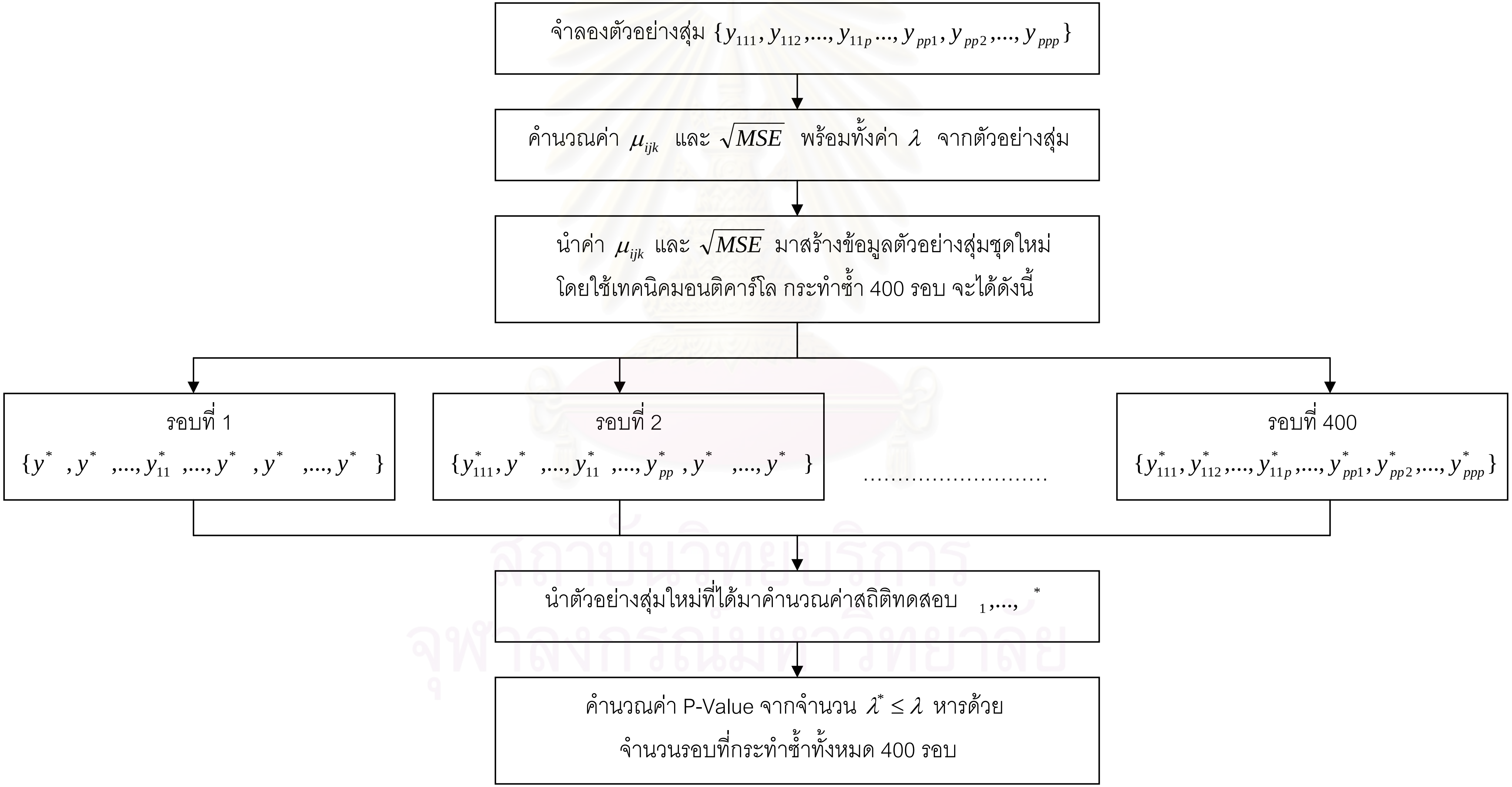
การเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่ ระหว่างตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะทำการพิจารณาโดยใช้การเปรียบเทียบจากค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง (ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1) โดยการนับจำนวนชุดข้อมูลที่ปฏิเสธสมมติฐานว่างต่อจำนวนชุดข้อมูลที่ทำการทดสอบทั้งหมด ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 600 ชุด และใช้การเปรียบเทียบจากอำนาจการทดสอบของตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ทั้ง 2 วิธี

โดยมีเงื่อนไขในการพิจารณาว่า ถ้าตัวสถิติทดสอบของวิธีใดให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่หนึ่ง (Type 1 Error) น้อยกว่า และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) สูงกว่า ก็จะถือว่าเป็นตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองที่เหมาะสม สำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาตินที่ปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่

$$\text{ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1} = \frac{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง}}{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ทำการทดสอบทั้งหมด}}$$

$$\text{ค่าอำนาจการทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่าเป็นเท็จ}}{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ทำการทดสอบทั้งหมด}}$$

รูปที่ 2.1 แผนขั้นตอนของการทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองเพื่อต้องการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง สำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาติน ที่ปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์ที่เป็นปัจจัยคงที่ ด้วยตัวสถิติทดสอบ 2 วิธี คือตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ภายใต้ข้อสมมติว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติละเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 ซึ่งการจำลองข้อมูลในแต่ละสถานการณ์จะใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) โดยใช้โปรแกรม S-PLUS 2000 ซึ่งมีรายละเอียดของวิธีการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

- การจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล
- แผนการดำเนินการวิจัย
- ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย
- แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

3.1 การจำลองด้วยแทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคมอนติคาร์โลเป็นเทคนิคการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ เช่น การดำเนินงาน การตรวจสอบ เป็นต้น และยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เทคนิคมอนติคาร์โลจะใช้ตัวเลขสุ่มมาช่วยในการแก้ไขและหาคำตอบของปัญหาที่ยังไม่ได้แน่ใจที่จะเกิดขึ้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติโดยใช้ฟังก์ชัน rnorm(n,mean,sd) ที่มีการแจงแจงสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) ในช่วง (0,1) เป็นพื้นฐานในการสร้างเลขสุ่ม ดังต่อไปนี้

- ตัวเลขสุ่มที่ได้มีความเป็นอิสระซึ่งกันละกัน
- ตัวเลขสุ่มที่ได้จะมีการกระจายความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ
- ต้องการตัวเลขแบบสุ่ม

และประโยชน์ของตัวเลขที่ได้มีดังต่อไปนี้

- ตัวอย่างที่ถูกเลือกไม่มีความเอนเอียง ในการสำรวจหรือทดลองต่างๆ เพราะว่าเลขสุ่มที่ได้ สร้างขึ้นมาจากการคำนวณความน่าจะเป็น
- เลขสุ่มที่ได้สามารถนำมาสร้างข้อมูลรูปแบบต่างๆ โดยใช้วิธีการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation)
- การใช้เลขสุ่มอาจทำเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางทฤษฎีของกระบวนการทางสถิติที่มีความสำคัญสำหรับการประมาณค่าและรวมถึงการหาคำอธิบายเกี่ยวกับอำนาจการทดสอบทางสถิติ
- ใช้หาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากการแจกแจงความน่าจะเป็นของปัญหานั้น ๆ
- ใช้หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์น้อยและประหยัดเวลาในการสร้างตัวเลขแบบสุ่ม

3.2 แผนการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะทำการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง ไว้ดังนี้

3.2.1 อิทธิพลของปัจจัยทดลองที่สนใจศึกษา ในแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาตินที่ปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่

3.2.2 จำนวนวิธีทดลองของปัจจัยทดลองในแผนการทดลอง คือ 3 4 5 6 และ 7

3.2.3 จำนวนปัจจัยแถวในแผนการทดลอง คือ 3 4 5 6 และ 7

3.2.4 จำนวนปัจจัยคอลัมน์ในแผนการทดลอง คือ 3 4 5 6 และ 7

3.2.5 ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร คือ 50

3.2.6 การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่ศึกษาในแผนการทดลอง มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวน เท่ากับ σ^2

3.2.7 กลุ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ทั้งหมด 6 จุด คือ

- ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง มีความแตกต่างกันน้อย ค่า Φ_τ อยู่ระหว่าง [0,1.5) มี 2 จุดคือ Φ_τ คือ 0.75 และ 1.2
- ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง มีความแตกต่างกันปานกลาง ค่า Φ_τ อยู่ระหว่าง [1.5,3.0) มี 3 จุดคือ Φ_τ คือ 1.5 1.75 และ 2.25
- ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง มีความแตกต่างกันมาก ค่า Φ_τ

มากกว่า 3.0 มี 1 จุด คือ Φ_τ คือ 3.1

3.2.8 สร้างความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์ โดยกำหนดความแตกต่างที่ระดับ Φ_β = 2.0 และ Φ_α = 2.5

3.2.9 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation) 6 ระดับ คือ 5% 10% 15% 20% และ 25% จะได้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 2.5 5 7.5 10 และ 12.5 ตามลำดับ

3.2.10 ระดับนัยสำคัญของการทดสอบในแผนการทดสอง คือ 0.001 0.01 และ 0.05

3.2.11 สำหรับการทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะจะเป็น จะกระทำการสร้างตัวอย่างสุ่มซ้ำ 400 รอบ

3.2.12 กำหนดการกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็น 600 รอบ เนื่องจากในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองทำการทดสอบโดยใช้การกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็นจำนวน 200 400 600 800 และ 1000 ตัวอย่าง พบว่าผลการทดลองที่ได้จากระดับการกระทำซ้ำที่ 600 800 1000 ใกล้เคียงกันมากจนแทบไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกการกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็น 600 รอบ เพื่อเป็นการลดความสิ้นเปลืองในการทำงาน

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 สร้างการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนในแผนการทดลอง ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

3.3.2 สร้างข้อมูลตามแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาติน

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk} \qquad ; i,j,k = 1,2,\ldots,p$$

3.3.3 การสร้างอิทธิพลของวิธีการทดลอง (τ_i) ให้แตกต่างกัน

3.3.4 การสร้างอิทธิพลของปัจจัยแถว (β_j) ให้แตกต่างกัน

3.3.5 การสร้างอิทธิพลของปัจจัยคอลัมน์ (α_k) ให้แตกต่างกัน

3.3.6 คำนวณค่าสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี

3.3.7 การหาค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type 1 Error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิติทดสอบ ทั้ง 2 วิธี

3.3.7 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type 1 Error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

3.3.1 สร้างการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดในแผนการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ จะใช้ฟังก์ชัน rnorm(n, μ ,sd) ของโปรแกรม S-PLUS 2000 ทำการสร้างการแจกแจงแบบปกติของความคลาดเคลื่อนสำหรับแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาติน โดย n = p^2 แทนขนาดตัวอย่าง μ แทนค่าเฉลี่ย และ sd แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ในกรณีนี้จะทำการสร้างการแจกแจงแบบปกติของความคลาดเคลื่อน ภายใต้เงื่อนไขว่า ค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 เมื่อกำหนดให้ σ มีค่าเท่ากับ sd

3.3.2 การสร้างอิทธิพลของวิธีทดลอง (τ_i) ให้แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณา $\sum_{i=1}^{p} \tau_i = 0$ จะสามารถกำหนดระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของ วิธีทดลอง โดยใช้ค่า Φ_τ เป็นตัวกำหนด จะทำได้ดังนี้

$$\Phi_\tau = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{p} \tau_i^2}}{\sigma}$$ (Φ_τ แทน สัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของสิ่งทดลอง)

ในกรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 สามารถกำหนดความแตกต่างของอิทธิพลของ วิธีทดลองได้ โดยกำหนดให้

$$D = \tau_{\max} - \tau_{\min}$$

โดยที่ $\tau_1 = -\frac{D}{2}$, $\tau_2 = 0$, $\tau_3 = \frac{D}{2}$

ในที่นี้ τ_1 หมายถึง ค่าที่น้อยที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

τ_3 หมายถึง ค่าที่มากที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

D หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดอิทธิพลวิธีการทดลอง

ดังนั้นในกลุ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองโดยใช้ Φ_τ เป็นตัวกำหนด จะทำได้ดังนี้

$$\Phi_\tau = D\sqrt{\frac{1}{2\sigma^2}}$$

ในกรณีจำนวนจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 สามารถกำหนดความแตกต่างของอิทธิพลของวิธีทดลองได้ โดยกำหนดให้

$$D = \tau_{\max} - \tau_{\min}$$

โดยที่ $\tau_1 = -\frac{D}{2}$, $\tau_2 = -\frac{D}{6}$, $\tau_3 = \frac{D}{6}$, $\tau_4 = \frac{D}{2}$

ในที่นี้ τ_1 หมายถึง ค่าที่น้อยที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

τ_4 หมายถึง ค่าที่มากที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

D หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดของอิทธิพลวิธีการทดลอง

ดังนั้นในกลุ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองโดยใช้ Φ_τ เป็นตัวกำหนด จะทำได้ดังนี้

$$\Phi_\tau = D\sqrt{\frac{5}{9\sigma^2}}$$

ในกรณีจำนวนจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 สามารถกำหนดความแตกต่างของอิทธิพลของวิธีทดลองได้ โดยกำหนดให้

$$D = \tau_{\max} - \tau_{\min}$$

โดยที่ $\tau_1 = -\frac{D}{2}$, $\tau_2 = -\frac{D}{4}$, $\tau_3 = 0$, $\tau_4 = \frac{D}{4}$, $\tau_5 = \frac{D}{2}$

ในที่นี้ τ_1 หมายถึง ค่าที่น้อยที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

τ_5 หมายถึง ค่าที่มากที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

D หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดอิทธิพลวิธีการทดลอง

ดังนั้นในกลุ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองโดยใช้ Φ_τ เป็นตัวกำหนด จะทำได้ดังนี้

$$\Phi_\tau = D\sqrt{\frac{5}{8\sigma^2}}$$

ในกรณีจำนวนจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 สามารถกำหนดความแตกต่างของอิทธิพลของวิธีทดลองได้ โดยกำหนดให้

$$D = \tau_{\max} - \tau_{\min}$$

โดยที่ $\tau_1 = -\frac{D}{2}$, $\tau_2 = -\frac{3D}{10}$, $\tau_3 = -\frac{D}{10}$, $\tau_4 = \frac{D}{10}$, $\tau_5 = \frac{3D}{10}$, $\tau_6 = \frac{D}{2}$

ในที่นี้ τ_1 หมายถึง ค่าที่น้อยที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

τ_6 หมายถึง ค่าที่มากที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

D หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดของอิทธิพลวิธีการทดลอง

ดังนั้นในกลุ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองโดยใช้ Φ_τ เป็นตัวกำหนด จะทำได้ดังนี้

$$\Phi_\tau = D\sqrt{\frac{7}{10\sigma^2}}$$

ในกรณีจำนวนจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 สามารถกำหนดความแตกต่างของอิทธิพลของวิธีทดลองได้ โดยกำหนดให้

$$D = \tau_{\max} - \tau_{\min}$$

โดยที่ $\tau_1 = -\frac{D}{2}$, $\tau_2 = -\frac{D}{3}$, $\tau_3 = -\frac{D}{6}$, $\tau_4 = 0$, $\tau_5 = \frac{D}{6}$, $\tau_6 = \frac{D}{3}$, $\tau_7 = \frac{D}{2}$

ในที่นี้ τ_1 หมายถึง ค่าที่น้อยที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

τ_7 หมายถึง ค่าที่มากที่สุดของอิทธิพลวิธีทดลอง

D หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดของอิทธิพลวิธีการทดลอง

ดังนั้นในกลุ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองโดยใช้ Φ_τ เป็นตัวกำหนด จะทำได้ดังนี้

$$\Phi_\tau = D\sqrt{\frac{7}{9\sigma^2}}$$

3.3.3 การสร้างอิทธิพลของปัจจัยแถว (β_j) และปัจจัยคอลัมน์ (α_k) ให้แตกต่างกัน

การสร้างอิทธิพลของปัจจัยแถว (β_j) และปัจจัยคอลัมน์ (α_k) มีหลักเกณฑ์ในการคำนวณเหมือนกัน และกำหนดให้มีอิทธิพล β_j = 2.0 และ α_k = 2.5

3.3.4 การสร้างข้อมูลตามแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาติน

สร้างตัวแปรสุ่มของความคลาดเคลื่อน ε_{ij} ที่มีการแจงแบบปกติ โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเป็น σ^2 ขึ้นมาก่อน แล้วจึงนำมาสร้างค่า y_{ijk} ตามตัวแบบ ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk} \qquad ; \text{i,j,k} = 1,2,\ldots,\text{p}$$

เมื่อกำหนดให้ τ_i เป็นอิทธิพลของวิธีทดลองที่ถูกกำหนดขึ้นมา

β_j เป็นอิทธิพลของปัจจัยแถวที่ถูกกำหนดขึ้นมา

และ α_k เป็นอิทธิพลของปัจจัยคอลัมน์ที่ถูกกำหนดขึ้นมา

3.3.5 คำนวณค่าสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี

การวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวสถิติทดสอบ 2 วิธี คือ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ในขั้นตอนแรกจะต้องมีการกำหนดจำนวนวิธีทดลอง จำนวนปัจจัยแถว ปัจจัยคอลัมน์ และ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วทำการสร้างชุดข้อมูลสุ่มโดยใช้โปรแกรม S-PLUS 2000 ภายใต้เงื่อนไขว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนมีค่าเท่ากับ σ^2 และนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าต่าง ๆ ตามสูตรของการทดสอบทั้ง 2 วิธี ซึ่งรายละเอียดทั้งหมด ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 แล้ว

3.3.6 การหาค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบ

เมื่อสร้างข้อมูล (y_{ijk}) ตามตัวแบบที่ต้องการและคำนวณค่าสถิติทดสอบแล้ว ก็ทำการคำนวณค่า P-Value ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี และเปรียบเทียบค่า P-Value กับระดับนัยสำคัญที่กำหนด ในขั้นตอนต่อไป คือการหาค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type 1 Error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี ซึ่งสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

3.3.6.1 สร้างอิทธิพลของวิธีทดลอง (τ_i) โดยกำหนดค่า τ_i ให้มีค่าเป็น 0 ทุกตัวในแต่ละวิธีทดลองเมื่อพิจารณาหาค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และกำหนดค่า τ_i ให้มีอย่างน้อย1 ตัว ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์และมีค่าขึ้นอยู่กับระดับของสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบน Φ_τ ที่กำหนด (แต่ผลรวมของ τ_i ต้องเท่ากับศูนย์ ก็คือ $\sum_{i=1}^{p} \tau_i = 0$ เพื่อพิจารณาหาค่าอำนาจการทดสอบ)

3.3.6.2 สร้างอิทธิพลของปัจจัยแถว (β_j) โดยกำหนดค่า β_j ให้มีอย่างน้อย 1 ตัว ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์และมีค่าขึ้นอยู่กับระดับของสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบน Φ_β ที่กำหนด (แต่ผลรวมของ β_j ต้องเท่ากับศูนย์ ก็คือ $\sum_{j=1}^{p} \beta_j = 0$)

3.3.6.3 สร้างอิทธิพลของปัจจัยคอลัมน์ (α_k) โดยกำหนดค่า α_k ให้มีอย่างน้อย 1 ตัว ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์และมีค่าขึ้นอยู่กับระดับของสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบน Φ_α ที่กำหนด (แต่ผลรวมของ α_k ต้องเท่ากับศูนย์ ก็คือ $\sum_{k=1}^{p} \alpha_k = 0$)

3.3.6.4 คำนวณค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เมื่อกำหนดให้ τ_i ทุกตัวมีค่าเท่ากับ 0 และคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ เมื่อกำหนดให้ τ_i มีอย่างน้อย 1 ตัว ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์และเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

3.3.6.5 เปลี่ยนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน จนกระทั่งครบทุกสถานการณ์โดยในแต่ละสถานการณ์จะกระทำซ้ำกัน 600 รอบ

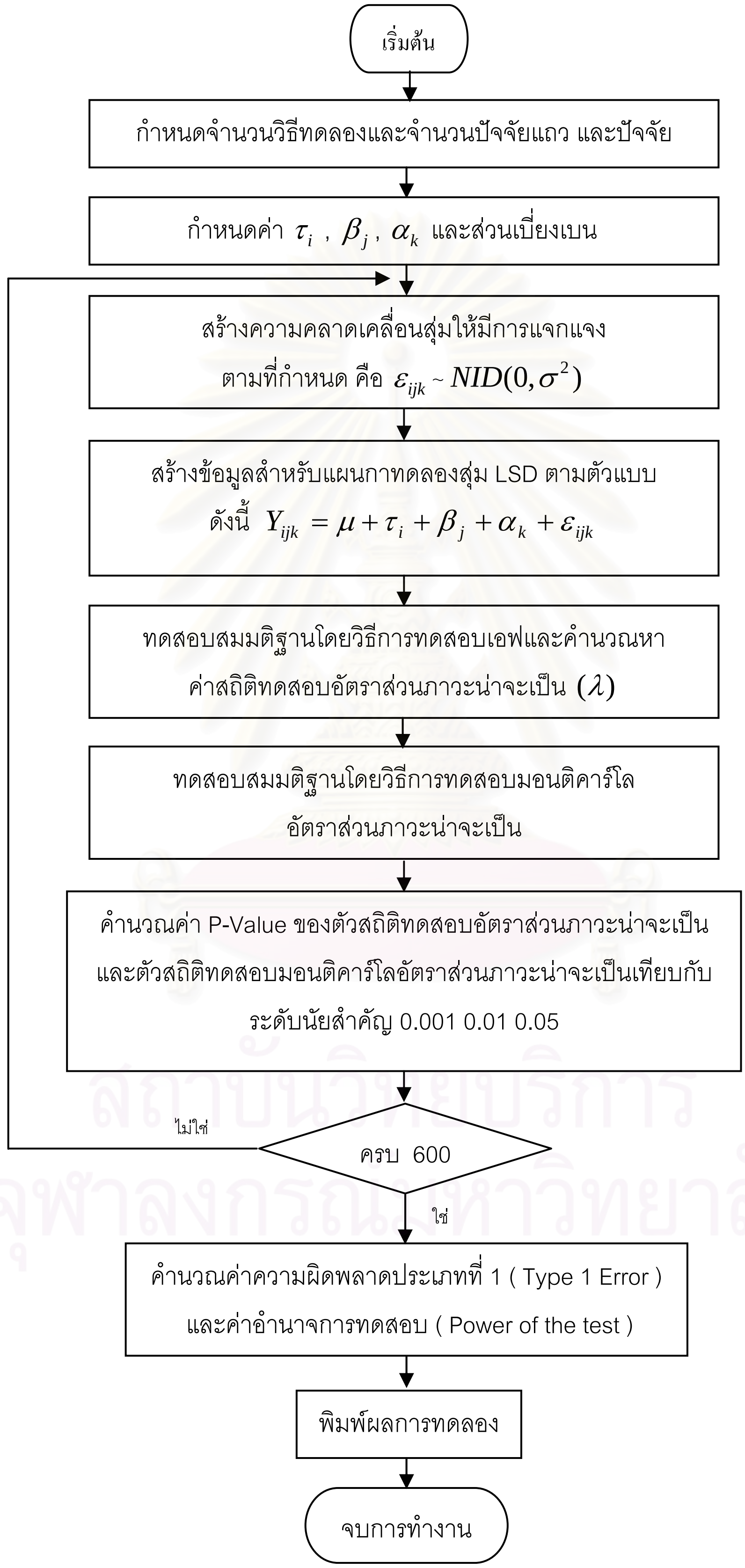
3.3.7 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี

เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ว่าตัวสถิติทดสอบของวิธีใดที่ให้ค่าน้อยกว่าและให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด ก็จะเป็นตัวสถิติของการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้

3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานโปรแกรม

กระบวนการทำงานของโปรแกรม S-PLUS 2000 ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีการประมวลผลข้อมูลโดยมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 1

รูปที่ 3.1 แสดงผังงานสำหรับการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง



บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง สำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาติน ที่ปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์ที่เป็นปัจจัยคงที่ 2 วิธี คือ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบตัวสถิติทั้ง 2 จะพิจารณาจากค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type 1 Error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ภายใต้การแจกแจงของความคลาดเคลื่อน (ε) แบบปกติในสถานการณ์ต่าง ๆ คือ ทำการศึกษาในสถานการณ์ที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 4 5 6 และ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 0.01 และ 0.05 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดลักษณะของข้อมูลให้มีสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (C.V.%) 5 ระดับ คือ 5% 10% 15% 20% และ 25% โดยวิธีการจำลองข้อมูลนั้นจะอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โลซีมูเลชัน (Monte carlo simulation) จะกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์จำนวน 600 รอบ และในการทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะทำการสร้างตัวอย่างสุ่มจำนวน 400 รอบ

เกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมของตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ จะพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type 1 Error) ซึ่งจะคำนวณได้จากการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธฐานว่าง ต่อชุดข้อมูลทั้งหมด ภายใต้ข้อกำหนดที่ว่าสมมติฐานว่างนั้นเป็นจริง และการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะคำนวณจากการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่างต่อชุดข้อมูลทั้งหมด เมื่อกำหนดว่าสมมติฐานว่างนั้นเป็นเท็จในการนำเสนอผลการวิจัยของการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของ วิธีทดลองสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาติน ที่ปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์ที่เป็นปัจจัยคงที่ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ โดยการพิจารณาจากค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type 1 Error)

ส่วนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ โดยการพิจารณาจากอำนาจการทดสอบ (Power of the test)

และเพื่อความสะดวกในการนำเสนอผลการวิจัยในครั้งนี้ จึงใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้แทนความหมายต่าง ๆ ดังนี้

a แทน จำนวนปัจจัยแถว

b แทน จำนวนปัจจัยคอลัมน์

p แทน จำนวนวิธีทดลอง

C.V. แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (%)

Φ_τ แทน สัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของวิธีทดลอง

LR แทน ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

MC-LR แทน ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลด้วยอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

α แทน ระดับนัยสำคัญ

ผลการวิจัยครั้งนี้ จะพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ไว้โดยการพิจารณาจากค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) ที่ได้จากการทดลองในแต่ละสถานการณ์ นั้นคือค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เพราะมีหลักการคำนวณที่เหมือนกัน ซึ่งใช้การนับจำนวนครั้งของชุดข้อมูลที่ปฏิเสธสมมติฐานว่างต่อจำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นจริงและกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ด้วยการทดสอบทวินาม (Binomail test) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบทวินาม (α^*) เท่ากับ 0.01 โดย

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบ คือ

$H_0:\ \alpha \le \alpha_0$

$H_1:\ \alpha > \alpha_0$

ดังนั้น

$$P\left\{\frac{(\hat{\alpha}-\alpha_{0)})}{\sqrt{\dfrac{\alpha_0(1-\alpha_0)}{n^*}}} \le Z_{\alpha^*}\right\} = 1-\alpha^*$$

หรือ $$P\left\{\hat{\alpha} \le \alpha_0 + Z_{\alpha^*}\sqrt{\frac{\alpha_0(1-\alpha_0)}{n^*}}\right\} = 1-\alpha^*$$

จะได้ว่า ช่วงของการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 คือ

$$(0, \alpha_0 + Z_{\alpha^*}\sqrt{\frac{\alpha_0(1-\alpha_0)}{n^*}})$$

โดยที่ α^* แทน ระดับนัยสำคัญของการทดสอบทวินาม

α แทน ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 จากการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบ

$\hat{\alpha}$ แทน ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 จากการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบ

α_0 แทน ระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการวิจัยครั้งนี้

n^* แทน จำนวนรอบของการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 600 รอบ ดังนั้น

ที่ระดับ α = 0.001 จะสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบได้ก็ต่อเมื่อ $\hat{\alpha} \leq 0.0040$

ที่ระดับ α = 0.01 จะสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบได้ก็ต่อเมื่อ $\hat{\alpha} \leq 0.0194$

และที่ระดับ α = 0.05 จะสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบได้ก็ต่อเมื่อ $\hat{\alpha} \leq 0.0707$

ส่วนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ โดยการพิจารณาจากค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1

4.1.1 กรณีเปรียบเทียบ 3 วิธีทดลอง ดังตาราง 4.1-4.3

ตาราง4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.001$	
		LR	MC-LR
3	5	0.002	0.000
	10	0.000	0.002
	15	0.000	0.003
	20	0.002	0.000
	25	0.000	0.000

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 10% 15% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

<u>ตาราง4.2</u> แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จำนวน วิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.01$	
		LR	MC-LR
3	5	0.013	0.015
	10	0.008	0.015
	15	0.015	0.013
	20	0.010	0.010
	25	0.013	0.008

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 15% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 5% 10% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

<u>ตาราง4.3</u> แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.05$	
		LR	MC-LR
3	5	0.060	0.067
	10	0.045	0.042
	15	0.048	0.048
	20	0.055	0.052
	25	0.065	0.063

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 10% 20% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

4.1.2 กรณีเปรียบเทียบ 4 วิธีทดลอง ดังตาราง 4.4-4.6

<u>ตาราง4.4</u> แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

จำนวน วิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.001$	
		LR	MC-LR
4	5	0.002	0.003
	10	0.000	0.002
	15	0.002	0.000
	20	0.002	0.000
	25	0.000	0.003

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 15% 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 5% 10% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ตาราง4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.01$	
		LR	MC-LR
4	5	0.017	0.018
	10	0.018	0.017
	15	0.007	0.012
	20	0.007	0.005
	25	0.013	0.018

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 10% 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 5% 15% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

<u>ตาราง4.6</u> แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.05$	
		LR	MC-LR
4	5	0.070	0.070
	10	0.042	0.038
	15	0.057	0.062
	20	0.058	0.060
	25	0.052	0.052

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 15% 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 5% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

4.1.3 กรณีเปรียบเทียบ 5 วิธีทดลอง ดังตาราง 4.7-4.9

<u>ตาราง4.7</u> แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.001$	
		LR	MC-LR
5	5	0.002	0.000
	10	0.000	0.002
	15	0.002	0.002
	20	0.000	0.002
	25	0.003	0.000

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 10% 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ตาราง4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.01$	
		LR	MC-LR
5	5	0.012	0.010
	10	0.007	0.010
	15	0.007	0.010
	20	0.015	0.013
	25	0.008	0.008

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 10% 15% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ตาราง4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.05$	
		LR	MC-LR
5	5	0.057	0.060
	10	0.038	0.042
	15	0.045	0.048
	20	0.053	0.053
	25	0.053	0.053

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% 10% 15% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 20% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

4.1.4 กรณีเปรียบเทียบ 6 วิธีทดลอง ดังตาราง 4.10-4.12

ตาราง4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

จำนวน วิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.001$	
		LR	MC-LR
6	5	0.002	0.003
	10	0.000	0.003
	15	0.002	0.000
	20	0.002	0.002
	25	0.003	0.000

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 15% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 5% 10% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ตาราง4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.01$	
		LR	MC-LR
6	5	0.013	0.010
	10	0.010	0.010
	15	0.015	0.012
	20	0.007	0.010
	25	0.010	0.010

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% 15% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 10% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ตาราง4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.05$	
		LR	MC-LR
6	5	0.048	0.048
	10	0.057	0.058
	15	0.055	0.055
	20	0.047	0.048
	25	0.052	0.047

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 10% 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 5% 15% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

4.1.5 กรณีเปรียบเทียบ 7 วิธีทดลอง ดังตาราง 4.13-4.15

ตาราง4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

จำนวน วิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.001$	
		LR	MC-LR
7	5	0.003	0.002
	10	0.003	0.002
	15	0.002	0.003
	20	0.002	0.002
	25	0.002	0.005

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% 10% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 15% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

<u>ตาราง4.14</u> แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.01$	
		LR	MC-LR
7	5	0.005	0.010
	10	0.012	0.012
	15	0.013	0.013
	20	0.013	0.012
	25	0.013	0.010

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 20% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และ กรณี ที่ C.V.% = 10% 15% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ตาราง4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนวิธีทดลอง (p)	C.V. %	$\alpha = 0.05$	
		LR	MC-LR
7	5	0.035	0.037
	10	0.042	0.043
	15	0.065	0.063
	20	0.053	0.055
	25	0.070	0.067

พบว่ากรณีส่วนใหญ่ของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนาภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 15% 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 5% 10% 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น จะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

จากผลการวิจัยพบว่า จำนวนวิธีทดลองและค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันไม่มีผลต่อค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของวิธีทดสอบทั้ง 2 วิธี และค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะมีแนวโน้มเข้าใกล้ค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

จากตาราง 4.1-4.15 สรุปได้ว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 0.01 และ 0.05 ในกรณีส่วนใหญ่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่หนึ่งใกล้เคียงหรือเท่ากับ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นแบบปกติ

การหาความแตกต่างของทั้งสองวิธีเราไม่สามารถหาความแตกต่างทางสถิติได้เนื่องจากในแต่ละกรณีของแต่ละวิธีนั้นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่หนึ่ง เพียงค่าเดียวจึงไม่สามารถหาความแปรปรวนได้ดังนั้นจึงทดสอบความแตกต่างทางสถิติไม่ได้

ส่วนที่ 2 ผลการวิจัยของการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้การทดสอบ โดยการพิจารณาจากค่าอำนาจการทดสอบ

4.2.1 กรณีเปรียบเทียบ 3 วิธีทดลอง ตาราง 4.16-4.18 และรูปที่ 4.1-4.3

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 0.75$ และ $\Phi_{\tau} = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 1.5$ $\Phi_{\tau} = 1.75$ และ $\Phi_{\tau} = 2.25$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 3.1$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.014 0.014 0.014 0.014 และ 0.014 ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 0.75$ และ $\Phi_{\tau} = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการ

ทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 1.5$ $\Phi_{\tau} = 1.75$ และ $\Phi_{\tau} = 2.25$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 3.1$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.014 0.014 0.014 0.014 และ 0.014 ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 0.75$ และ $\Phi_{\tau} = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 1.5$ $\Phi_{\tau} = 1.75$ และ $\Phi_{\tau} = 2.25$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.021 0.014 0.014 0.014 และ 0.014 ตามลำดับ

4.2.2 กรณีเปรียบเทียบ 4 วิธีทดลอง ตาราง 4.19-4.21 และรูปที่ 4.4-4.6

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 0.75$ และ $\Phi_{\tau} = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 1.5$ $\Phi_{\tau} = 1.75$ และ $\Phi_{\tau} = 2.25$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 10% ที่ค่า $\Phi_{\tau} = 1.5$ และ C.V.% = 20% ที่ค่า $\Phi_{\tau} = 1.5$ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 3.1$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติ

คาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.014 0.021 0.014 0.021 และ 0.014 ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_\tau = 0.75$ และ $\Phi_\tau = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_\tau = 1.5$ $\Phi_\tau = 1.75$ และ $\Phi_\tau = 2.25$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่า ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_\tau = 3.1$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการ

ทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.014 0.014 0.014 0.014 และ 0.014 ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_\tau = 0.75$ และ $\Phi_\tau = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_\tau = 1.5$ $\Phi_\tau = 1.75$ และ $\Phi_\tau = 2.25$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 10% ที่ค่า $\Phi_\tau = 2.25$ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะ น่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และกรณีที่ C.V.% = 10% ที่ค่า $\Phi_\tau = 1.5$ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_\tau = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และกรณีที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการ

ทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.014 0.04 0.023 0.021 และ 0.014 ตามลำดับ

4.2.3 กรณีเปรียบเทียบ 5 วิธีทดลอง ตาราง 4.22-4.24 และรูปที่ 4.7-4.9

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_\tau = 0.75$ และ $\Phi_\tau = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_\tau = 1.5$ $\Phi_\tau = 1.75$ และ $\Phi_\tau = 2.25$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_\tau = 3.1$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.014 0.014 0.014 0.014 และ 0.014 ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_\tau = 0.75$ และ $\Phi_\tau = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการ

ทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_\tau = 1.5$ $\Phi_\tau = 1.75$ และ $\Phi_\tau = 2.25$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบ สูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_\tau = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นทุกกรณี

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.014 0.021 0.014 0.014 และ 0.014 ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_\tau = 0.75$ และ $\Phi_\tau = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_\tau = 1.5$ $\Phi_\tau = 1.75$ และ $\Phi_\tau = 2.25$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 20% ที่ค่า $\Phi_\tau = 1.5$ และ C.V.% = 25% ที่ค่า $\Phi_\tau = 2.25$ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์

โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นทุกกรณี

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 5% 15% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และกรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบ มอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.021 0.023 0.021 0.021 และ 0.021 ตามลำดับ

4.2.4 กรณีเปรียบเทียบ 6 วิธีทดลอง ตาราง 4.25-4.27 และรูปที่ 4.10-4.12

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 0.75$ และ $\Phi_{\tau} = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 1.5$ $\Phi_{\tau} = 1.75$ และ $\Phi_{\tau} = 2.25$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.014 0.014 0.023 0.014 และ 0.014 ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 0.75$ และ $\Phi_{\tau} = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 1.5$ $\Phi_{\tau} = 1.75$ และ $\Phi_{\tau} = 2.25$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นทุกกรณี

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_{\tau} = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณี ที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบมากกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบ มอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่ามีนัยสำคัญของความแตกทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.021 0.021 0.021 0.014 และ 0.023 ตามลำดับต่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_\tau = 0.75$ และ $\Phi_\tau = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_\tau = 1.5$ $\Phi_\tau = 1.75$ และ $\Phi_\tau = 2.25$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 10% ที่ค่า $\Phi_\tau = 2.25$ และ C.V.% = 15% ที่ค่า $\Phi_\tau = 2.25$ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_\tau = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบน้อยว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบ

วิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.021 0.034 0.034 0.023 และ 0.021 ตามลำดับ

4.2.5 กรณีเปรียบเทียบ 7 วิธีทดลอง ตาราง 4.28-4.30 และรูปที่ 4.13-4.15

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_\tau = 0.75$ และ $\Phi_\tau = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_\tau = 1.5$ $\Phi_\tau = 1.75$ และ $\Phi_\tau = 2.25$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบ สูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_\tau = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นทุกกรณี

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ

5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.014 0.014 0.014 0.014 และ 0.021 ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_\tau = 0.75$ และ $\Phi_\tau = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_\tau = 1.5$ $\Phi_\tau = 1.75$ และ $\Phi_\tau = 2.25$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 10% ที่ค่า $\Phi_\tau = 2.25$ C.V.% = 15% ที่ค่า $\Phi_\tau = 2.25$ และ C.V.% = 20% ที่ค่า $\Phi_\tau = 2.25$ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_\tau = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบ น้อยว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.021 0.034 0.034 0.040 และ 0.021 ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ที่มีค่า $\Phi_\tau = 0.75$ และ $\Phi_\tau = 1.2$ พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ที่มีค่า $\Phi_\tau = 1.5$ $\Phi_\tau = 1.75$ และ $\Phi_\tau = 2.25$ พบว่าเกือบกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นที่ $\Phi_\tau = 2.25$ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

และในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ที่มีค่า $\Phi_\tau = 3.1$ พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ยกเว้นกรณี ที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบ น้อยว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้อำนาจการทดสอบเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเกือบทุกกรณี

ทดสอบหาความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น กับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The wilcoxon Match-Pairs Signed Rank test) พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ค่า C.V.% เท่ากับ 5% 10% 15% 20% 25% ซึ่งมีค่า P-Value ดังนี้ 0.034 0.040 0.034 0.034 และ 0.034 ตามลำดับ

จากผลการวิจัยพบว่า ตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองมีความแตกต่างกันมากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบจะมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่สัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีแนวโน้มคงที่ เนื่องจากการคำนวณค่า (τ_i) จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวข้องในการคำนวณด้วย จึงทำให้อำนาจการทดสอบมีแนวน้อมคงที่ เมื่อพิจารณาที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับเดียวกัน และค่าสัมประสิทธิ์แปรผันที่ระดับเดียวกัน แล้วจำนวนวิธีทดลองเพิ่มขึ้น จะพบว่าค่าผลต่างของอำนาจการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มที่ลดลง

เนื่องจากการเพิ่มจำนวนวิธีทดลองก็เป็นการเพิ่มจำนวนซ้ำของหน่วยทดลอง นอกจากนี้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.001

สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับค่าอำนาจการทดสอบ พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 0.01 และ 0.05 เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันระดับน้อย พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นมีแนวโน้มที่จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันระดับปานกลาง พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะ น่าจะเป็นมีแนวโน้มที่จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น และเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันระดับมาก และตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มที่จะให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน และมีค่าเข้าใกล้ 1

ตาราง4.16 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.000	0.002	0.007	0.007	0.012	0.015
	MC-LR	0.017	0.022	0.030	0.040	0.060	0.075
C.V.% = 10	LR	0.000	0.003	0.005	0.008	0.007	0.010
	MC-LR	0.005	0.010	0.013	0.038	0.048	0.077
C.V.% = 15	LR	0.003	0.005	0.002	0.005	0.012	0.013
	MC-LR	0.008	0.015	0.017	0.023	0.060	0.063
C.V.% = 20	LR	0.002	0.008	0.007	0.005	0.002	0.023
	MC-LR	0.013	0.023	0.027	0.025	0.022	0.078
C.V.% = 25	LR	0.000	0.003	0.005	0.002	0.005	0.018
	MC-LR	0.010	0.017	0.023	0.032	0.045	0.062

ตาราง4.17 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.025	0.030	0.058	0.048	0.093	0.127
	MC-LR	0.032	0.038	0.065	0.065	0.120	0.157
C.V.% = 10	LR	0.008	0.022	0.038	0.055	0.087	0.122
	MC-LR	0.020	0.032	0.048	0.075	0.117	0.162
C.V.% = 15	LR	0.013	0.032	0.037	0.043	0.093	0.123
	MC-LR	0.017	0.040	0.043	0.053	0.120	0.150
C.V.% = 20	LR	0.015	0.050	0.040	0.050	0.057	0.147
	MC-LR	0.018	0.057	0.053	0.067	0.078	0.165
C.V.% = 25	LR	0.015	0.030	0.057	0.060	0.095	0.125
	MC-LR	0.017	0.032	0.060	0.067	0.105	0.168

ตาราง4.18 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.095	0.150	0.228	0.252	0.377	0.493
	MC-LR	0.097	0.152	0.232	0.255	0.378	0.493
C.V.% = 10	LR	0.077	0.135	0.193	0.210	0.377	0.550
	MC-LR	0.080	0.145	0.210	0.227	0.392	0.573
C.V.% = 15	LR	0.095	0.155	0.205	0.248	0.377	0.543
	MC-LR	0.103	0.158	0.207	0.252	0.378	0.555
C.V.% = 20	LR	0.082	0.162	0.180	0.248	0.350	0.530
	MC-LR	0.100	0.165	0.183	0.252	0.352	0.540
C.V.% = 25	LR	0.077	0.140	0.225	0.238	0.330	0.558
	MC-LR	0.083	0.148	0.233	0.250	0.353	0.577

ตาราง4.19 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อ จำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 4 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.005	0.012	0.022	0.032	0.092	0.238
	MC-LR	0.007	0.020	0.037	0.065	0.167	0.348
C.V.% = 10	LR	0.003	0.012	0.067	0.032	0.080	0.257
	MC-LR	0.008	0.015	0.067	0.057	0.148	0.382
C.V.% = 15	LR	0.003	0.015	0.027	0.038	0.085	0.228
	MC-LR	0.007	0.028	0.053	0.072	0.143	0.353
C.V.% = 20	LR	0.010	0.012	0.013	0.030	0.085	0.263
	MC-LR	0.012	0.015	0.013	0.063	0.170	0.378
C.V.% = 25	LR	0.007	0.013	0.027	0.042	0.090	0.232
	MC-LR	0.012	0.023	0.047	0.067	0.145	0.347

ตาราง4.20 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 4 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.038	0.100	0.127	0.207	0.387	0.753
	MC-LR	0.040	0.110	0.145	0.232	0.415	0.760
C.V.% = 10	LR	0.033	0.077	0.182	0.210	0.403	0.753
	MC-LR	0.047	0.098	0.217	0.235	0.435	0.772
C.V.% = 15	LR	0.023	0.088	0.153	0.243	0.438	0.748
	MC-LR	0.035	0.097	0.163	0.258	0.452	0.755
C.V.% = 20	LR	0.033	0.078	0.130	0.202	0.405	0.732
	MC-LR	0.037	0.095	0.157	0.222	0.428	0.765
C.V.% = 25	LR	0.030	0.073	0.143	0.220	0.370	0.713
	MC-LR	0.035	0.078	0.150	0.245	0.407	0.730

ตาราง4.21 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 4 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.142	0.302	0.417	0.552	0.738	0.958
	MC-LR	0.147	0.310	0.432	0.560	0.748	0.962
C.V.% = 10	LR	0.143	0.295	0.473	0.545	0.763	0.978
	MC-LR	0.150	0.300	0.470	0.553	0.763	1.000
C.V.% = 15	LR	0.147	0.270	0.420	0.527	0.778	0.965
	MC-LR	0.152	0.278	0.432	0.535	0.785	0.963
C.V.% = 20	LR	0.120	0.305	0.445	0.525	0.805	0.970
	MC-LR	0.123	0.310	0.455	0.532	0.808	0.970
C.V.% = 25	LR	0.137	0.272	0.400	0.550	0.752	0.955
	MC-LR	0.140	0.278	0.408	0.555	0.755	0.958

ตาราง4.22 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.008	0.028	0.095	0.132	0.310	0.748
	MC-LR	0.015	0.053	0.130	0.182	0.403	0.805
C.V.% = 10	LR	0.003	0.025	0.050	0.118	0.273	0.777
	MC-LR	0.008	0.058	0.100	0.180	0.360	0.780
C.V.% = 15	LR	0.010	0.033	0.070	0.132	0.322	0.762
	MC-LR	0.012	0.068	0.125	0.190	0.387	0.788
C.V.% = 20	LR	0.007	0.028	0.060	0.125	0.287	0.743
	MC-LR	0.017	0.060	0.107	0.175	0.388	0.775
C.V.% = 25	LR	0.008	0.027	0.077	0.118	0.297	0.765
	MC-LR	0.027	0.047	0.110	0.155	0.383	0.790

ตาราง4.23 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.048	0.180	0.353	0.412	0.702	0.967
	MC-LR	0.058	0.197	0.385	0.428	0.725	0.970
C.V.% = 10	LR	0.035	0.155	0.270	0.403	0.693	0.957
	MC-LR	0.040	0.163	0.300	0.417	0.695	0.957
C.V.% = 15	LR	0.053	0.147	0.317	0.443	0.742	0.965
	MC-LR	0.067	0.162	0.333	0.455	0.757	0.968
C.V.% = 20	LR	0.050	0.160	0.278	0.440	0.700	0.963
	MC-LR	0.053	0.168	0.297	0.462	0.735	0.972
C.V.% = 25	LR	0.057	0.165	0.273	0.437	0.707	0.960
	MC-LR	0.060	0.175	0.297	0.455	0.722	0.963

ตาราง4.24 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อ จำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.155	0.423	0.665	0.722	0.918	1.000
	MC-LR	0.158	0.428	0.672	0.725	0.920	1.000
C.V.% = 10	LR	0.162	0.403	0.555	0.750	0.927	0.997
	MC-LR	0.170	0.415	0.572	0.760	0.930	0.995
C.V.% = 15	LR	0.153	0.380	0.600	0.735	0.918	0.998
	MC-LR	0.158	0.387	0.603	0.743	0.935	0.998
C.V.% = 20	LR	0.155	0.370	0.562	0.730	0.933	0.998
	MC-LR	0.158	0.375	0.562	0.737	0.937	1.000
C.V.% = 25	LR	0.168	0.373	0.580	0.762	0.932	0.997
	MC-LR	0.173	0.377	0.582	0.768	0.932	0.998

ตาราง4.25 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 6 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.018	0.052	0.142	0.255	0.567	0.940
	MC-LR	0.028	0.083	0.193	0.300	0.603	0.955
C.V.% = 10	LR	0.008	0.047	0.145	0.262	0.560	0.948
	MC-LR	0.013	0.080	0.205	0.318	0.618	0.957
C.V.% = 15	LR	0.005	0.057	0.123	0.250	0.547	0.963
	MC-LR	0.015	0.088	0.187	0.312	0.615	0.958
C.V.% = 20	LR	0.003	0.058	0.137	0.238	0.573	0.930
	MC-LR	0.012	0.092	0.195	0.290	0.623	0.937
C.V.% = 25	LR	0.015	0.068	0.150	0.248	0.563	0.960
	MC-LR	0.027	0.095	0.198	0.308	0.628	0.972

ตาราง4.26 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 6 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.065	0.233	0.388	0.570	0.868	0.998
	MC-LR	0.080	0.248	0.405	0.582	0.877	0.998
C.V.% = 10	LR	0.058	0.207	0.420	0.578	0.873	0.998
	MC-LR	0.080	0.232	0.448	0.587	0.875	0.998
C.V.% = 15	LR	0.050	0.228	0.420	0.590	0.877	0.998
	MC-LR	0.063	0.240	0.425	0.597	0.883	0.998
C.V.% = 20	LR	0.057	0.225	0.400	0.528	0.873	0.983
	MC-LR	0.073	0.242	0.420	0.540	0.878	0.985
C.V.% = 25	LR	0.073	0.233	0.452	0.617	0.882	0.997
	MC-LR	0.092	0.253	0.477	0.635	0.890	0.995

ตาราง4.27 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อ จำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 6 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.190	0.483	0.672	0.815	0.970	1.000
	MC-LR	0.197	0.492	0.682	0.823	0.978	1.000
C.V.% = 10	LR	0.192	0.463	0.718	0.812	0.978	1.000
	MC-LR	0.198	0.472	0.723	0.815	0.978	1.00
C.V.% = 15	LR	0.198	0.490	0.707	0.830	0.970	0.998
	MC-LR	0.200	0.495	0.715	0.835	0.970	0.998
C.V.% = 20	LR	0.203	0.495	0.678	0.845	0.973	1.000
	MC-LR	0.210	0.502	0.687	0.850	0.977	0.998
C.V.% = 25	LR	0.205	0.470	0.750	0.853	0.972	1.000
	MC-LR	0.210	0.477	0.757	0.858	0.975	1.000

ตาราง4.28 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อ จำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 7 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.001$

ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.008	0.075	0.222	0.403	0.767	0.990
	MC-LR	0.017	0.095	0.263	0.428	0.770	0.992
C.V.% = 10	LR	0.017	0.070	0.202	0.370	0.772	0.993
	MC-LR	0.025	0.092	0.238	0.390	0.777	0.997
C.V.% = 15	LR	0.015	0.077	0.220	0.367	0.777	0.990
	MC-LR	0.025	0.095	0.253	0.387	0.782	0.992
C.V.% = 20	LR	0.007	0.087	0.225	0.370	0.765	0.993
	MC-LR	0.015	0.113	0.267	0.393	0.770	0.997
C.V.% = 25	LR	0.013	0.087	0.217	0.390	0.750	0.998
	MC-LR	0.020	0.100	0.255	0.417	0.752	0.998

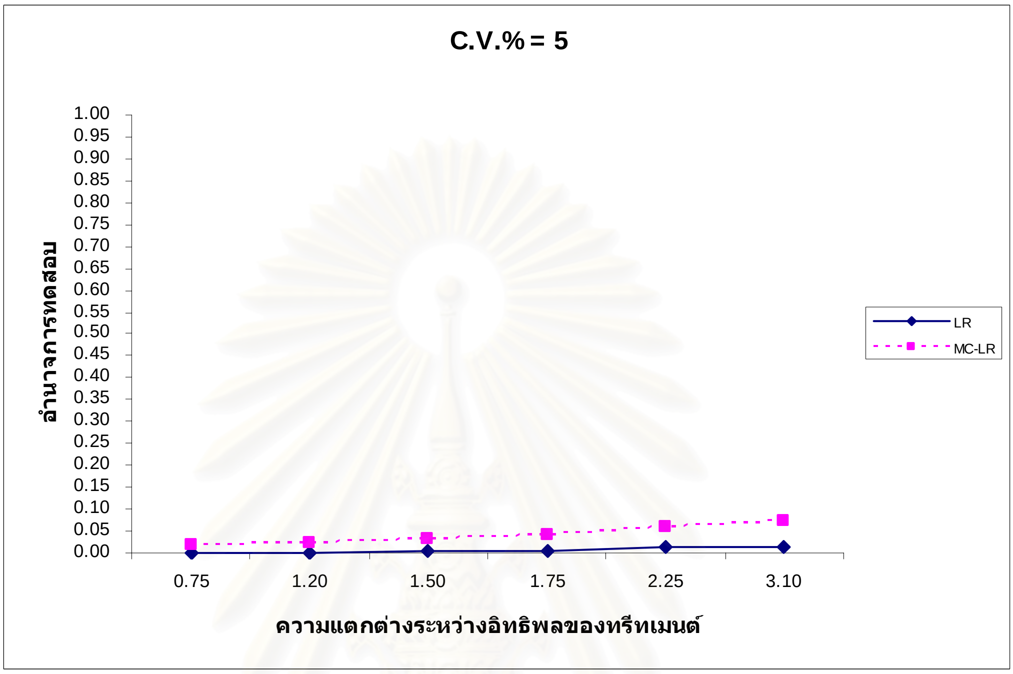
ตาราง4.29 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อ จำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 7 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

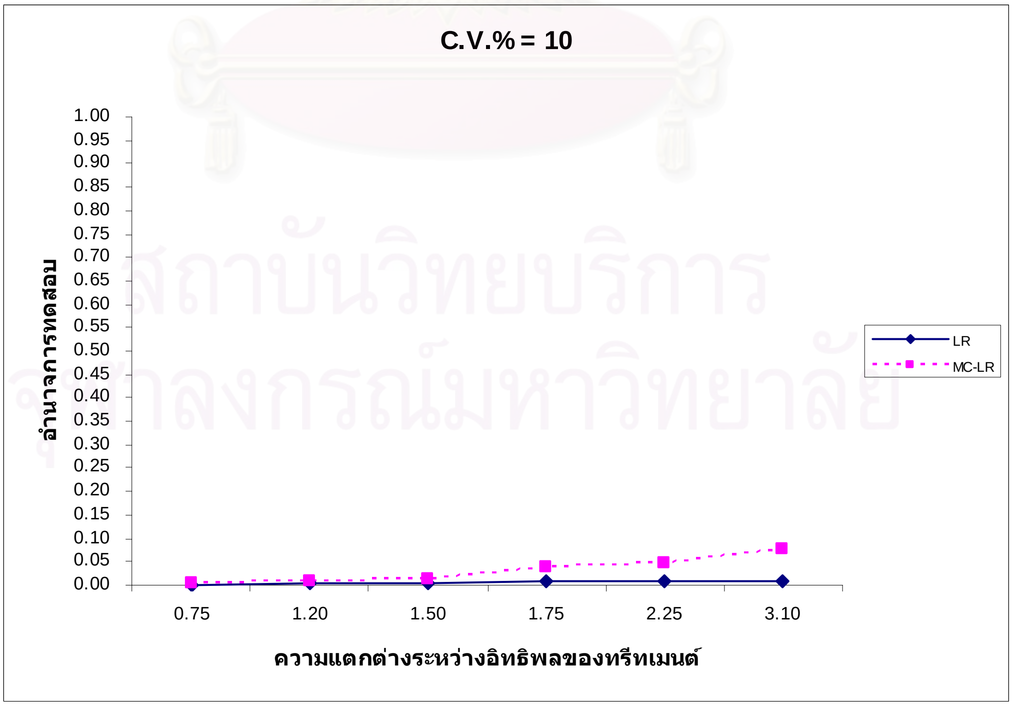
ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.053	0.258	0.505	0.712	0.945	0.998
	MC-LR	0.065	0.270	0.522	0.722	0.947	0.998
C.V.% = 10	LR	0.067	0.258	0.497	0.697	0.957	1.000
	MC-LR	0.083	0.278	0.518	0.703	0.957	1.000
C.V.% = 15	LR	0.092	0.268	0.542	0.705	0.955	1.000
	MC-LR	0.098	0.278	0.547	0.708	0.955	1.000
C.V.% = 20	LR	0.067	0.272	0.518	0.700	0.933	1.000
	MC-LR	0.077	0.282	0.525	0.705	0.933	0.997
C.V.% = 25	LR	0.065	0.290	0.512	0.733	0.942	1.000
	MC-LR	0.078	0.307	0.533	0.747	0.943	1.000

ตาราง4.30 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นเมื่อ จำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 7 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

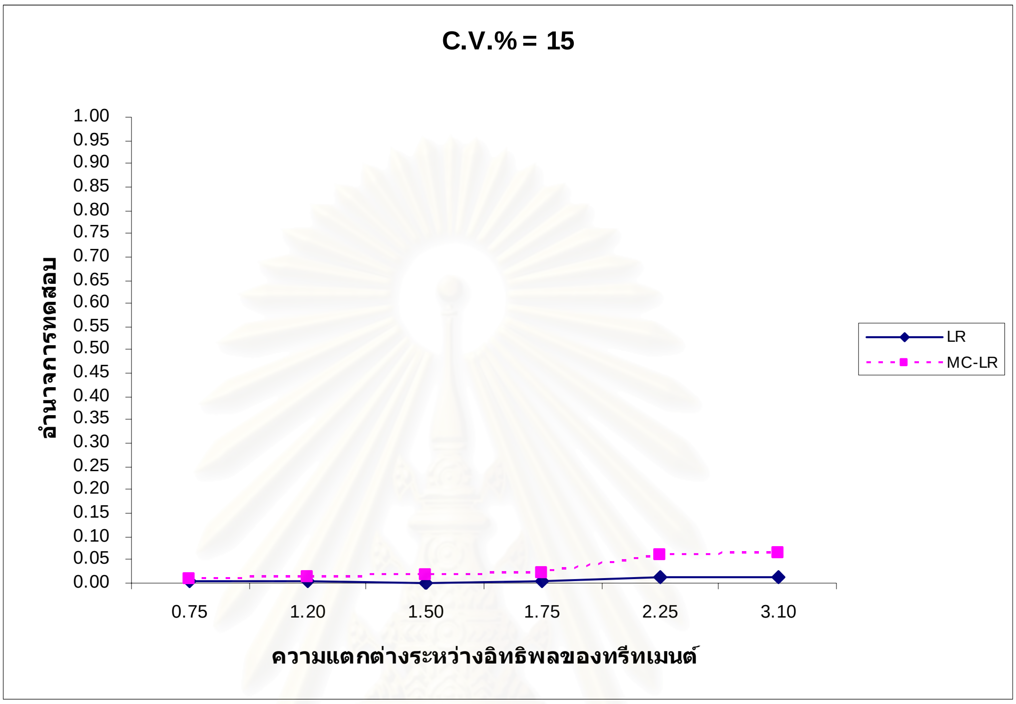
ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง	สถิติทดสอบ	แตกต่างกันน้อย		แตกต่างกันปานกลาง			แตกต่างกันมาก
		$\Phi = 0.75$	$\Phi = 1.2$	$\Phi = 1.5$	$\Phi = 1.75$	$\Phi = 2.25$	$\Phi = 3.1$
C.V.% = 5	LR	0.208	0.547	0.783	0.905	0.995	1.000
	MC-LR	0.217	0.555	0.793	0.912	0.995	1.000
C.V.% = 10	LR	0.230	0.505	0.768	0.900	0.997	1.000
	MC-LR	0.235	0.513	0.775	0.905	0.997	0.998
C.V.% = 15	LR	0.238	0.585	0.788	0.898	0.997	1.000
	MC-LR	0.245	0.593	0.797	0.903	0.997	1.000
C.V.% = 20	LR	0.208	0.523	0.783	0.903	0.987	1.000
	MC-LR	0.215	0.532	0.792	0.907	0.987	1.000
C.V.% = 25	LR	0.215	0.553	0.775	0.925	0.990	1.000
	MC-LR	0.220	0.560	0.782	0.930	0.990	1.000

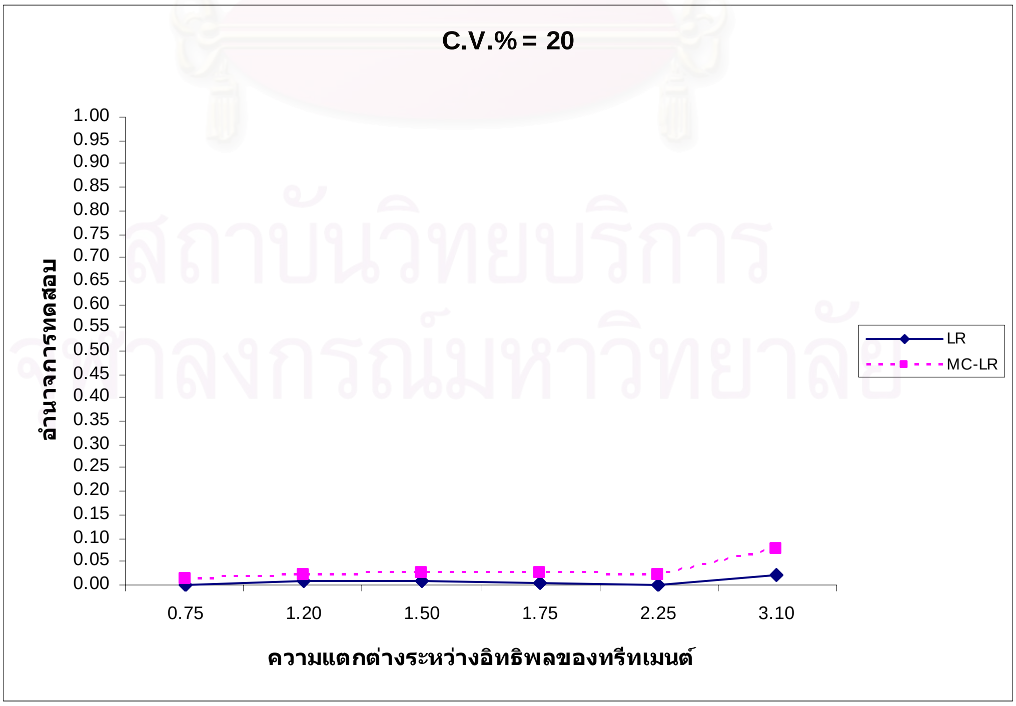
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001



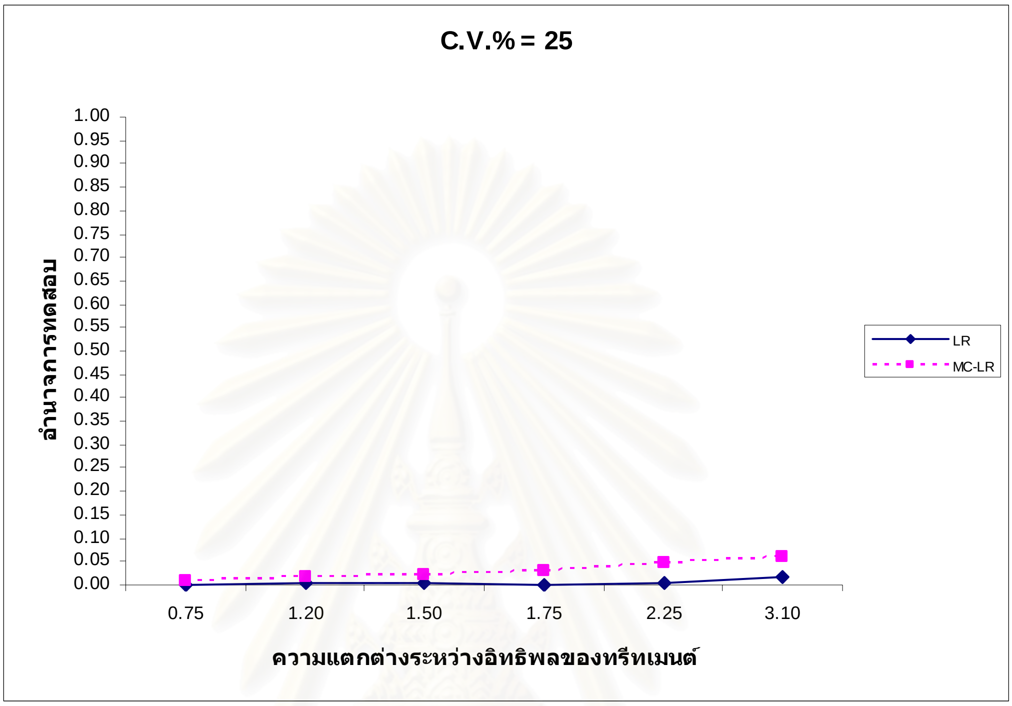


รูปที่ 4.1 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

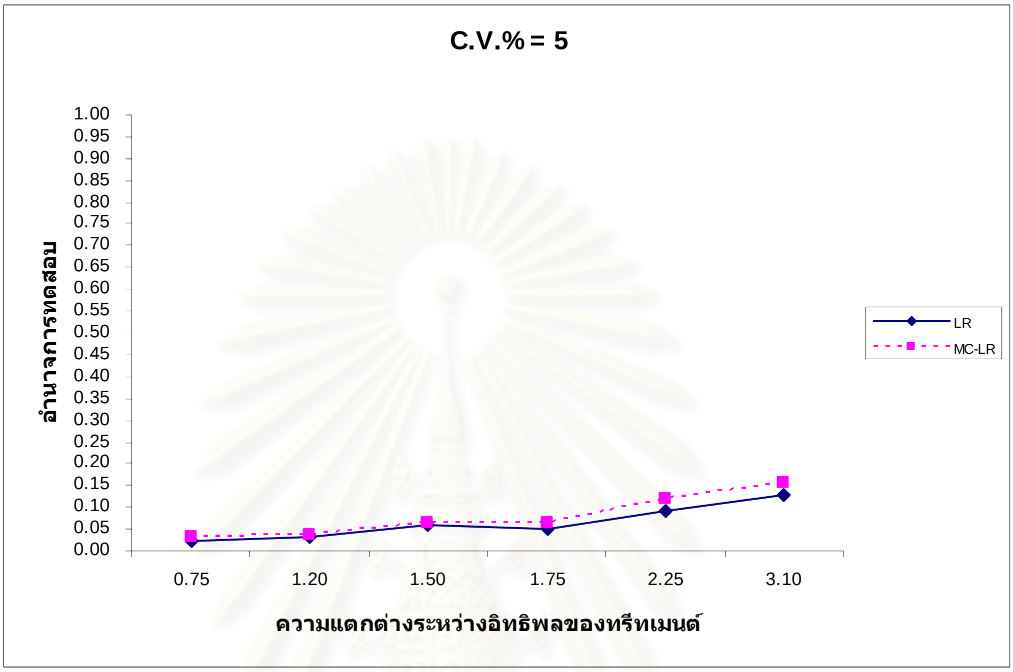


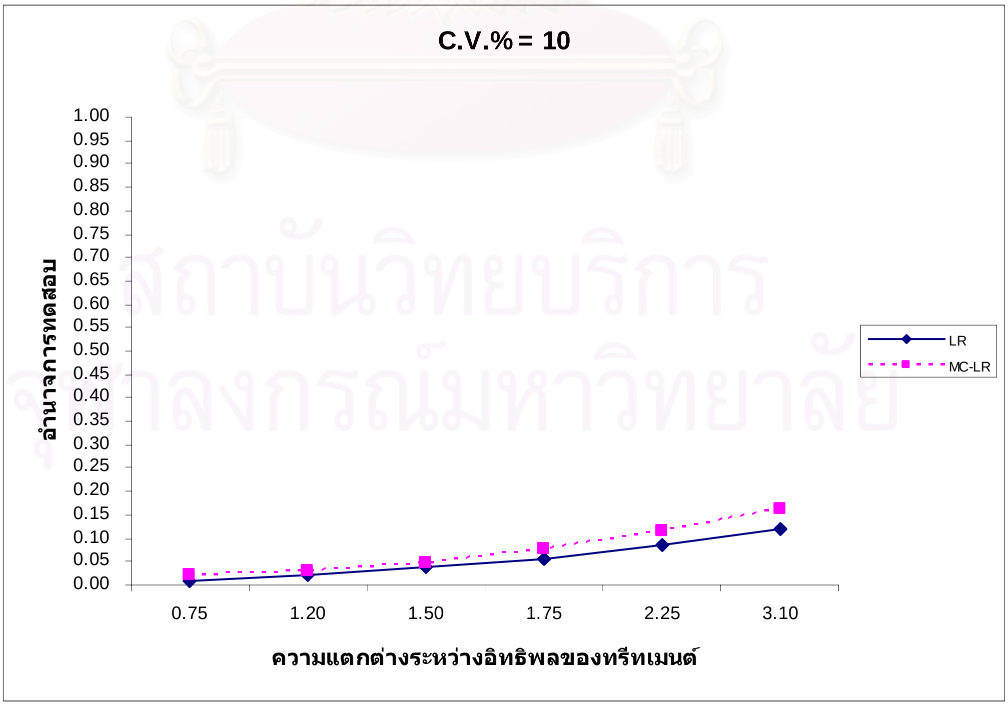


รูปที่ 4.1 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

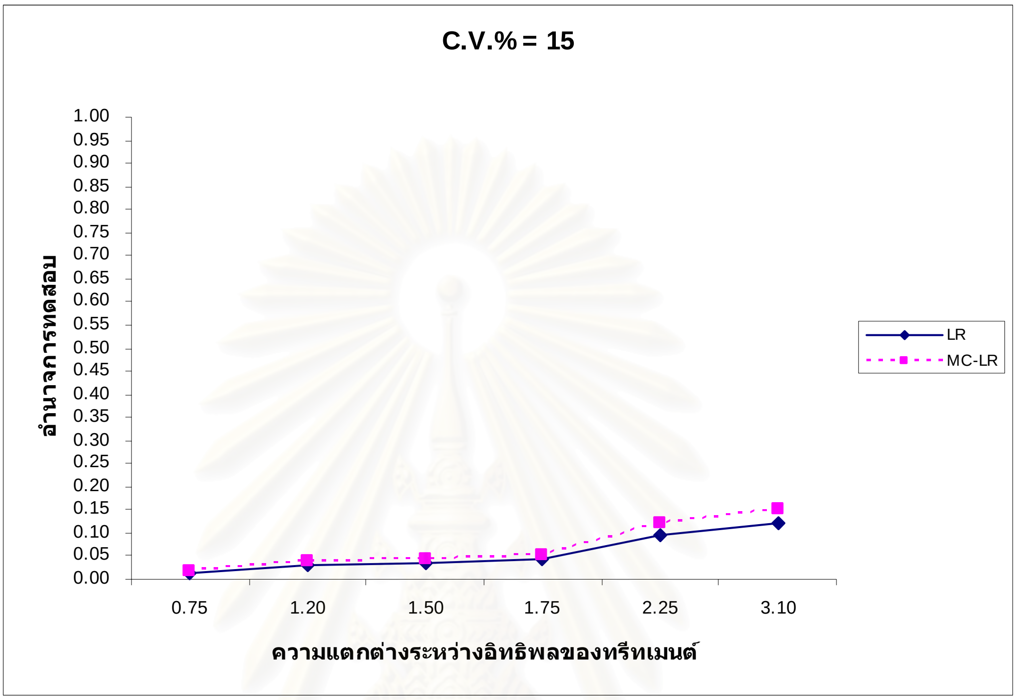


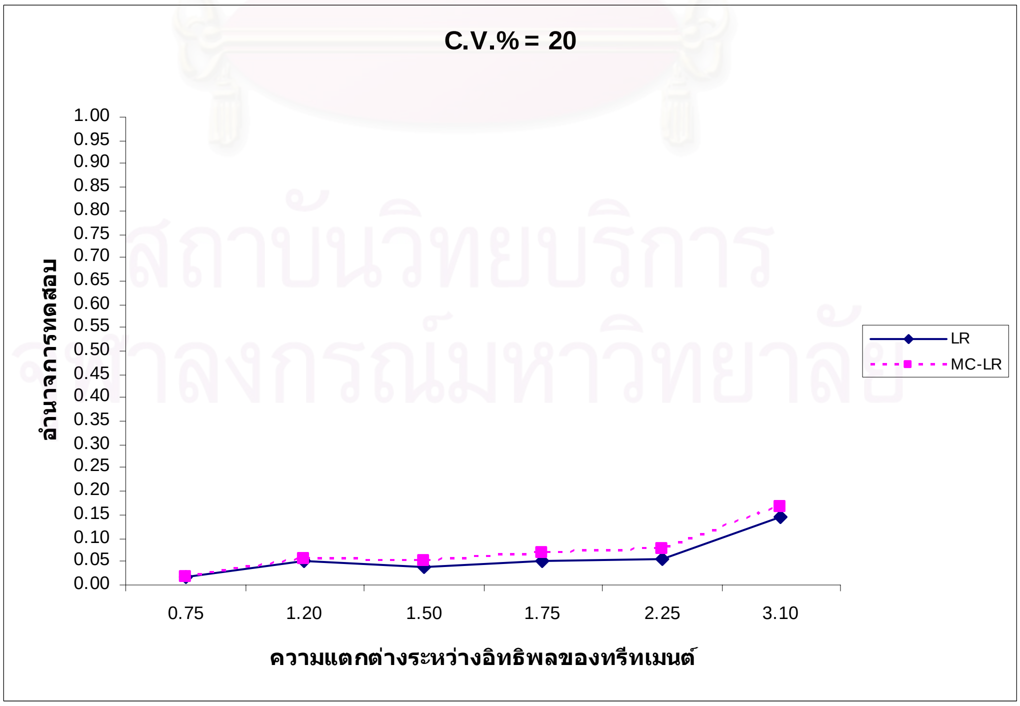
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



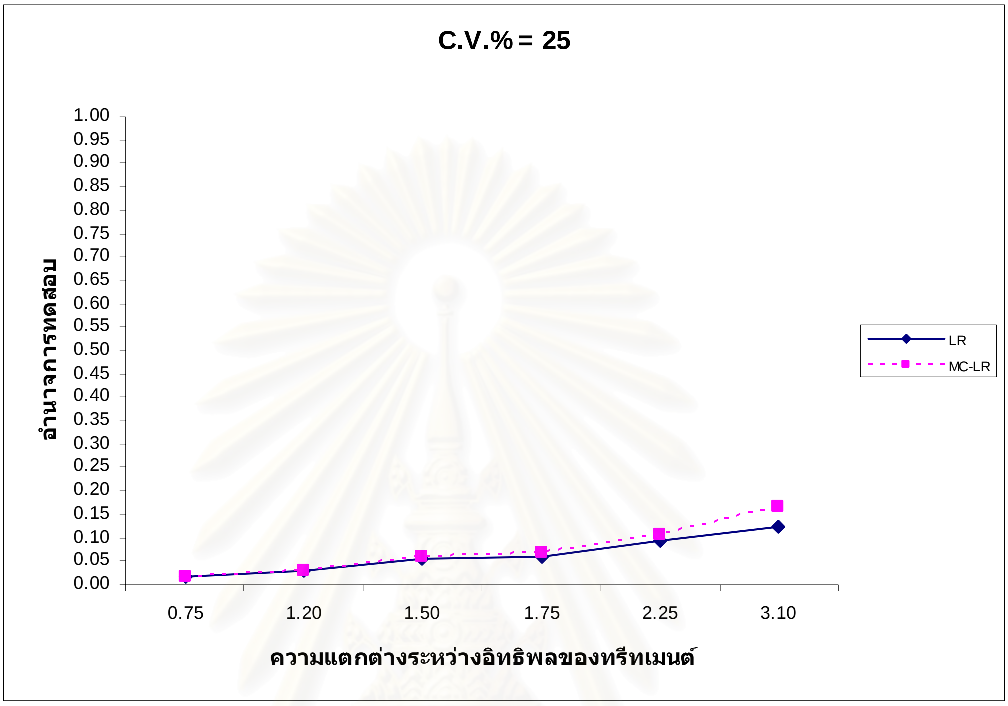


รูปที่ 4.2 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

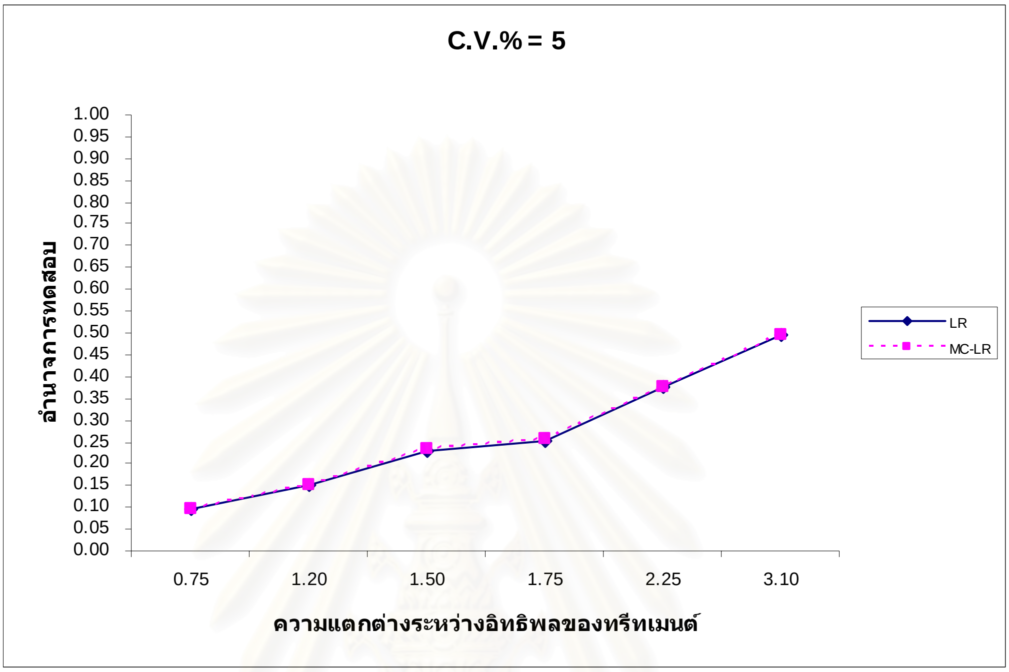


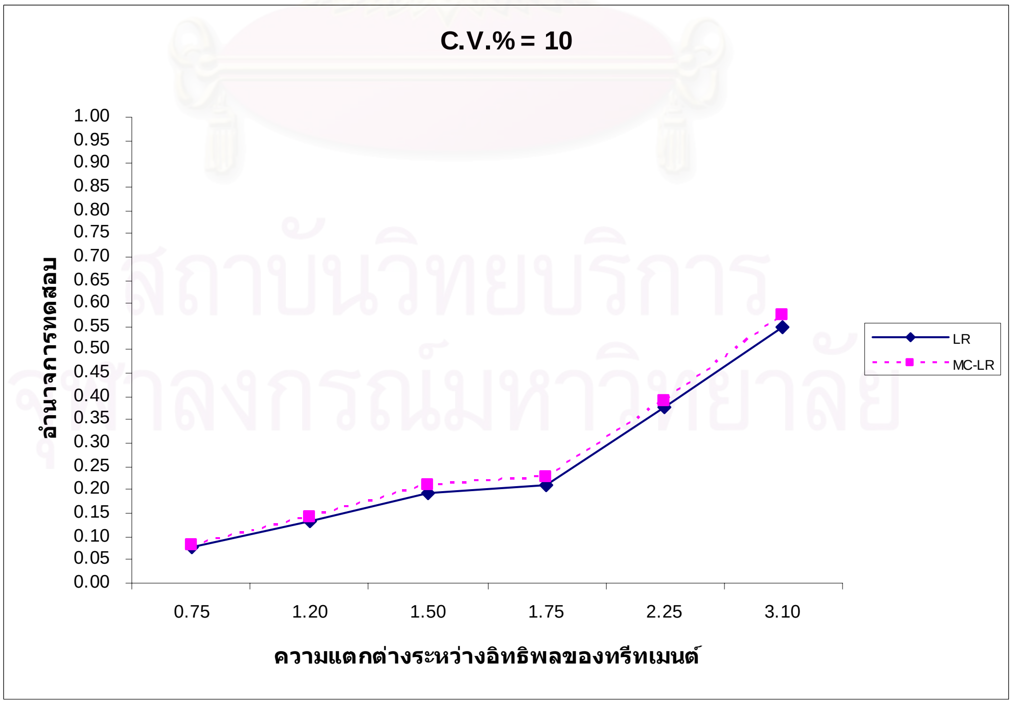


รูปที่ 4.2 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

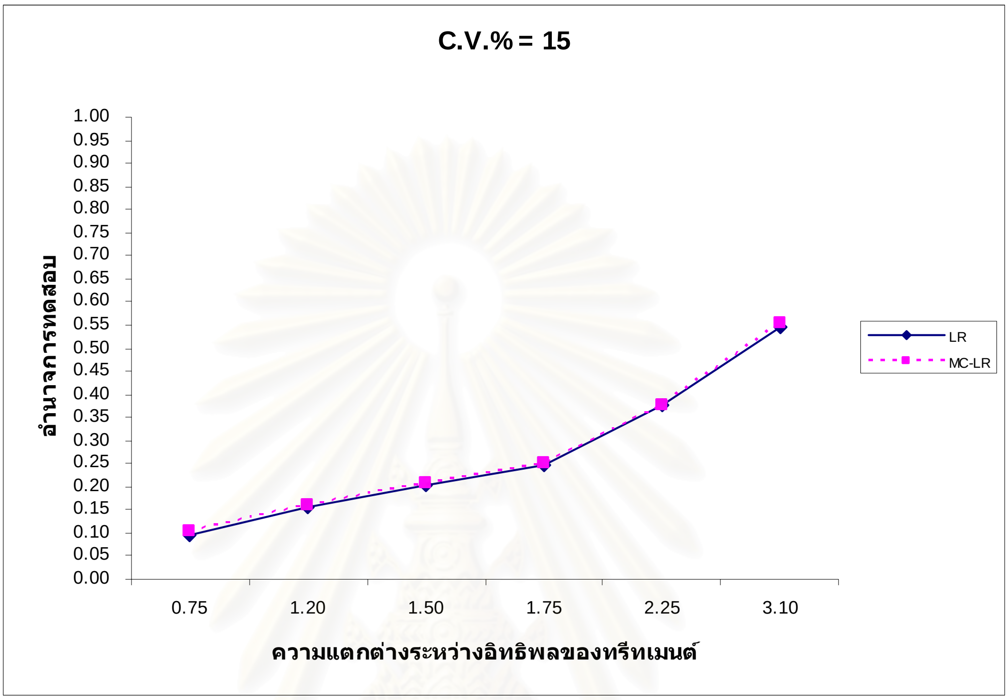


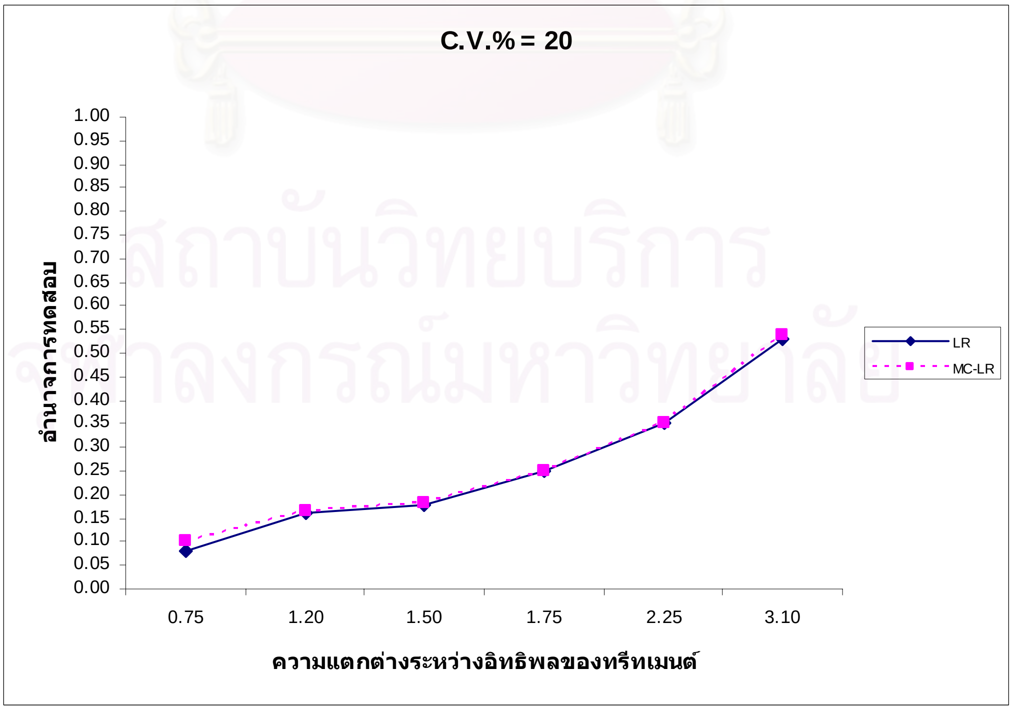
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



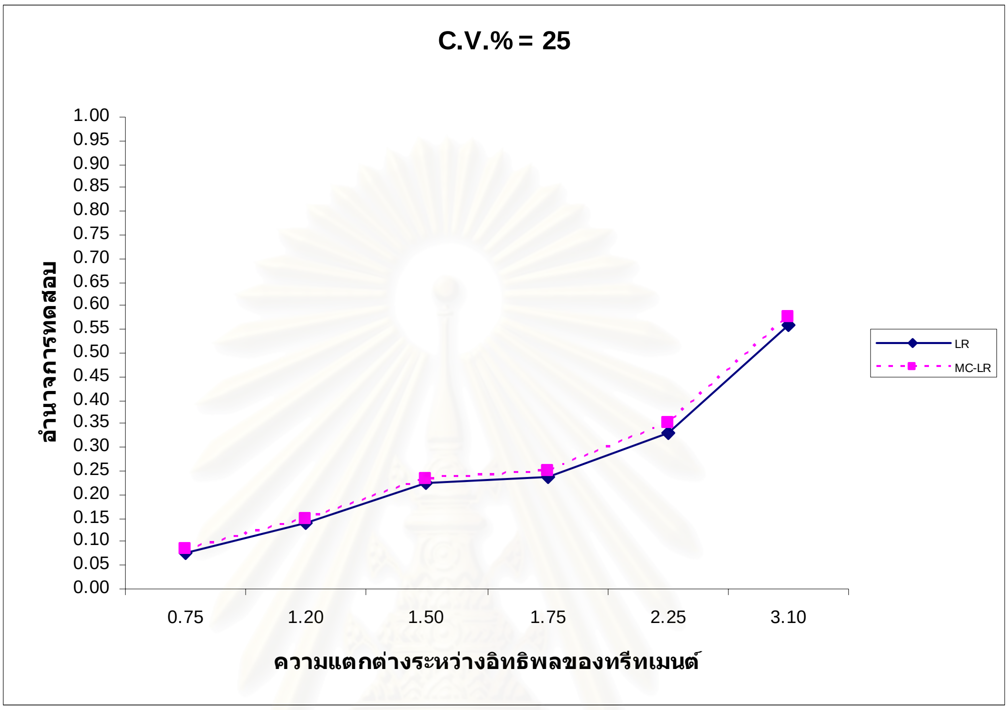


รูปที่ 4.3 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

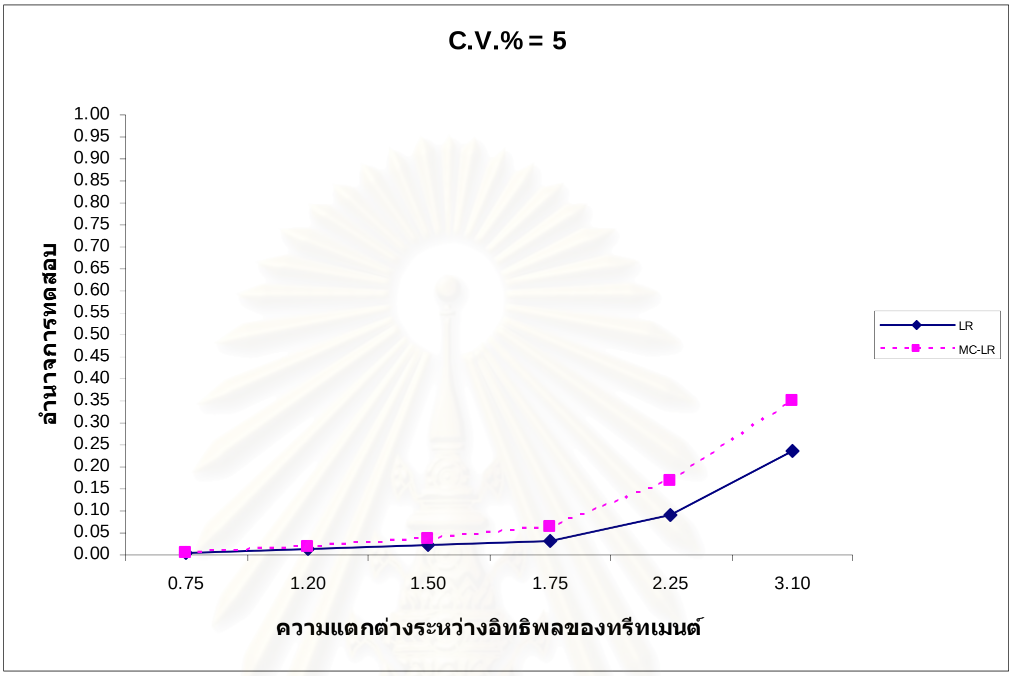


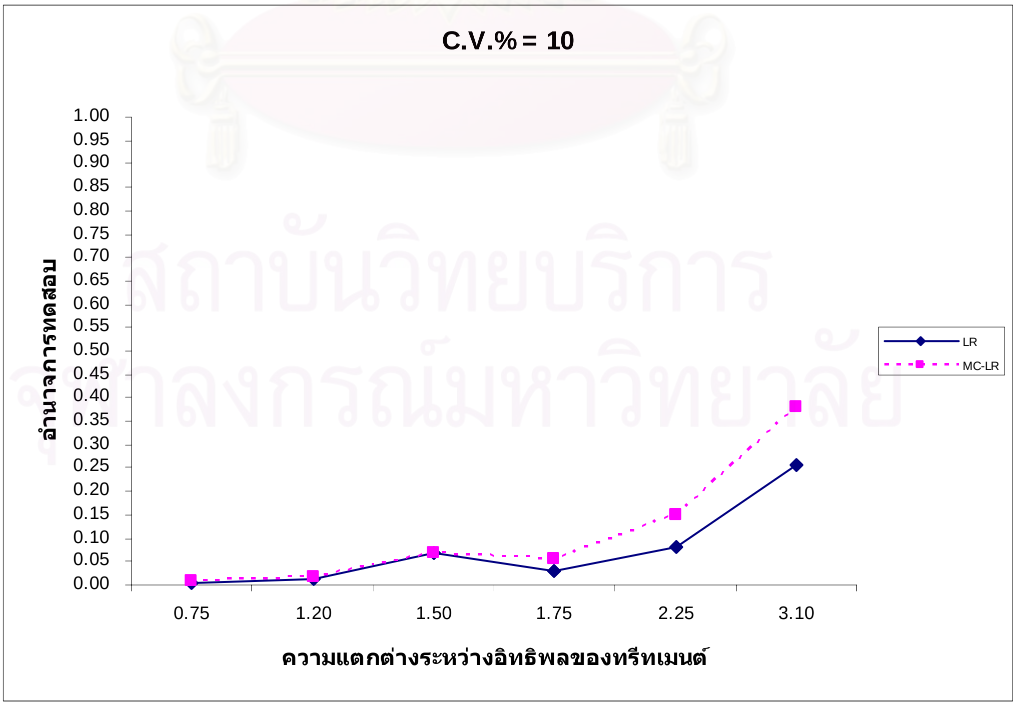


รูปที่ 4.3 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

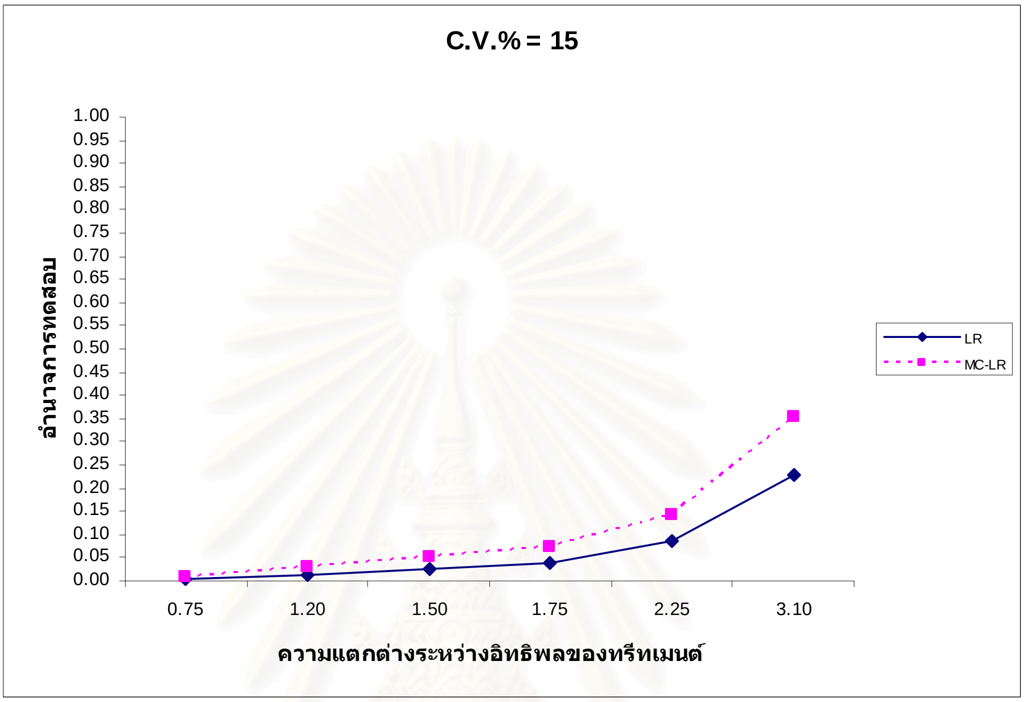


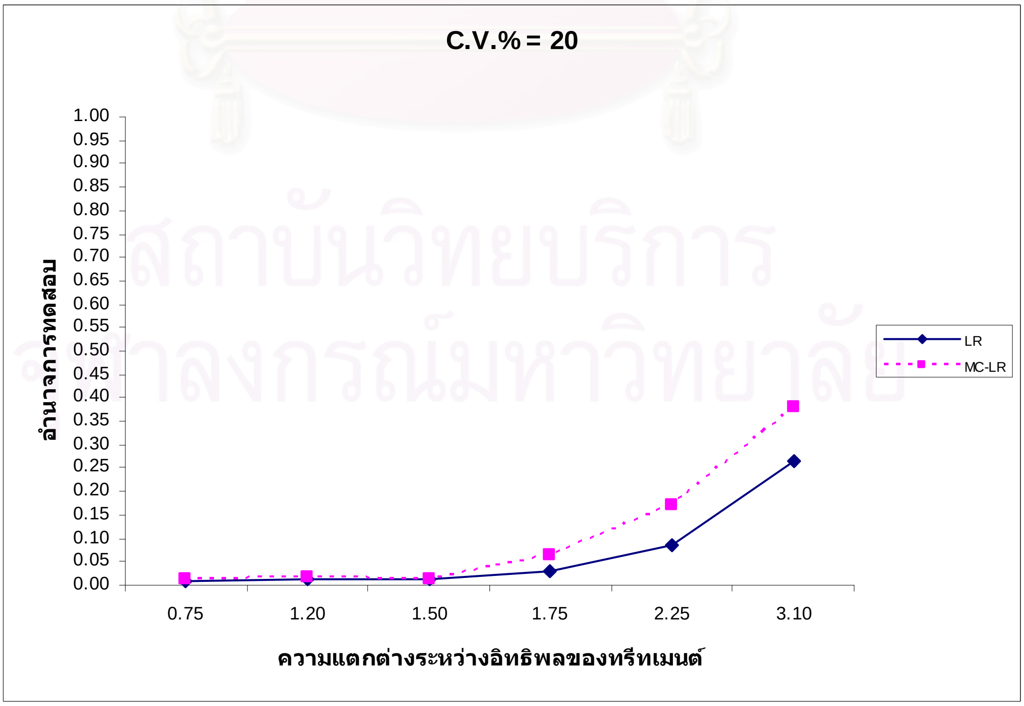
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001



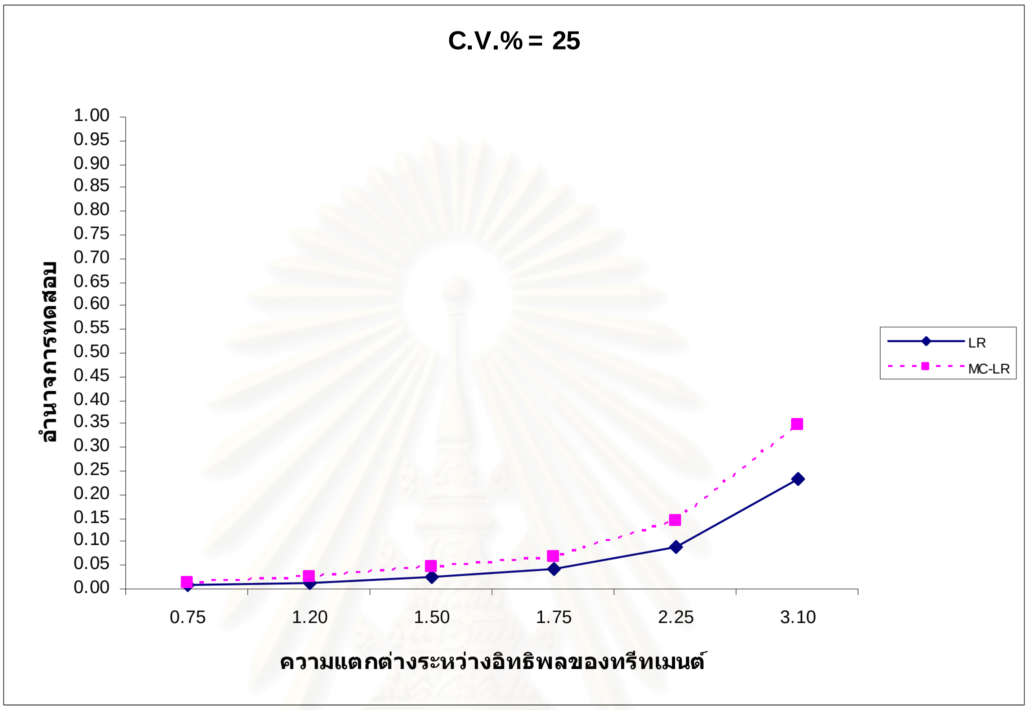


รูปที่ 4.4 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

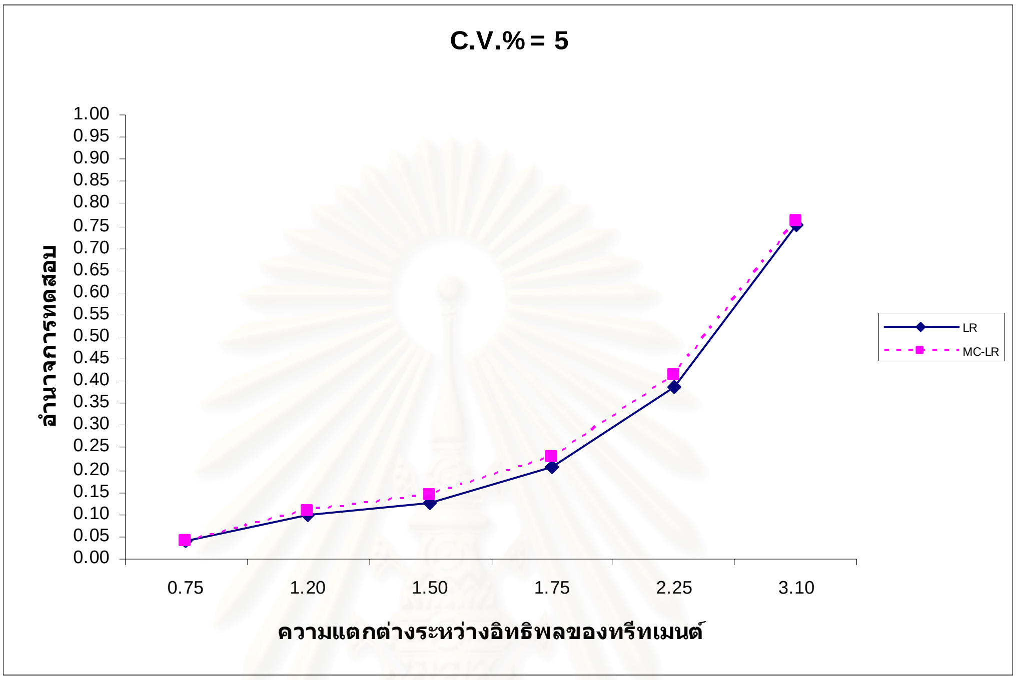


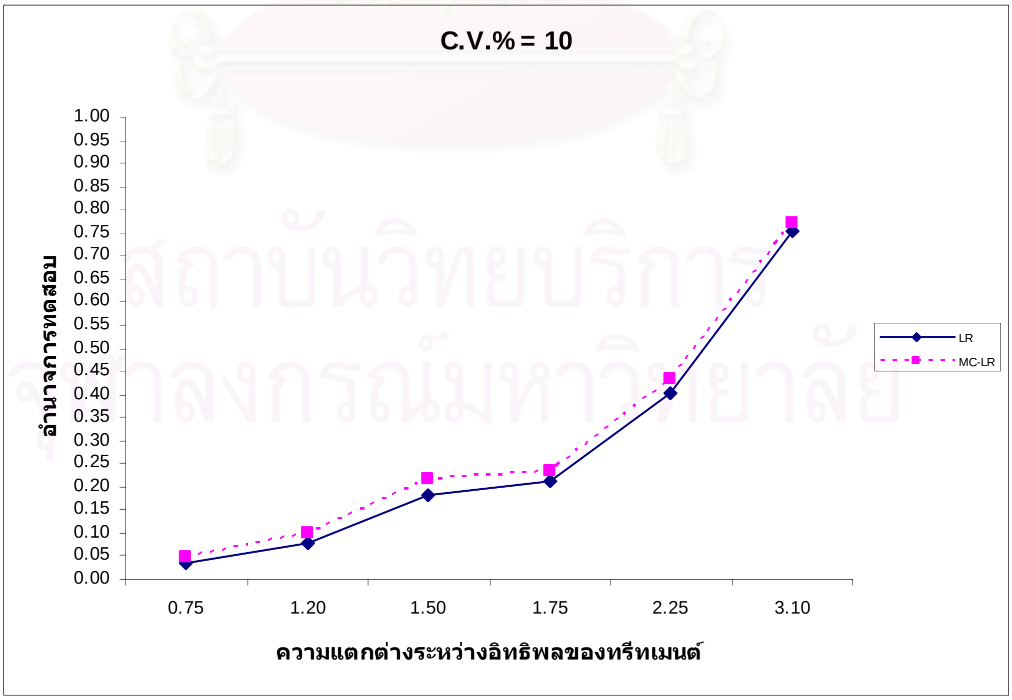


รูปที่ 4.4 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

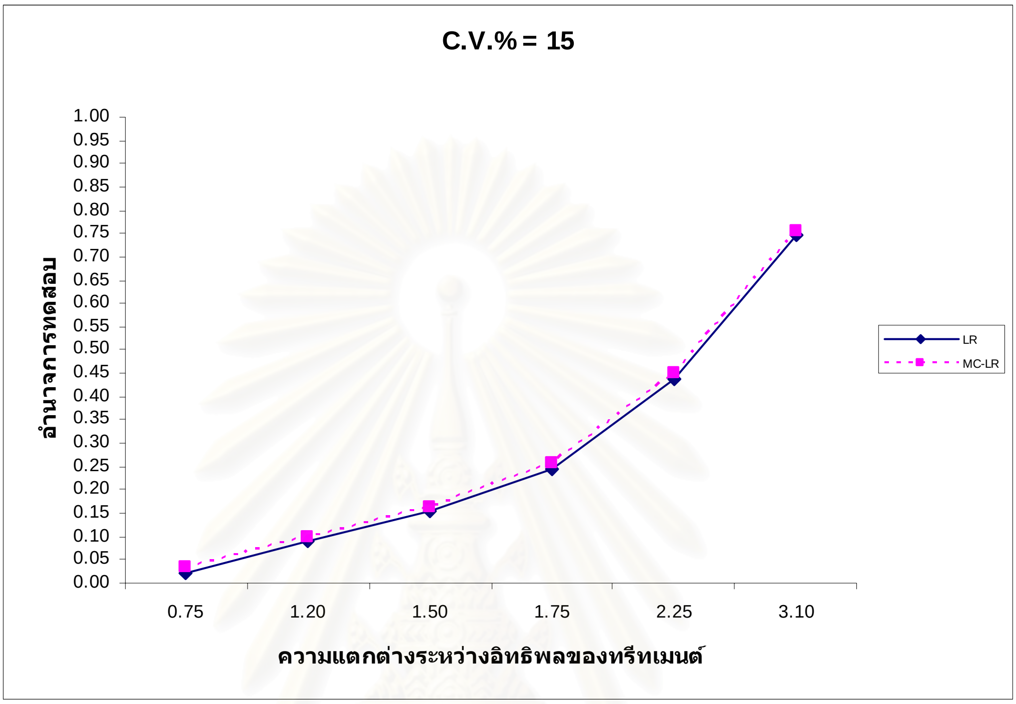


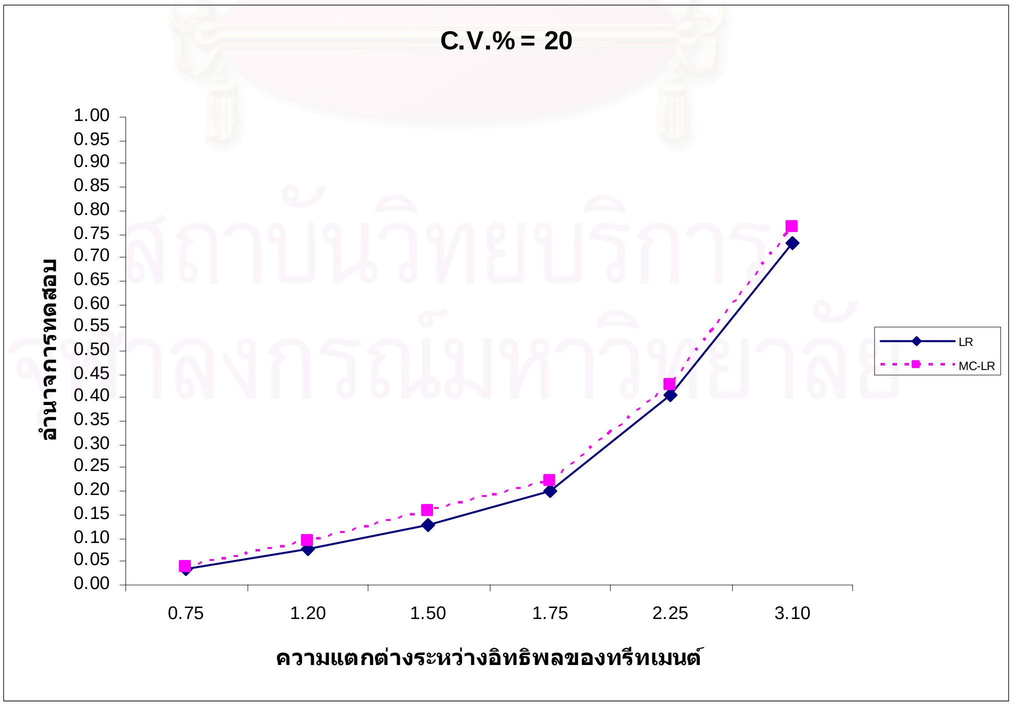
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



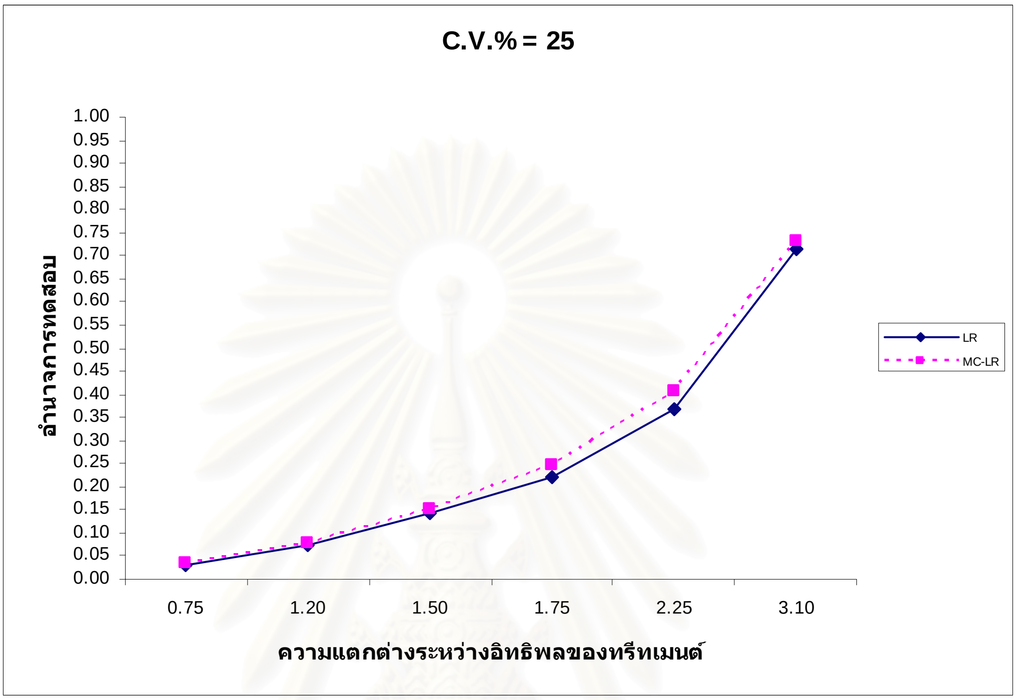


รูปที่ 4.5 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

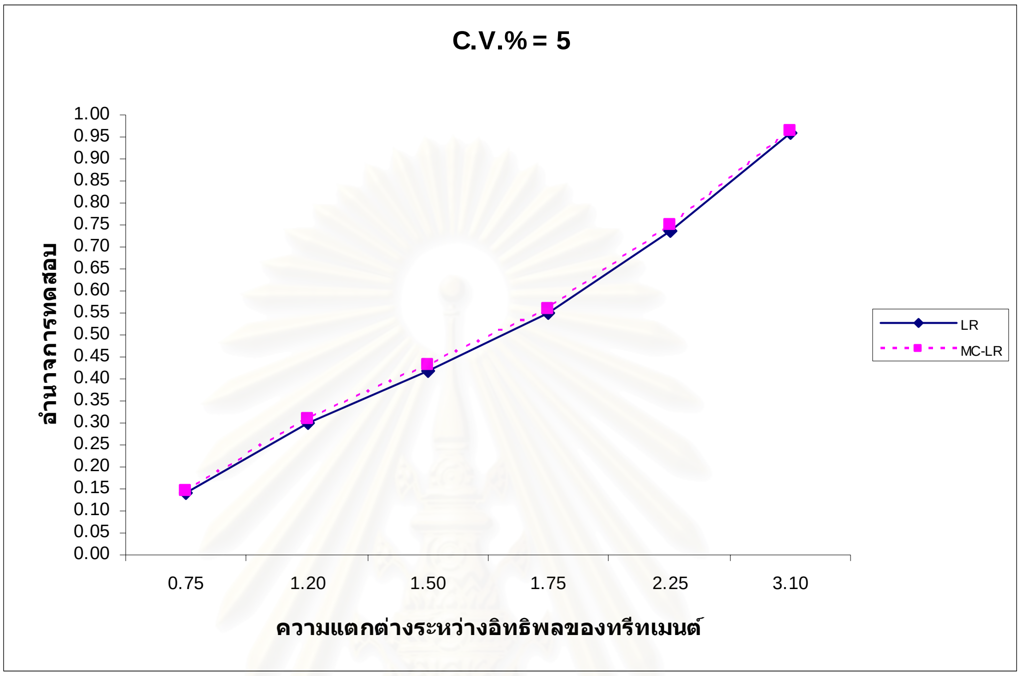


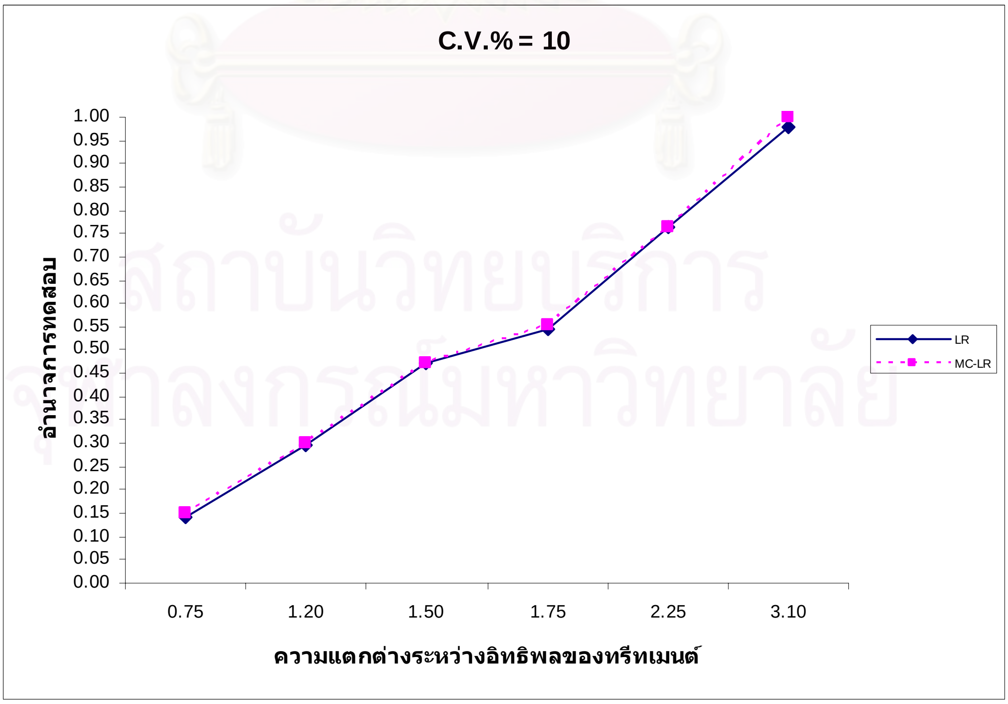


รูปที่ 4.5 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

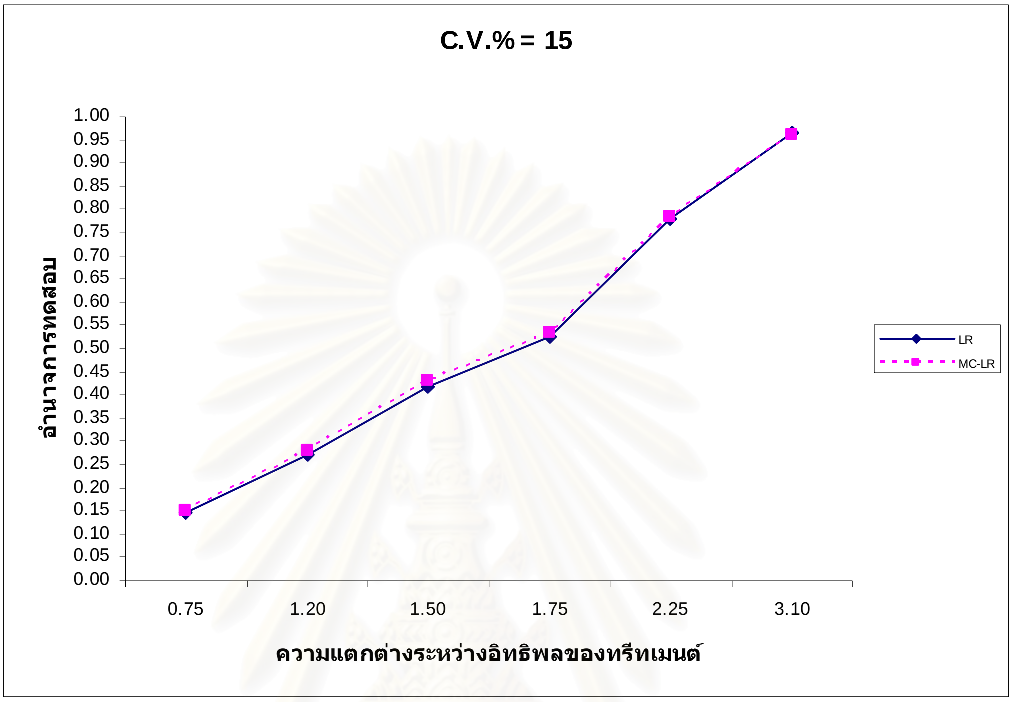


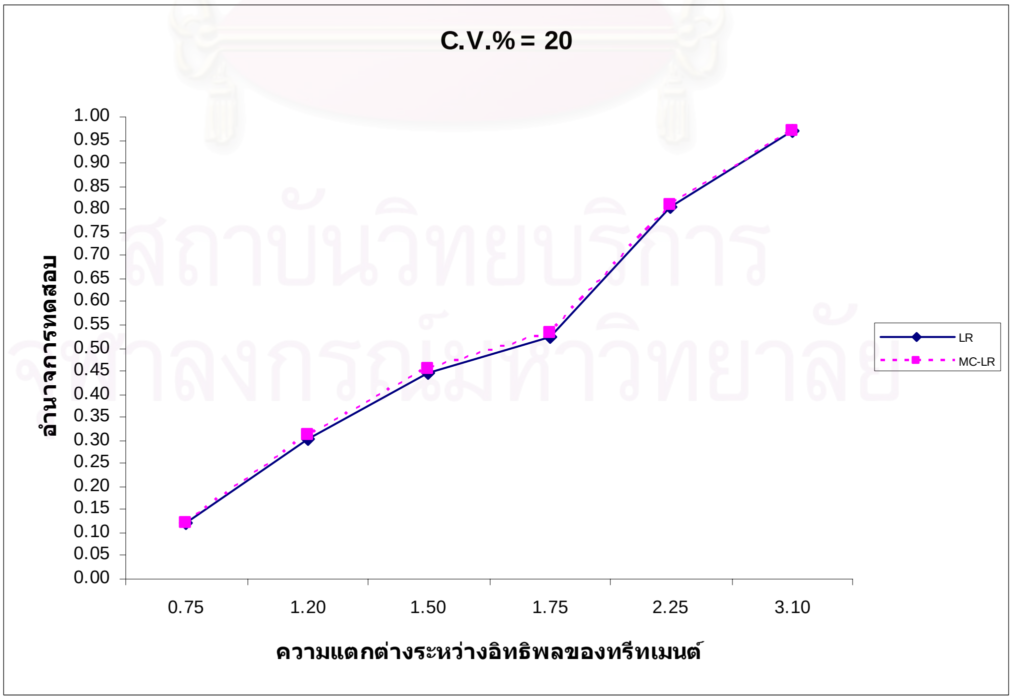
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



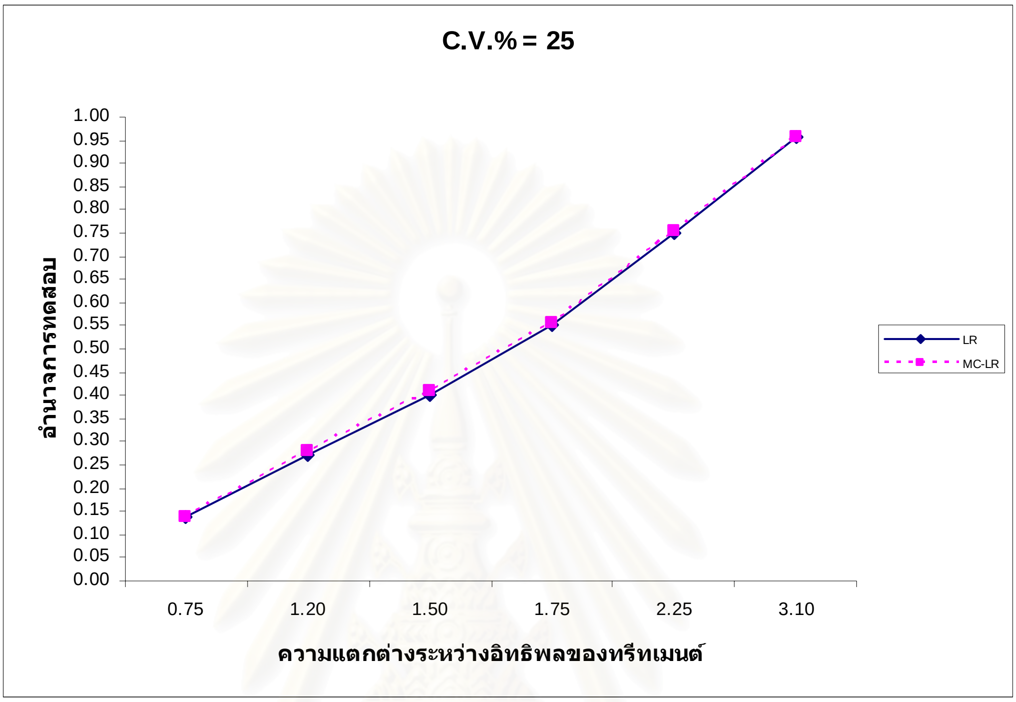


รูปที่ 4.6 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

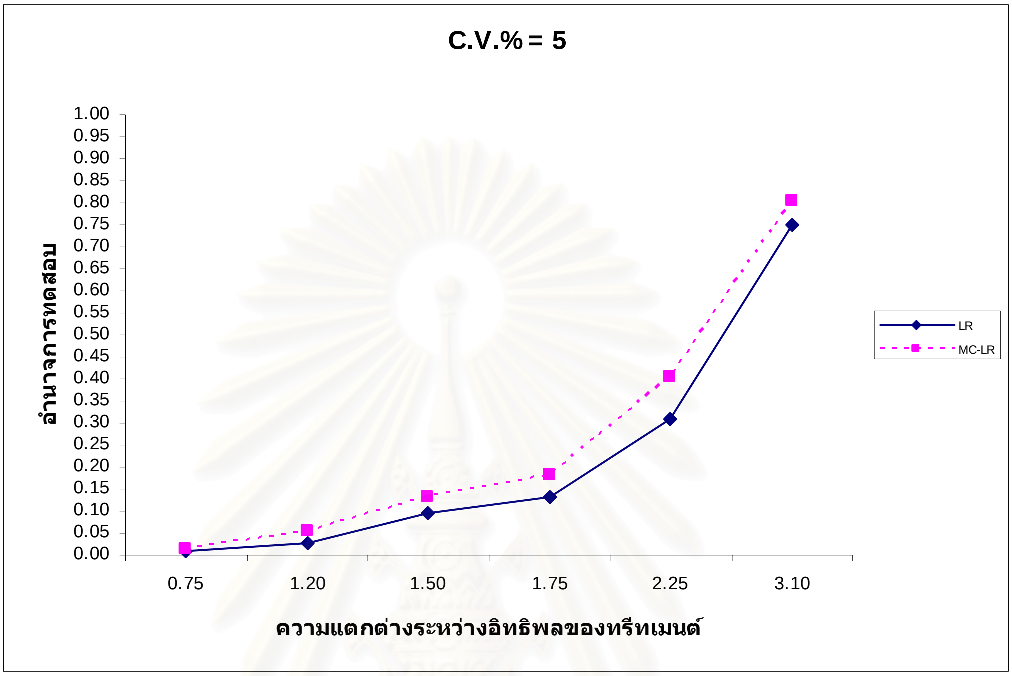


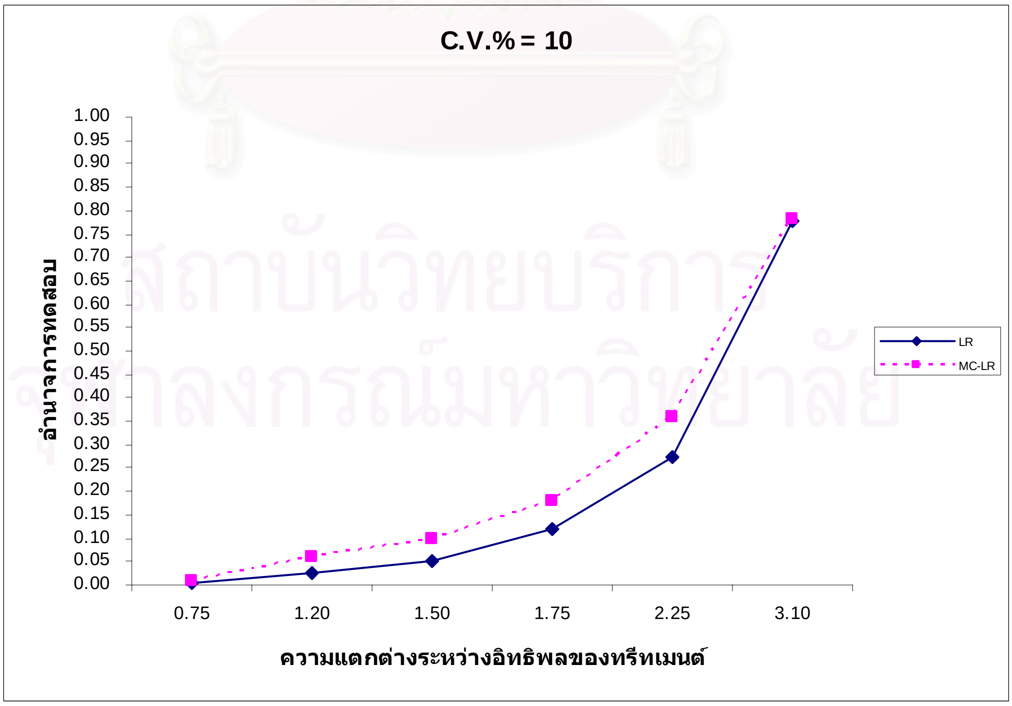


รูปที่ 4.6 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

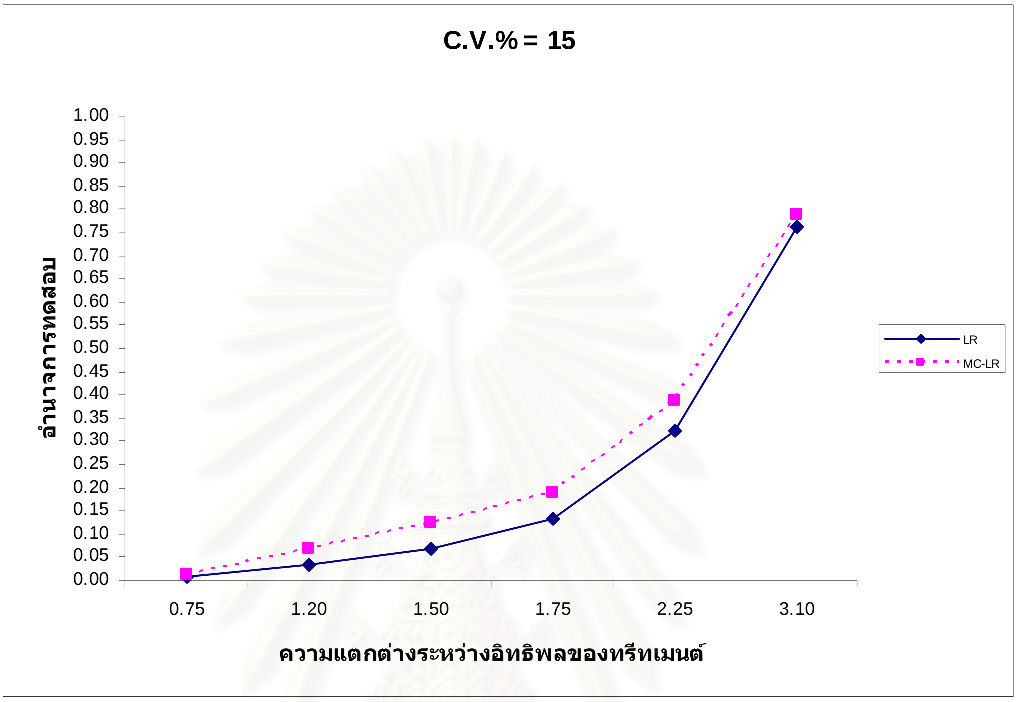


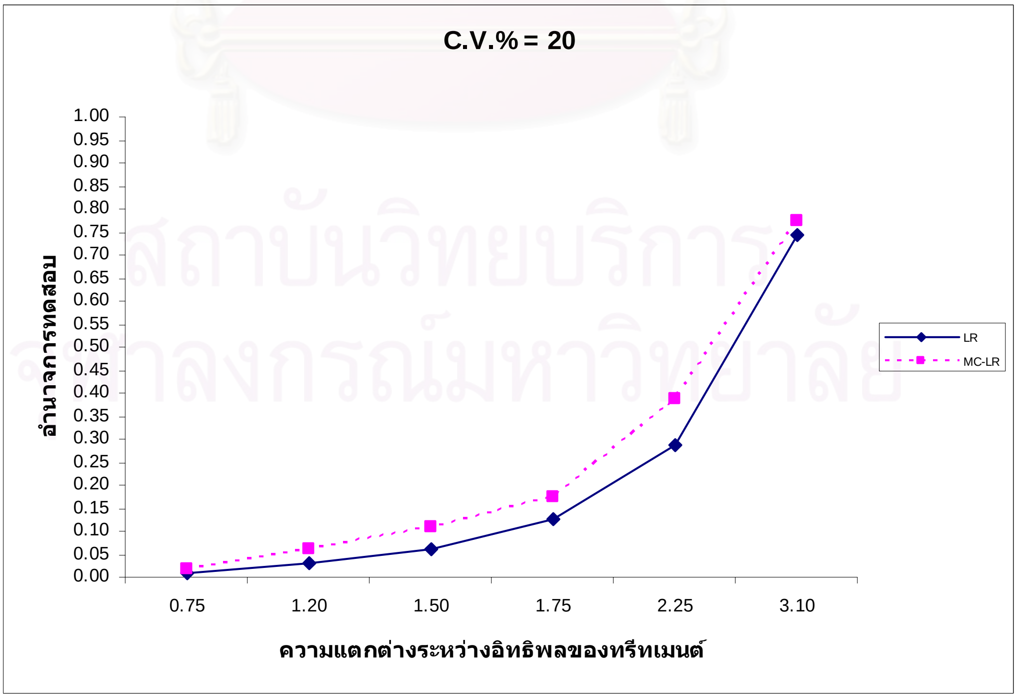
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001



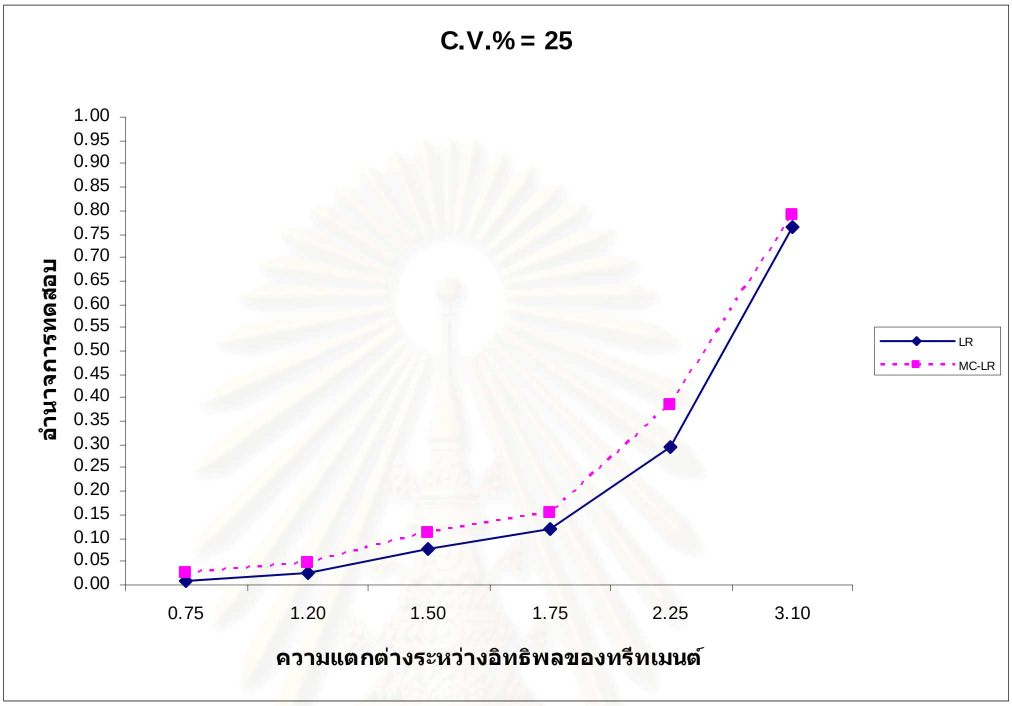


รูปที่ 4.7 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

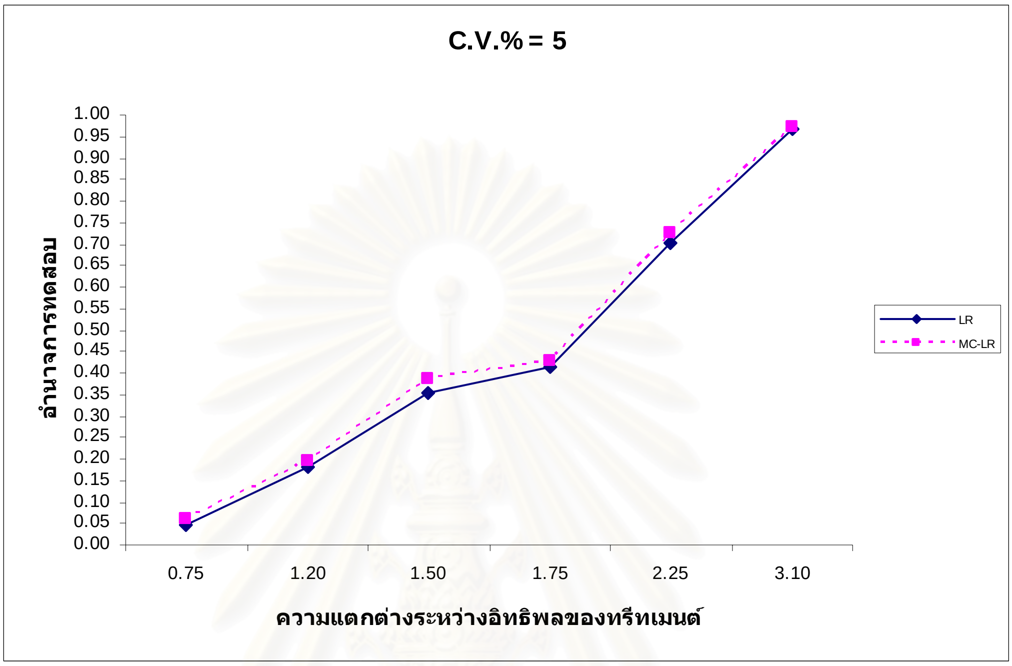


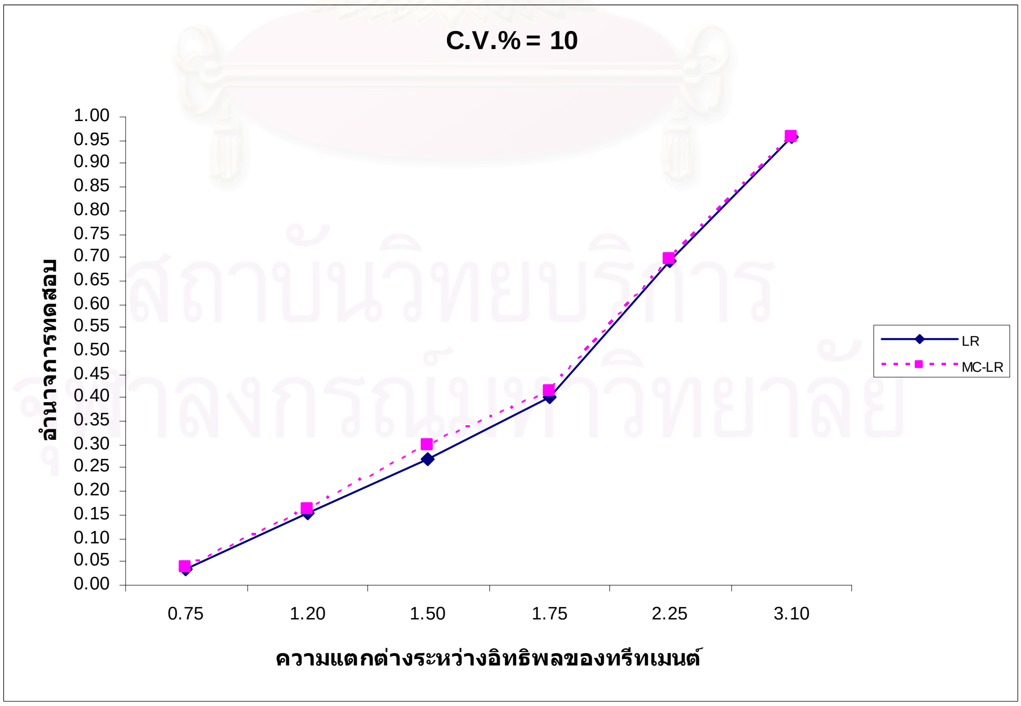


รูปที่ 4.7 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

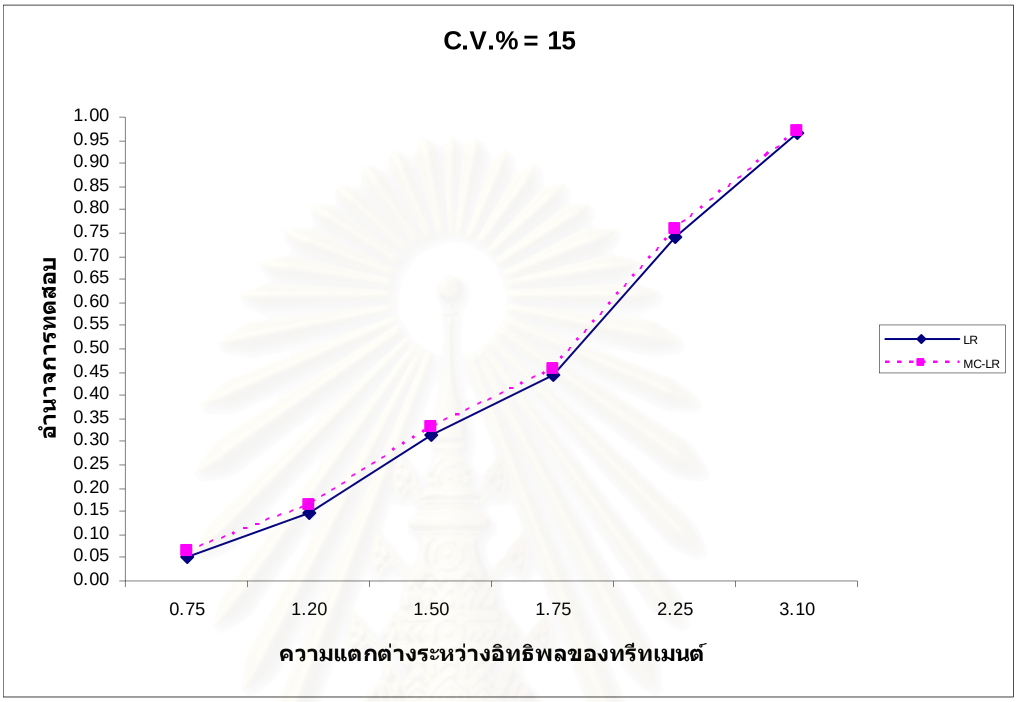


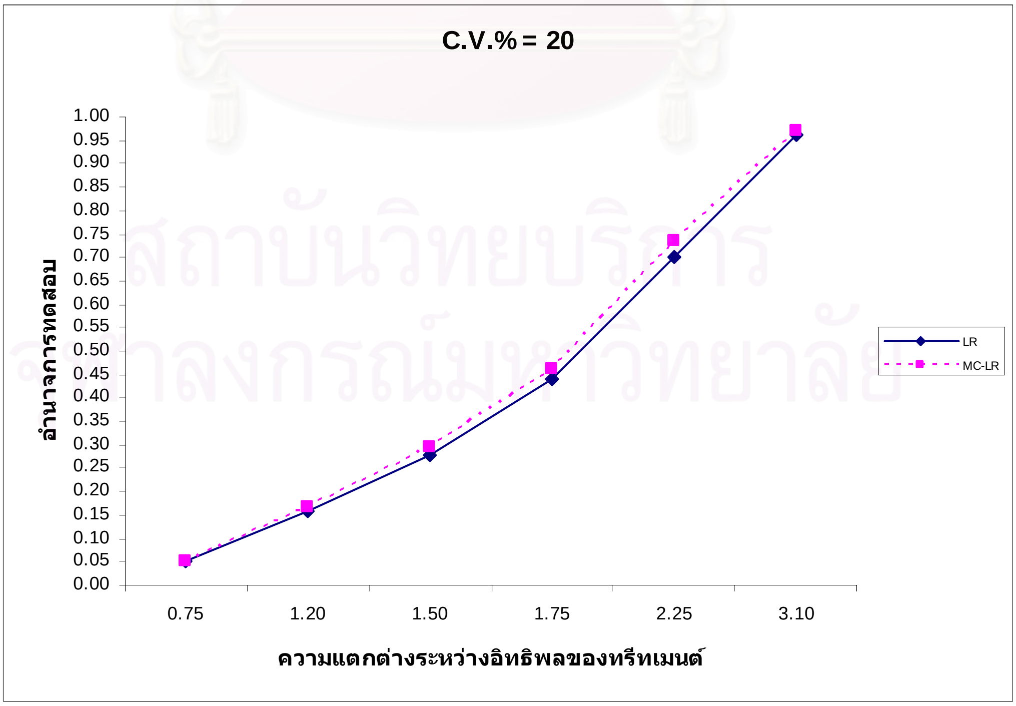
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



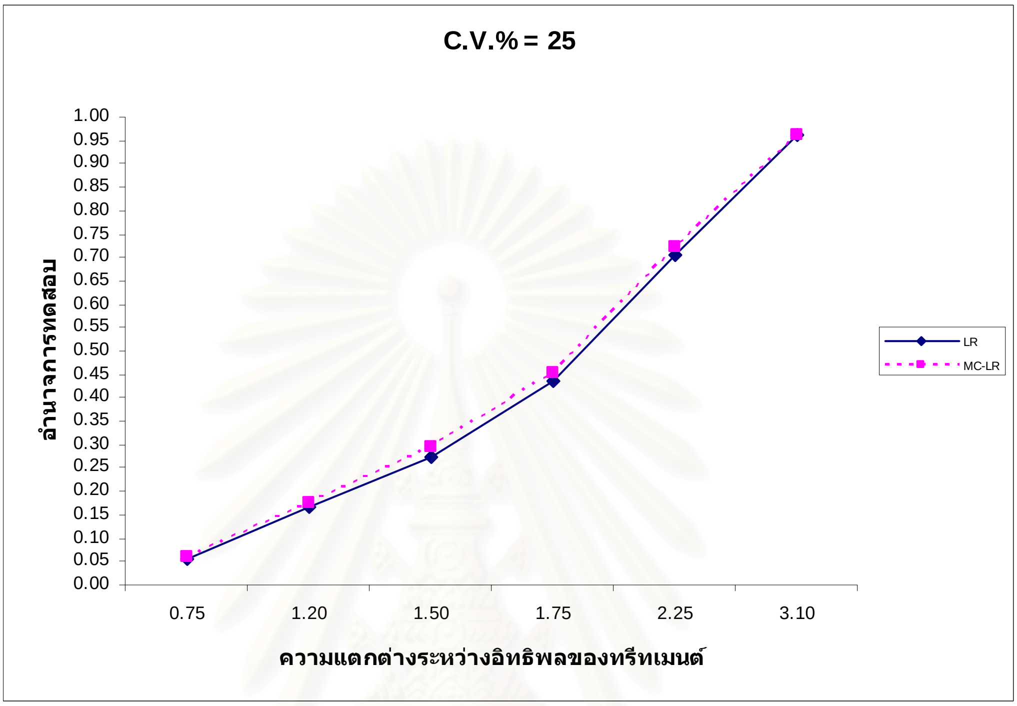


รูปที่ 4.8 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

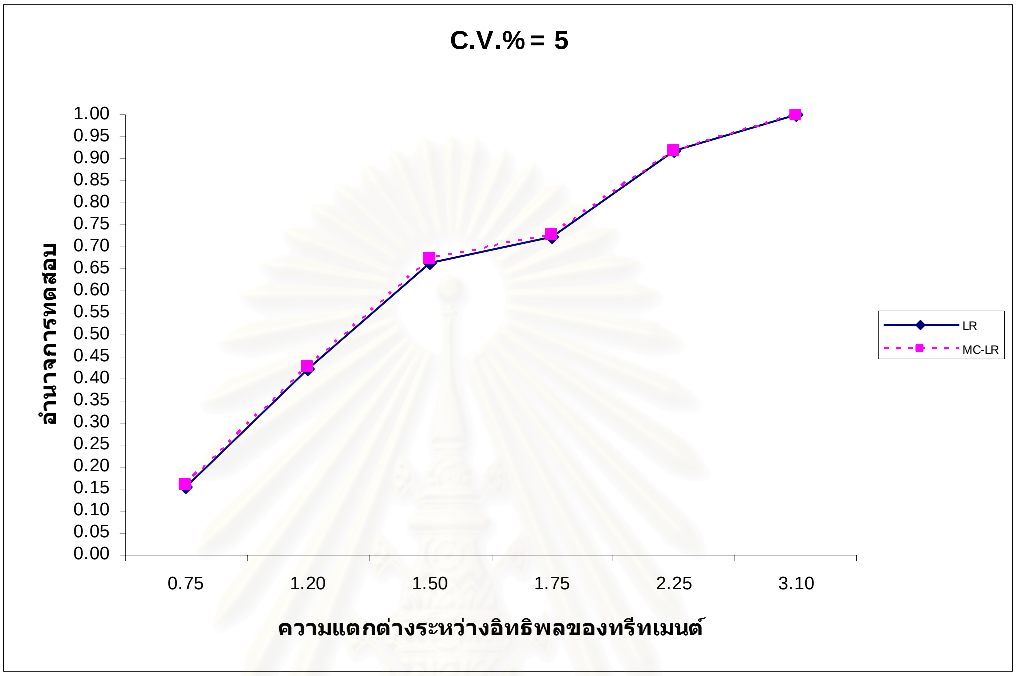


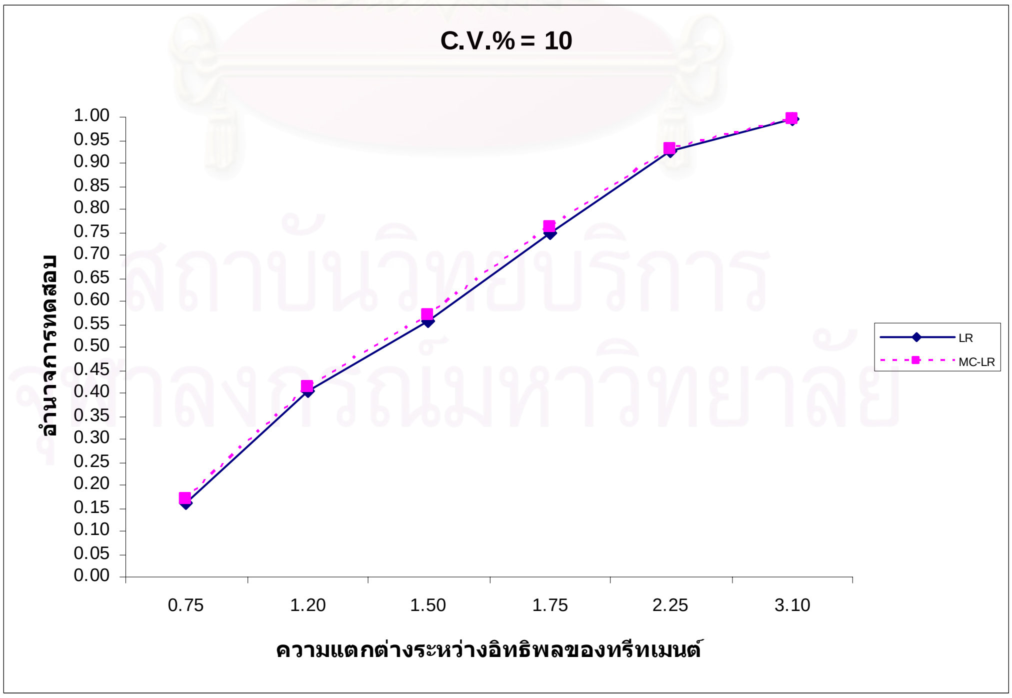


รูปที่ 4.8 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

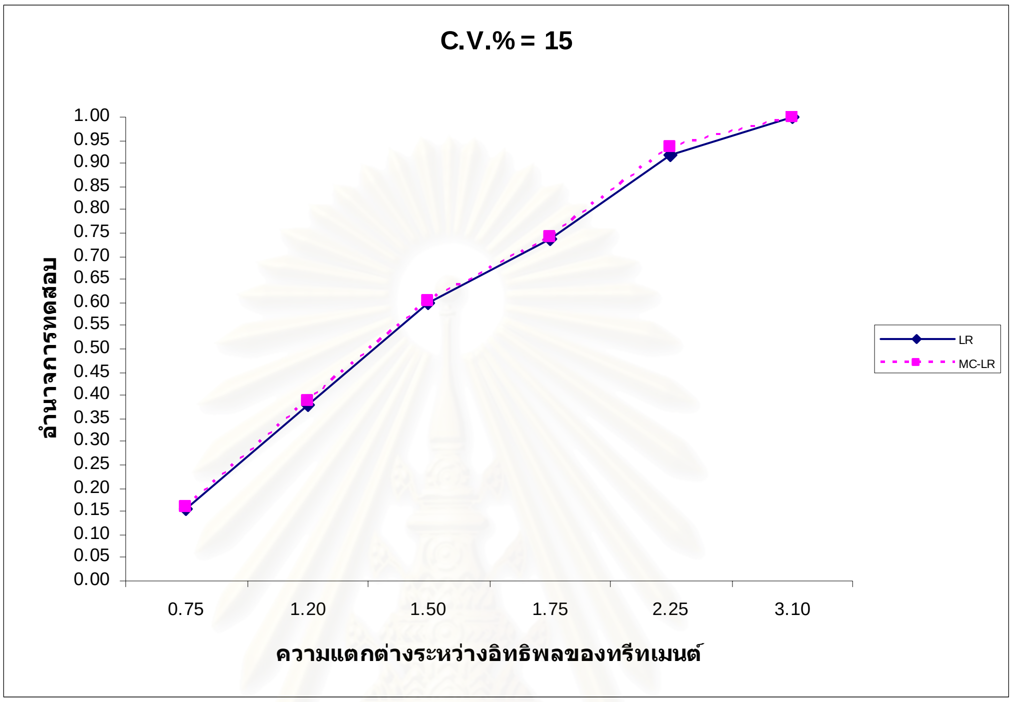


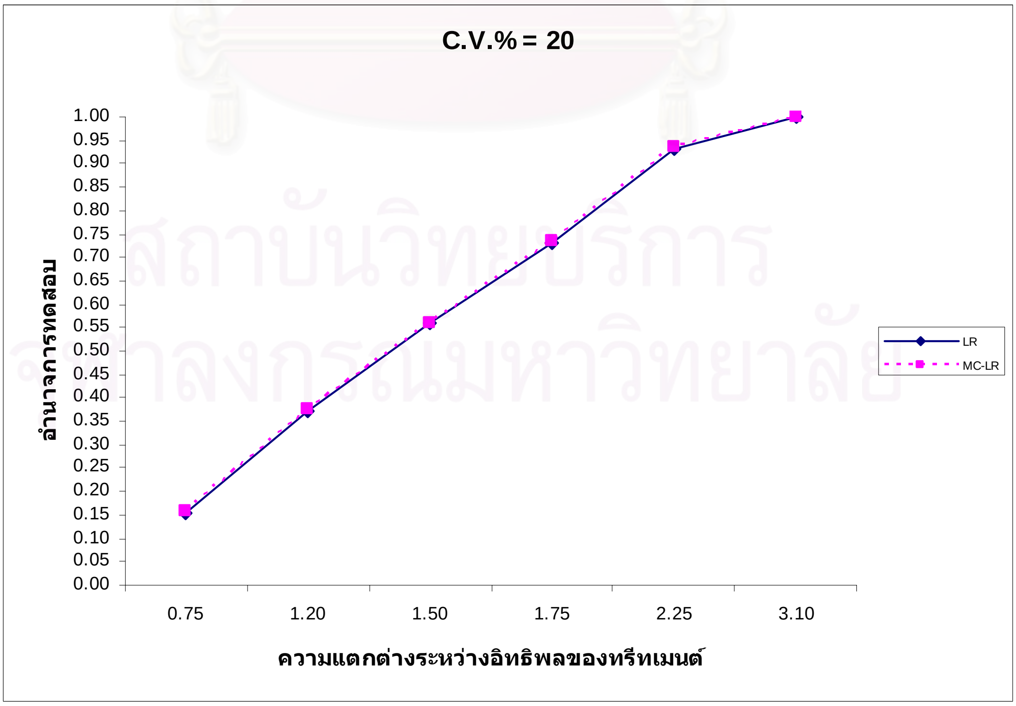
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



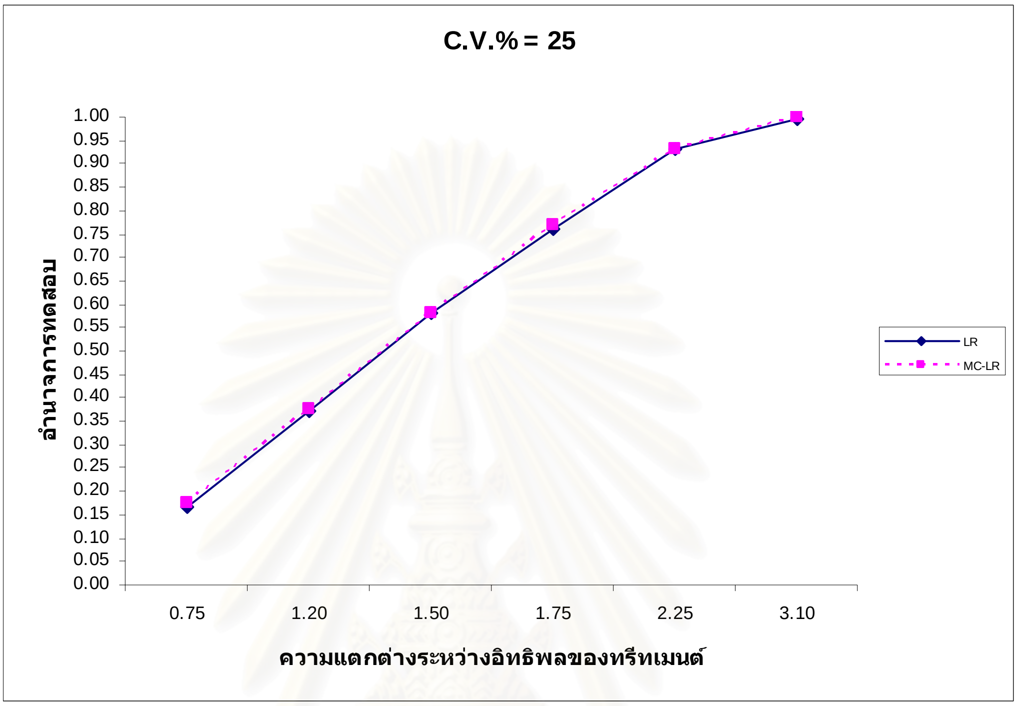


รูปที่ 4.9 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

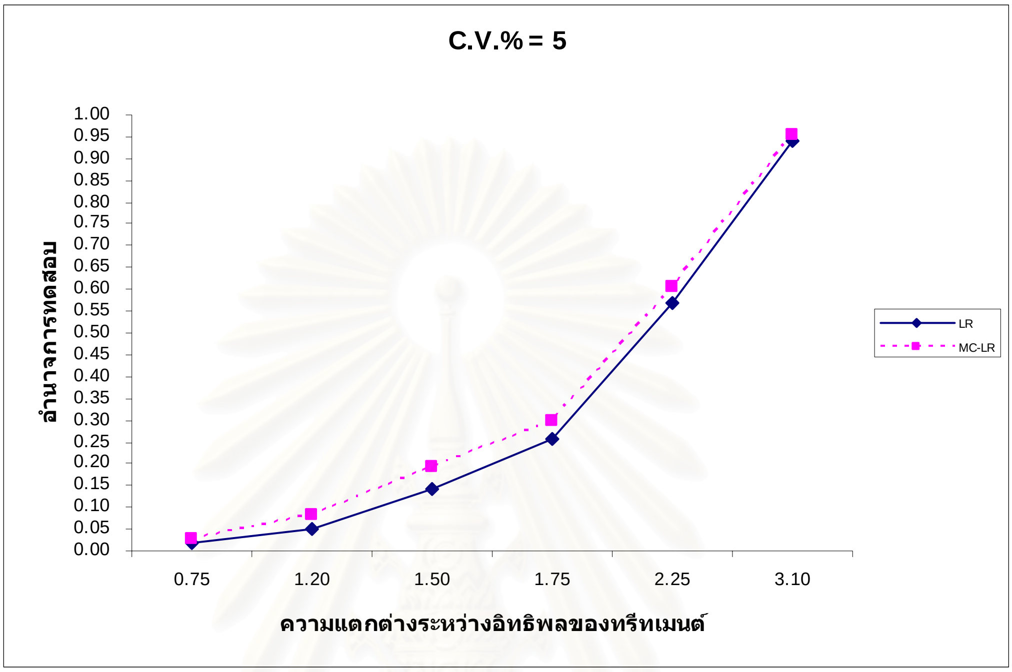


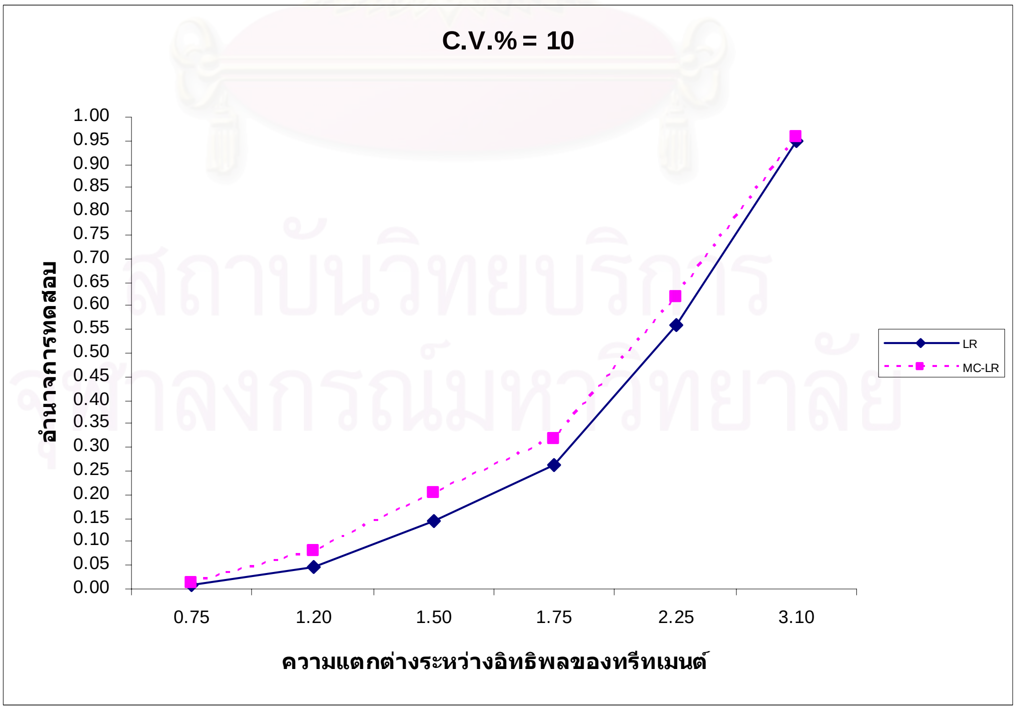


รูปที่ 4.9 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

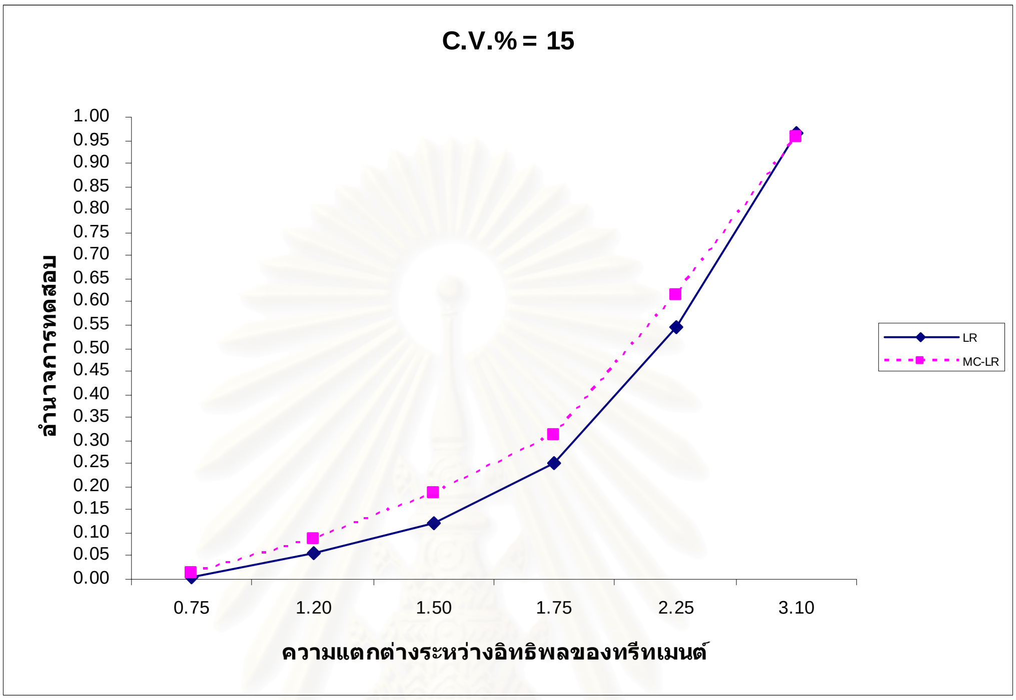


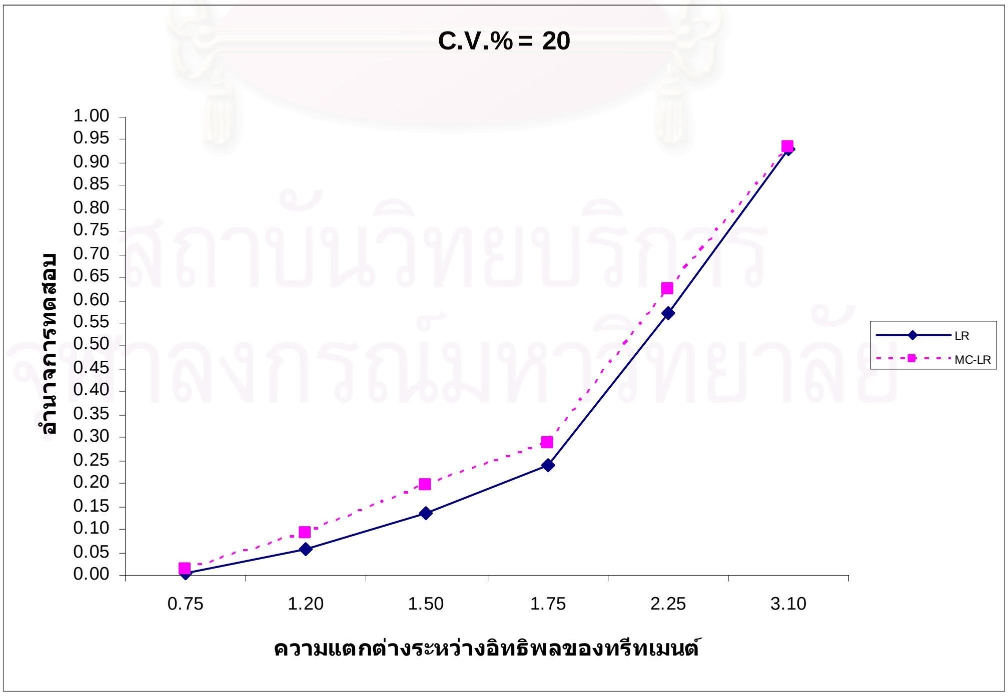
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001



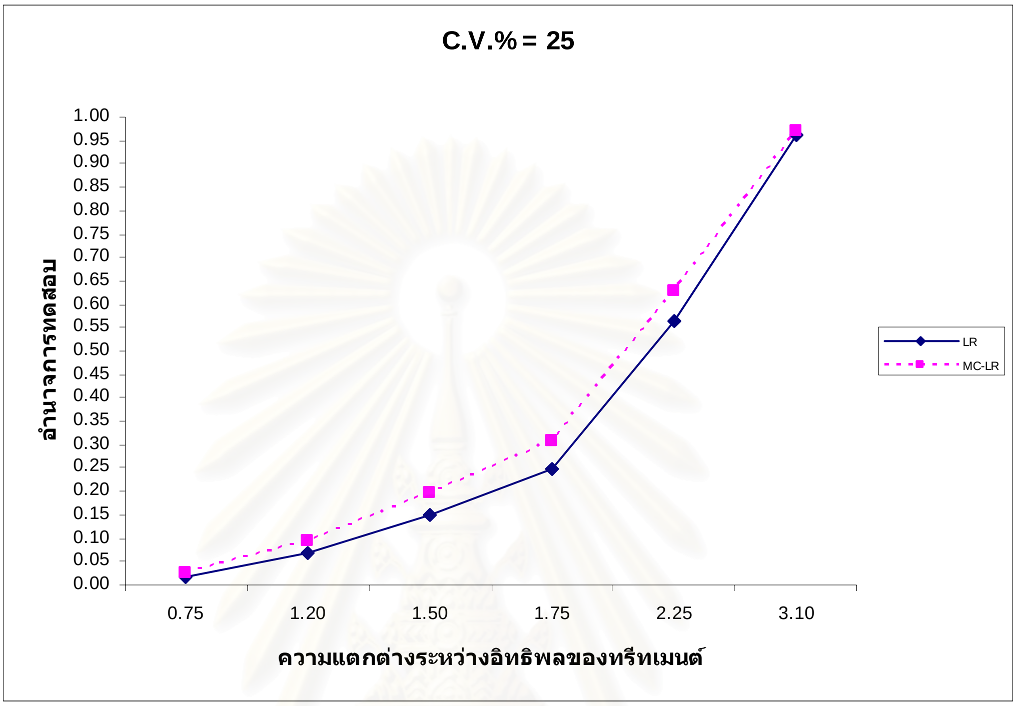


รูปที่ 4.10 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

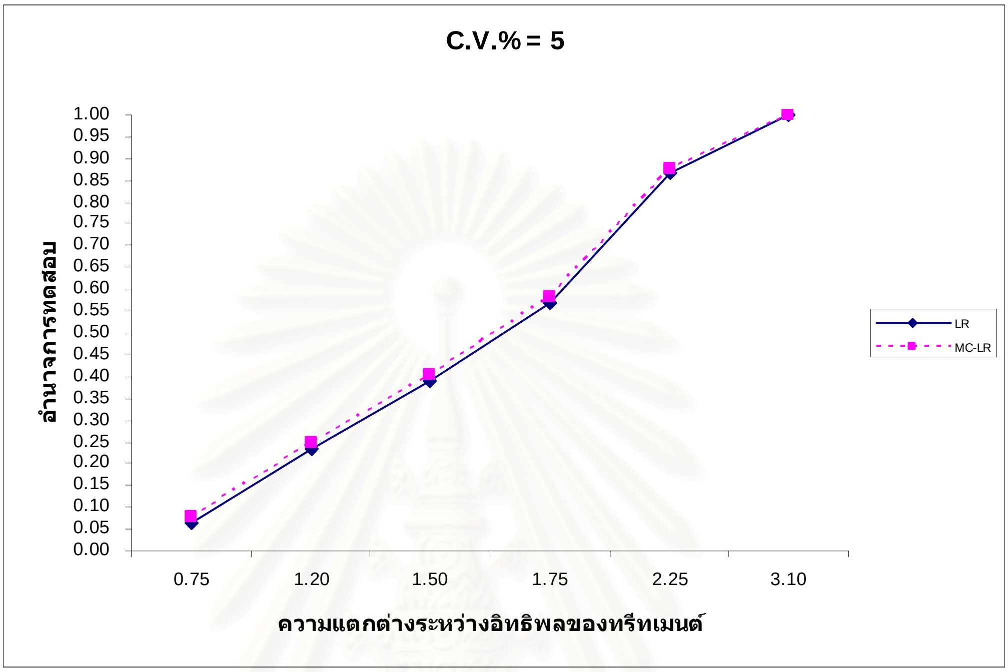


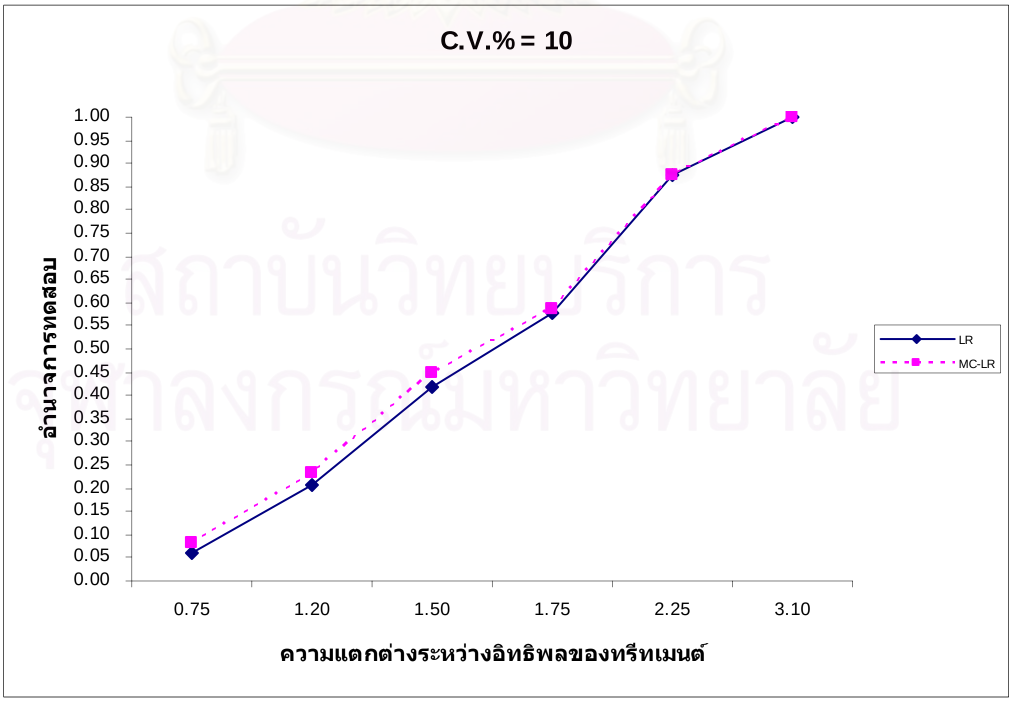


รูปที่ 4.10 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

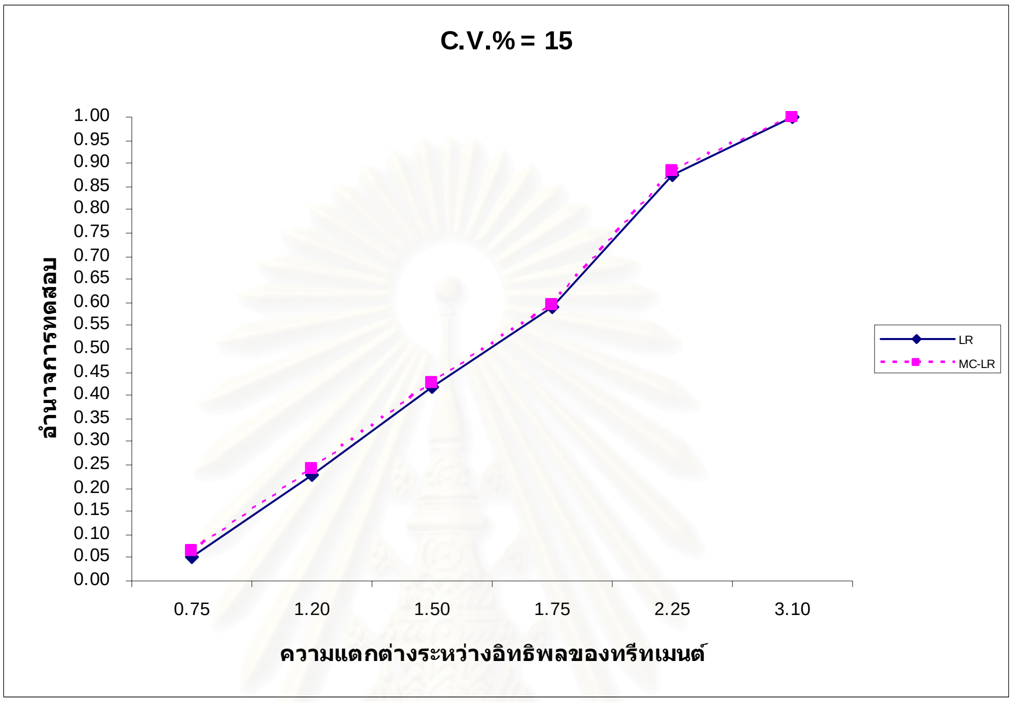


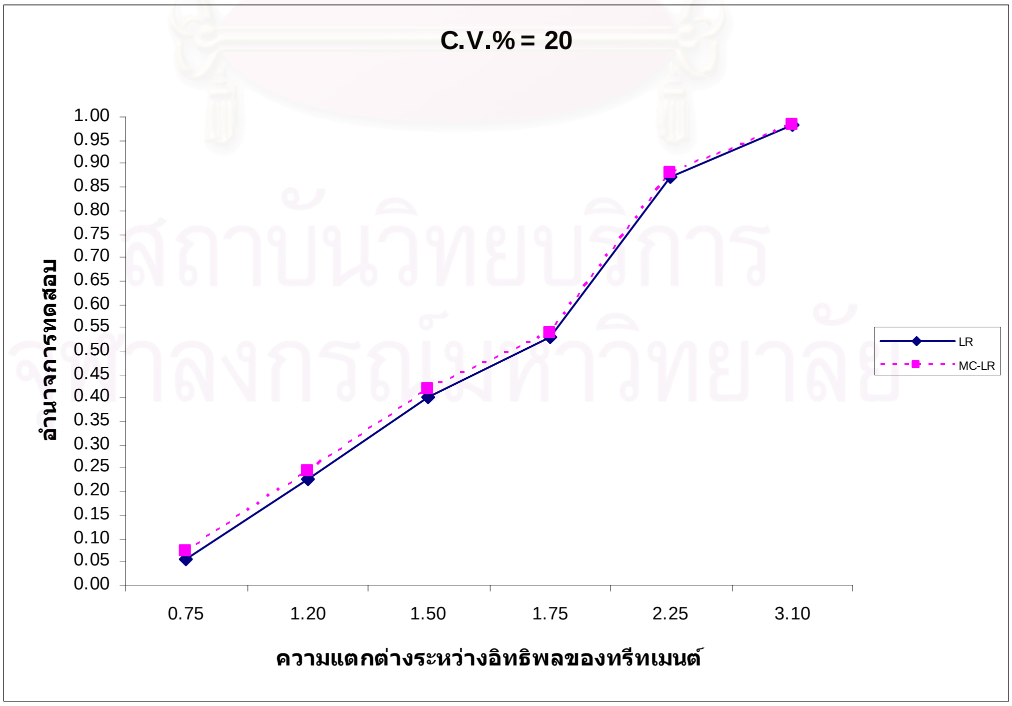
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



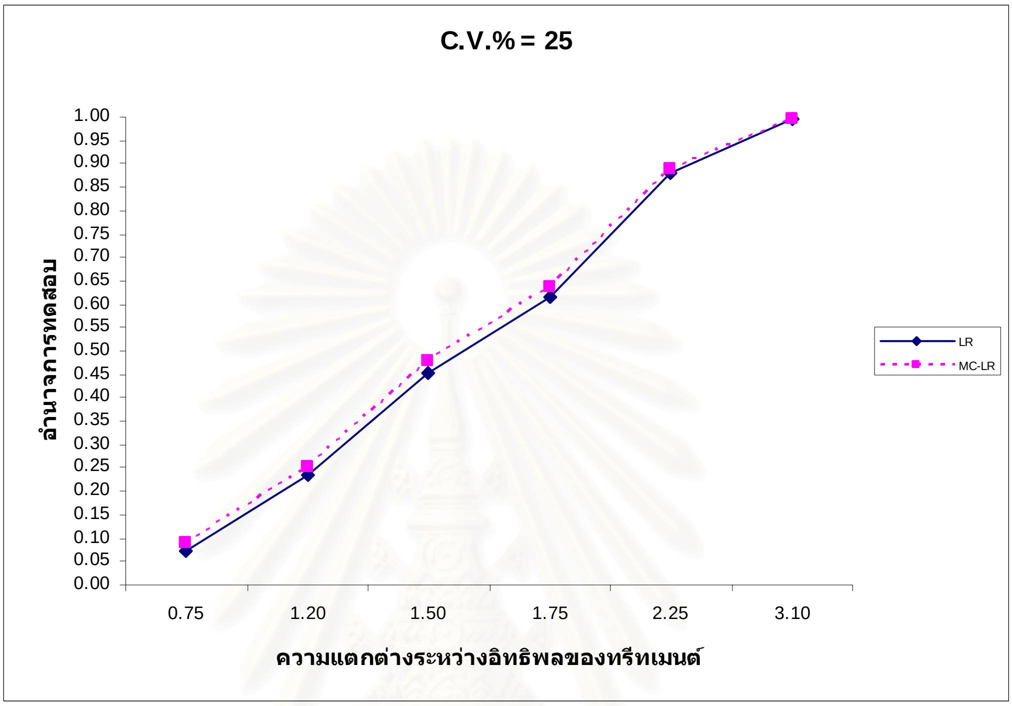


รูปที่ 4.11 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

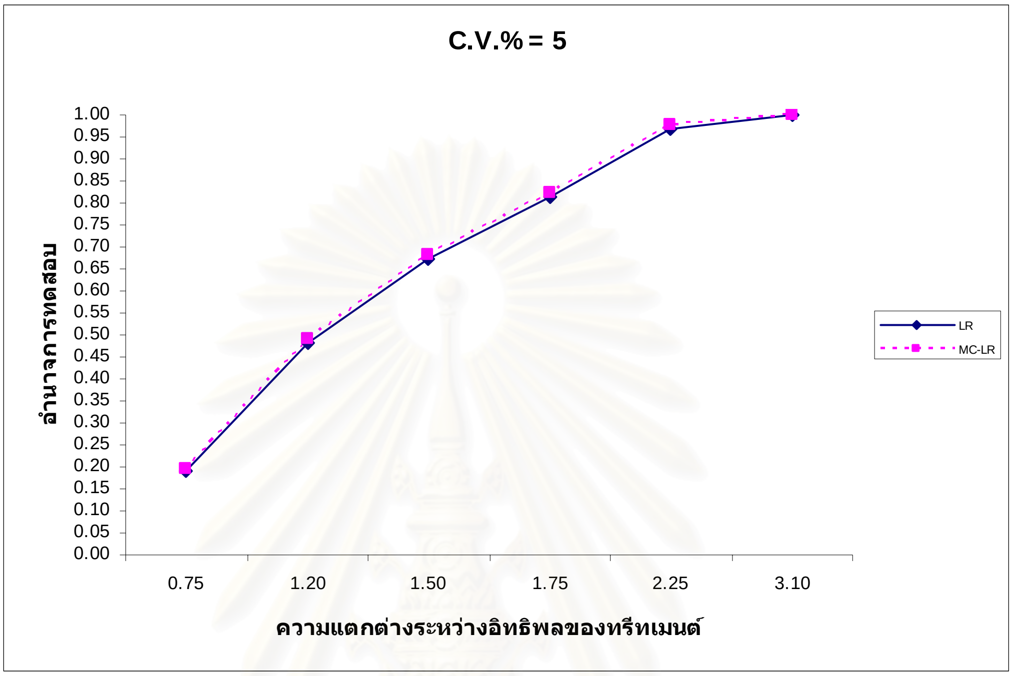


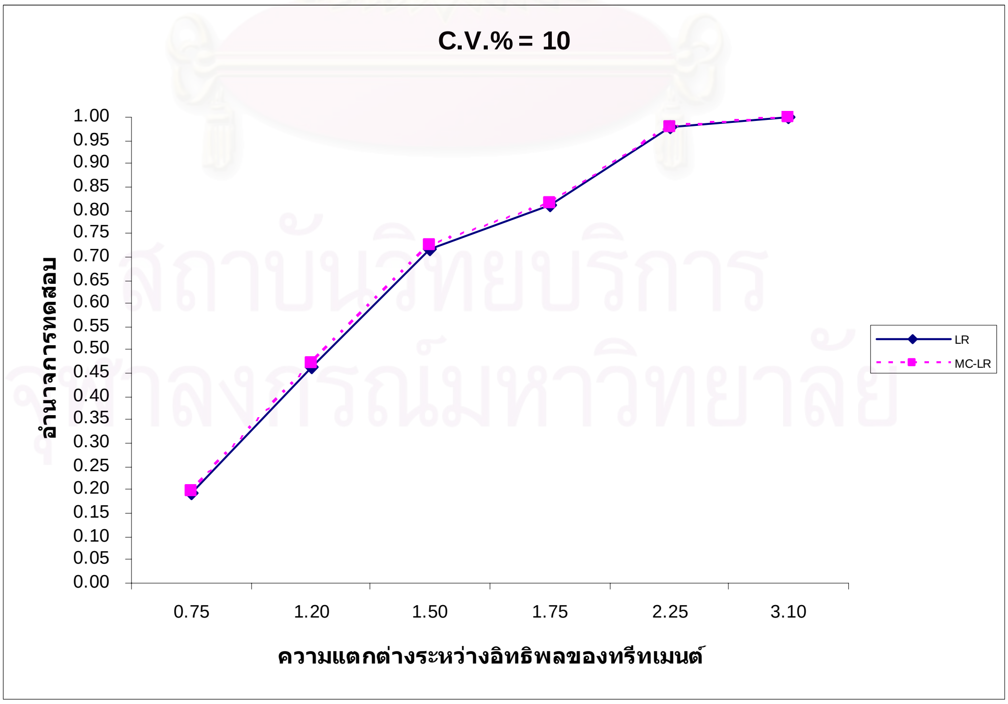


รูปที่ 4.11 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

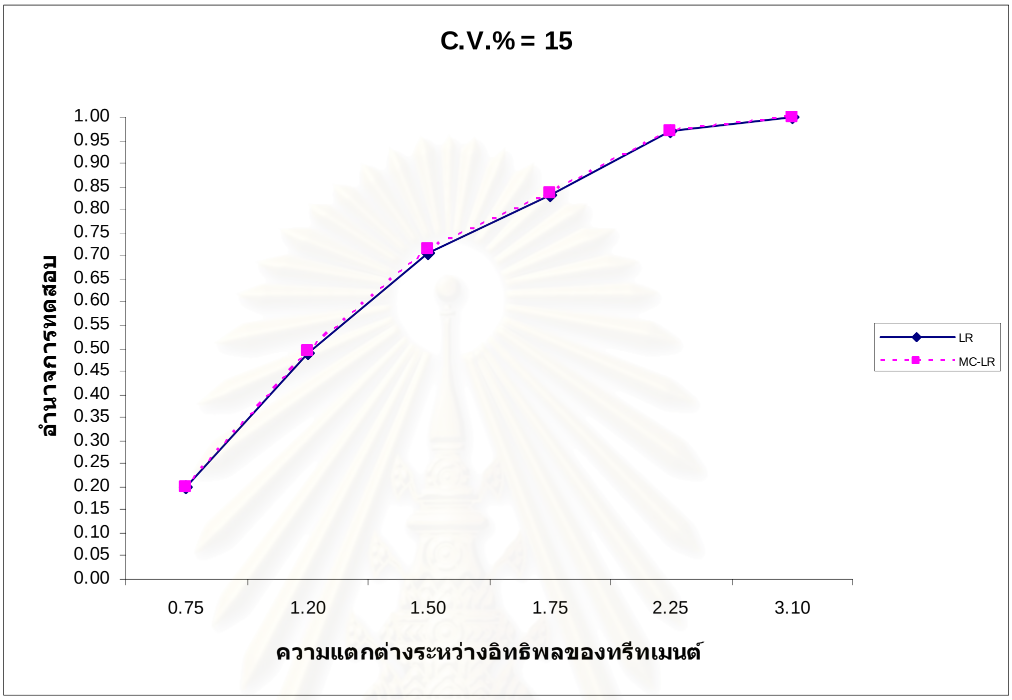


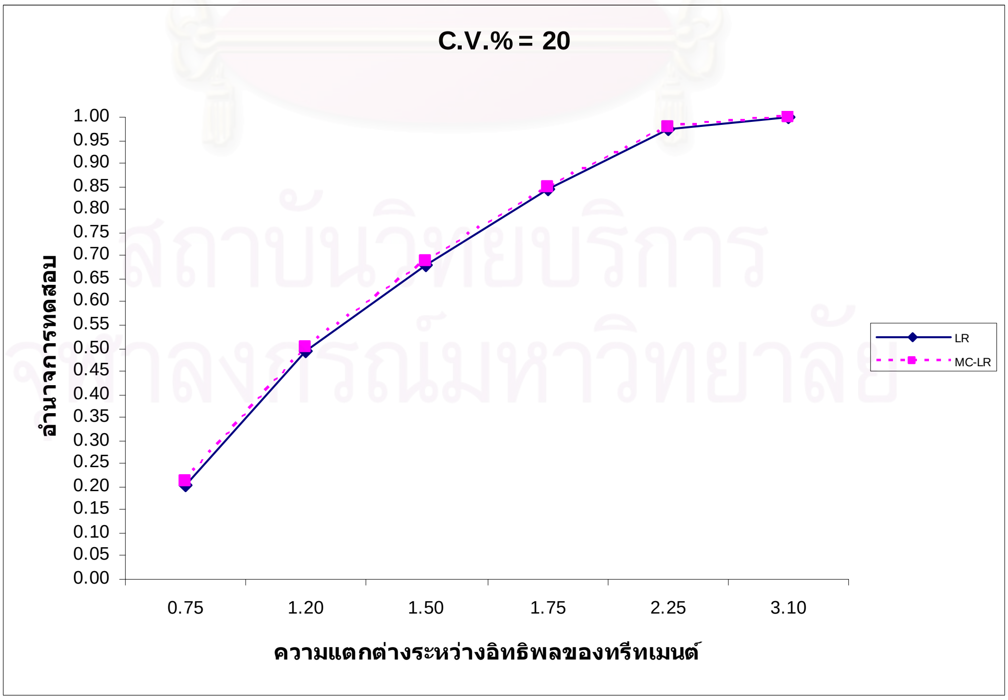
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



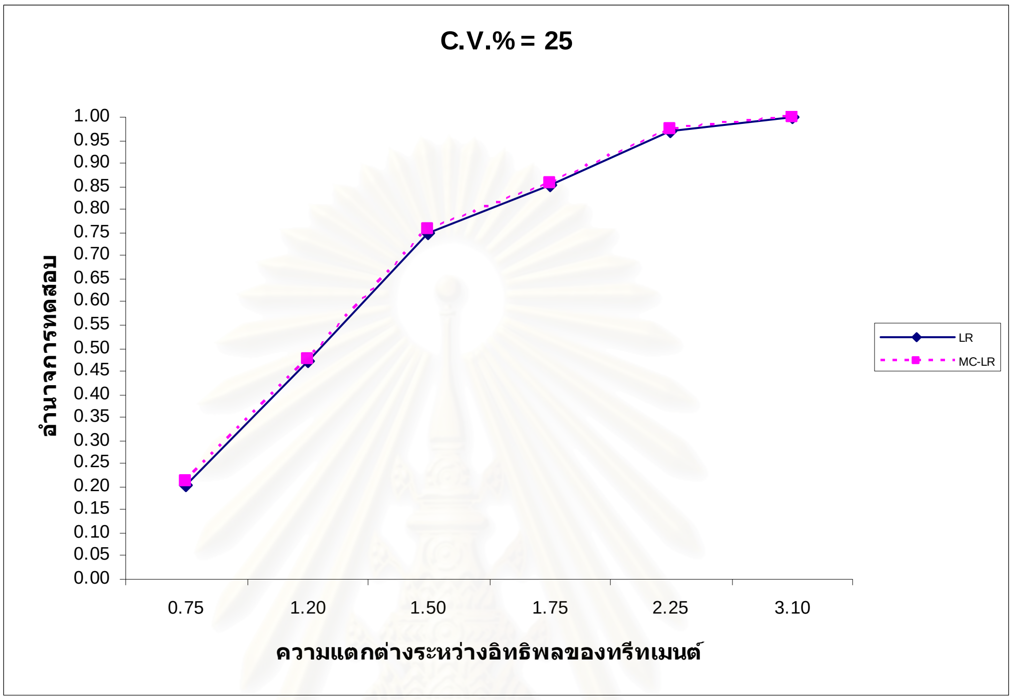


รูปที่ 4.12 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

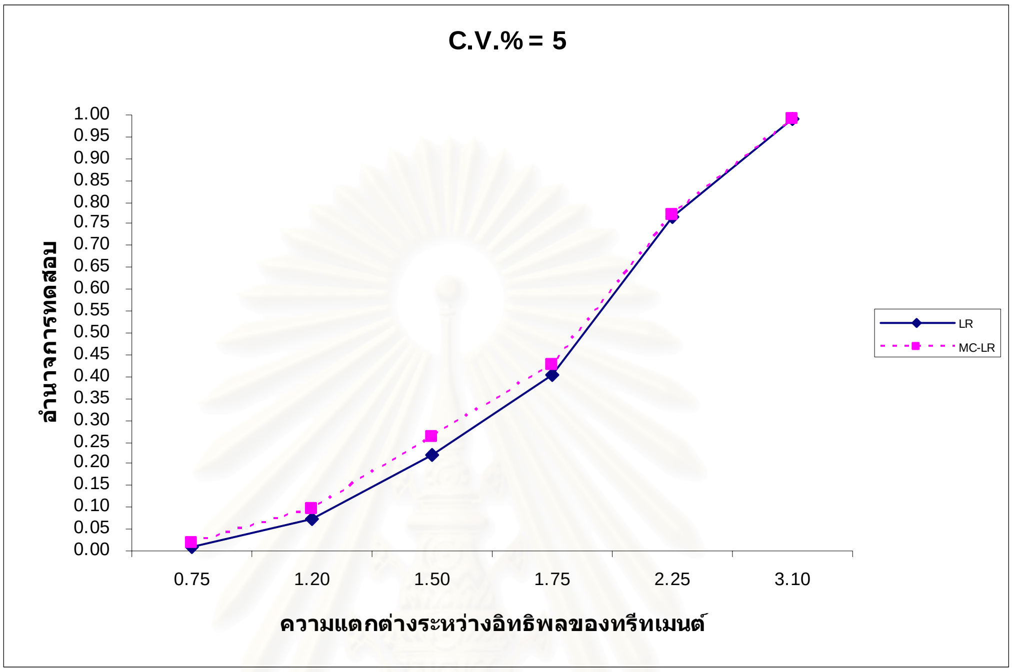


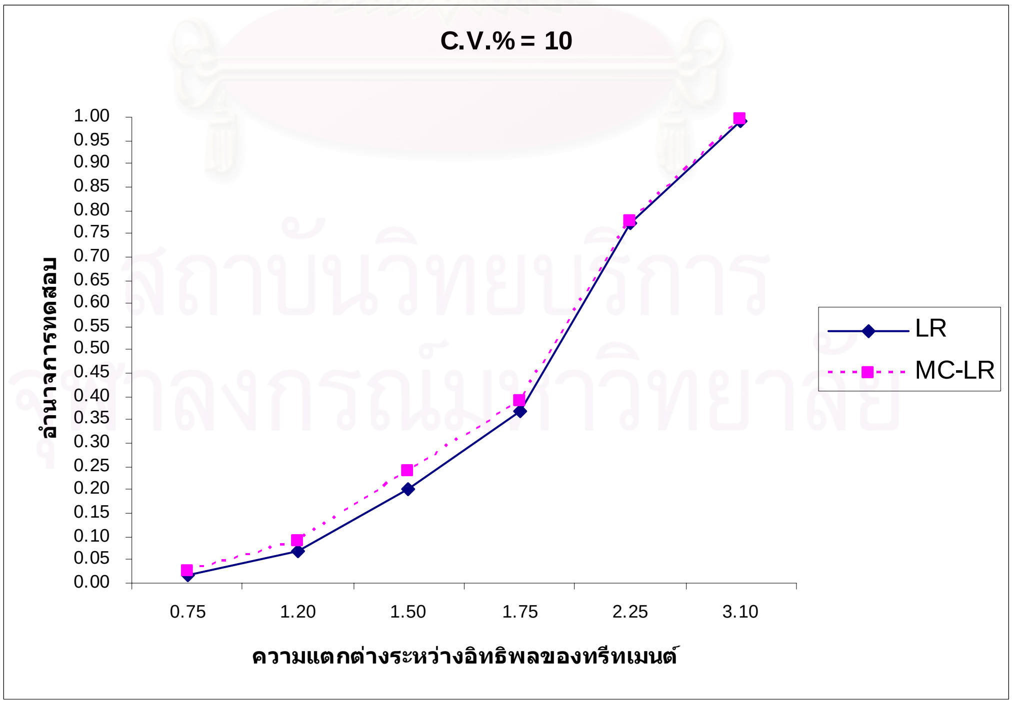


รูปที่ 4.12 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

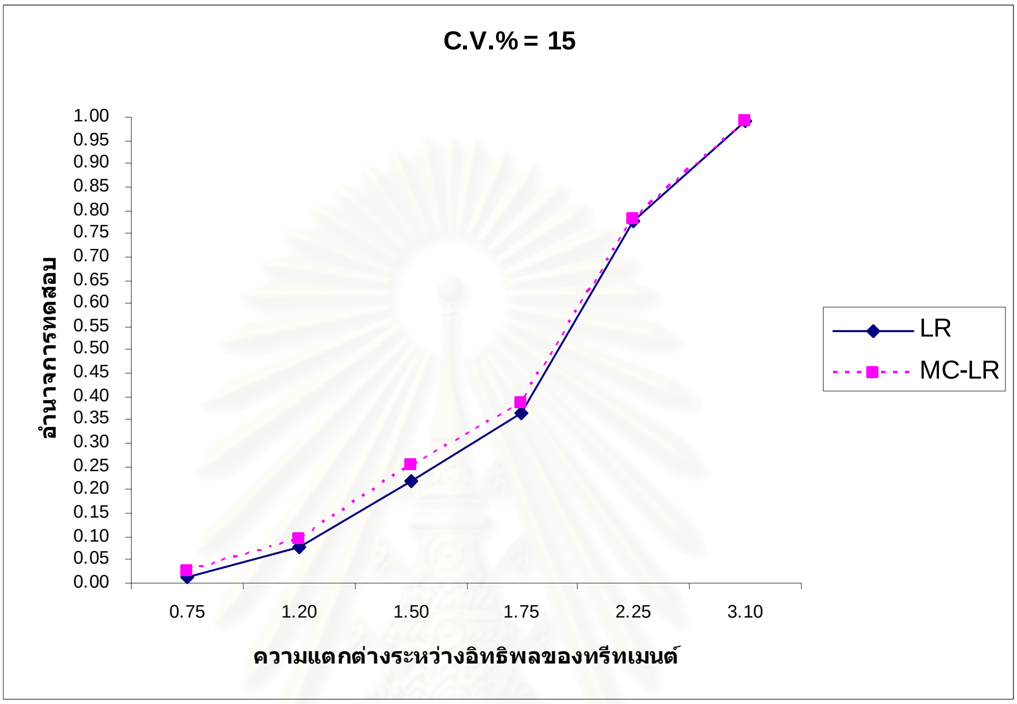


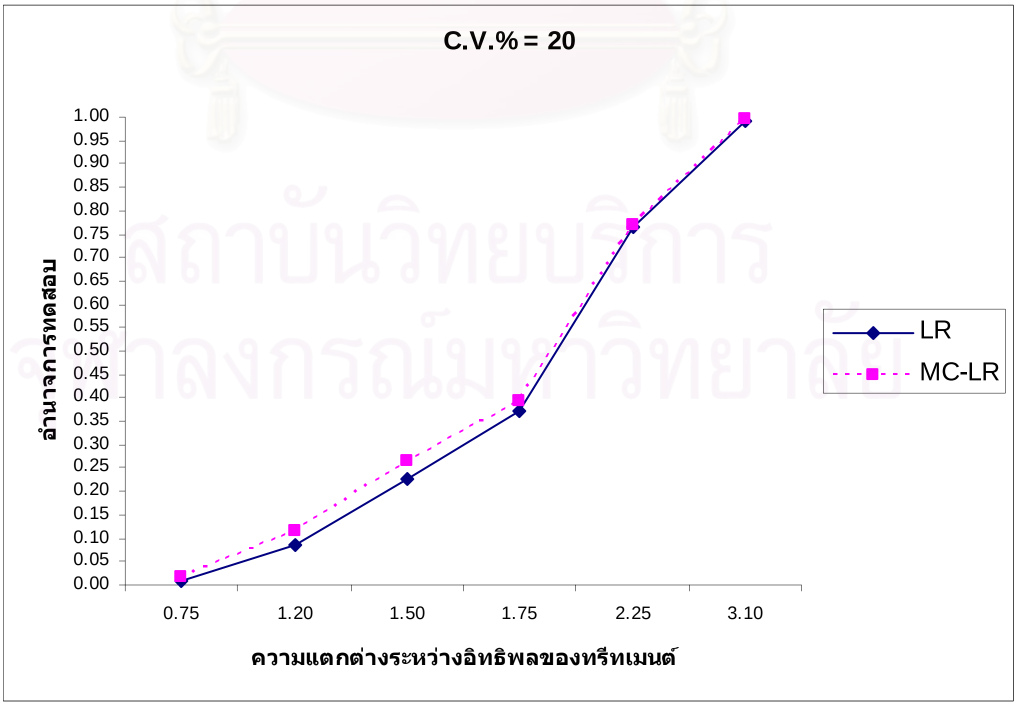
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001



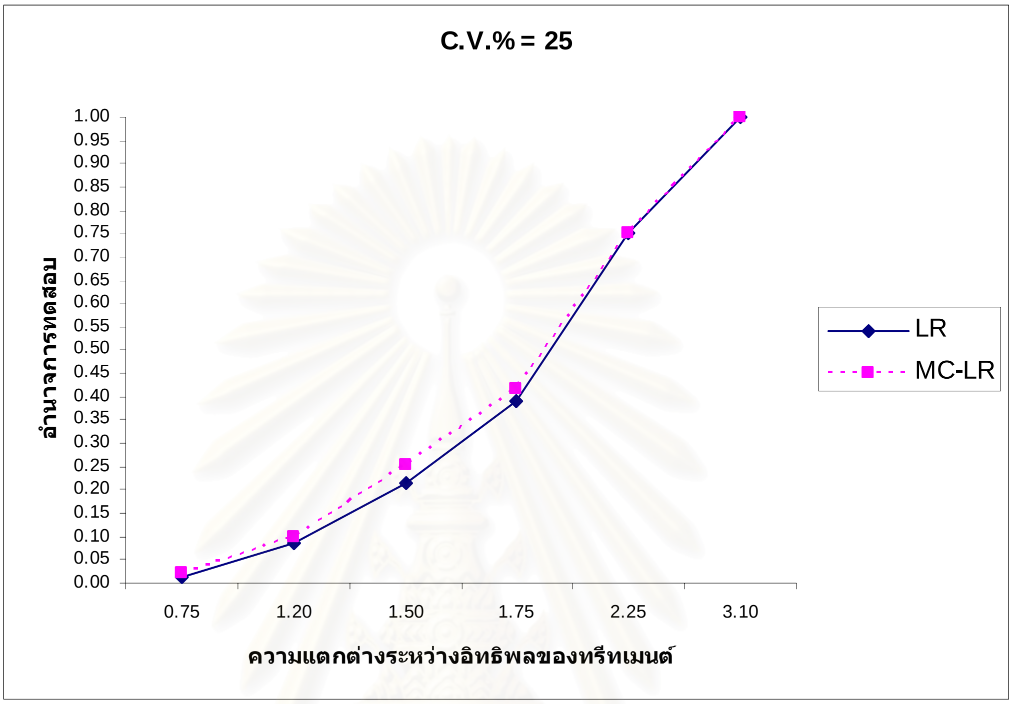


รูปที่ 4.13 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

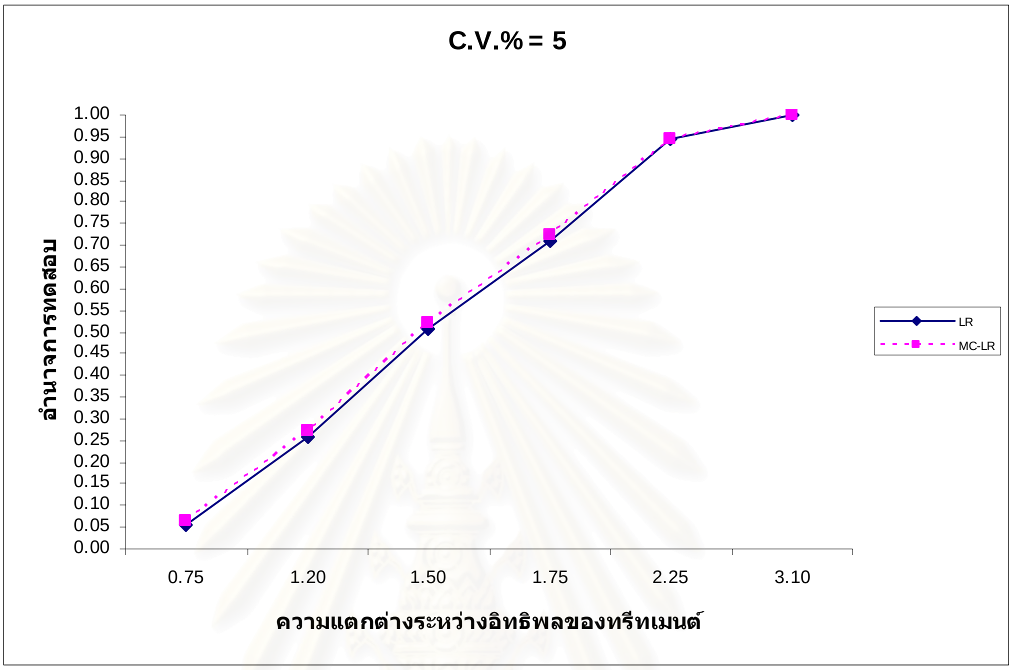


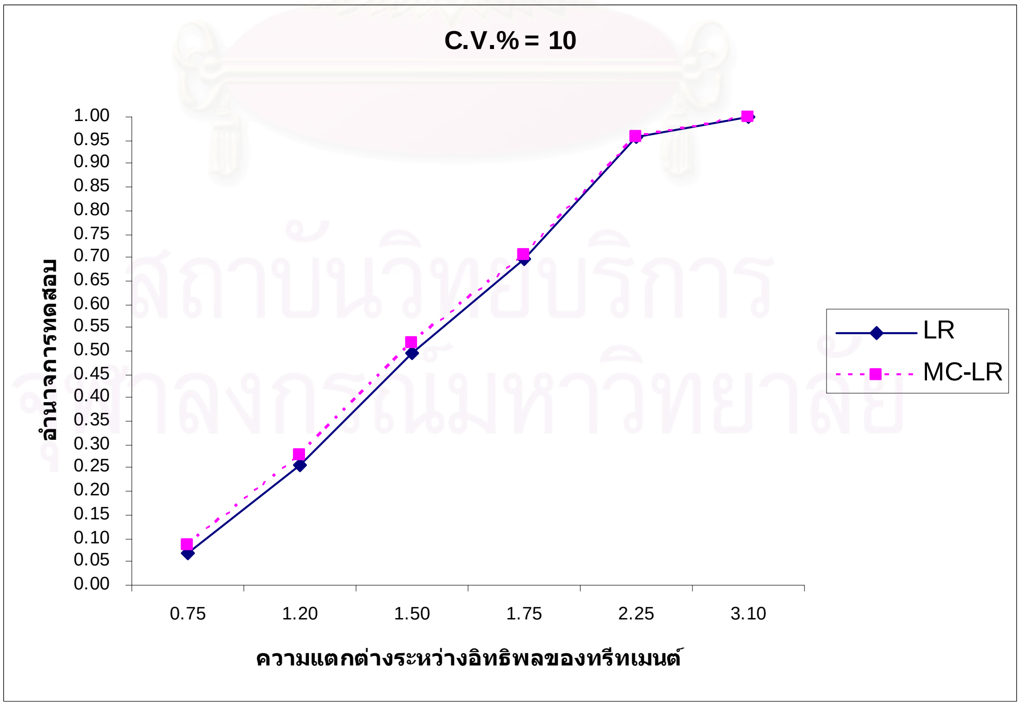


รูปที่ 4.13 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

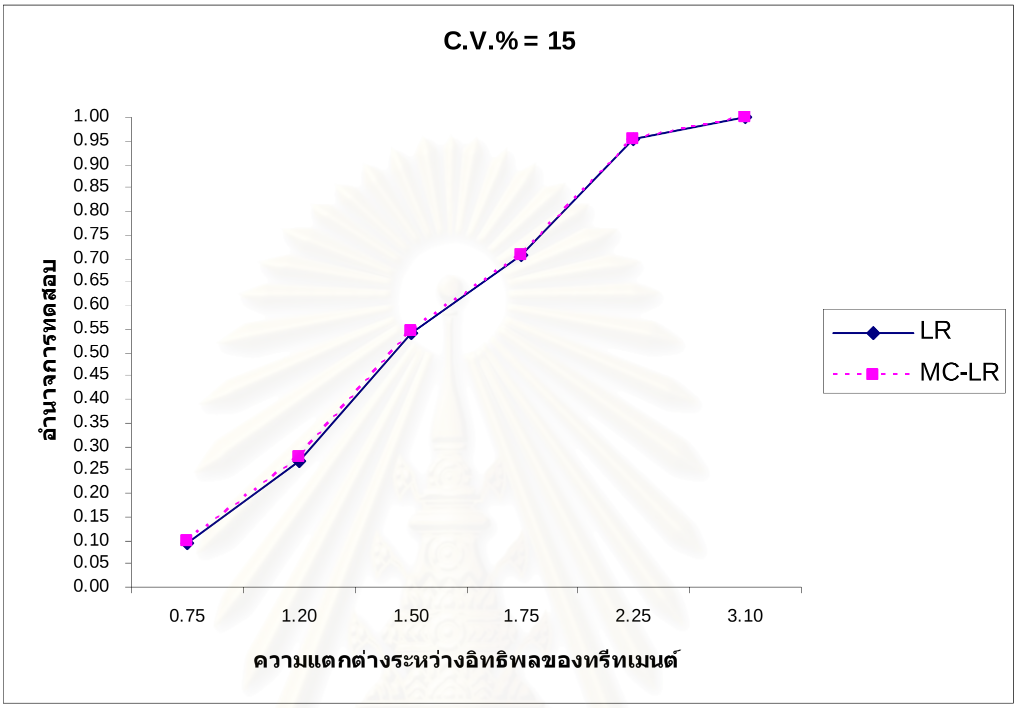


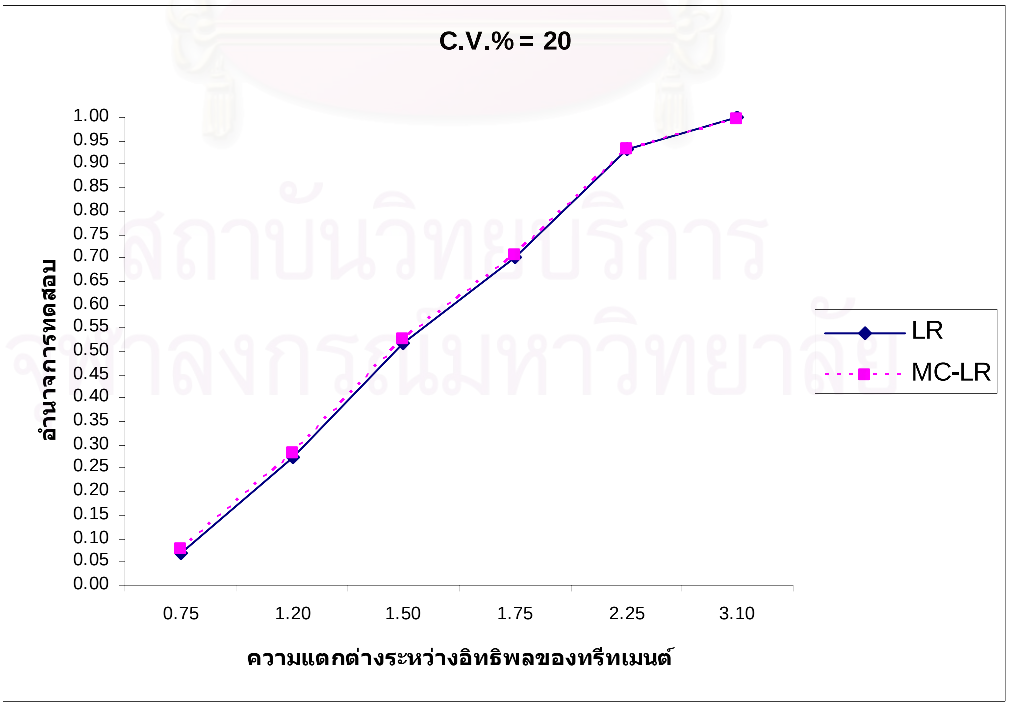
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



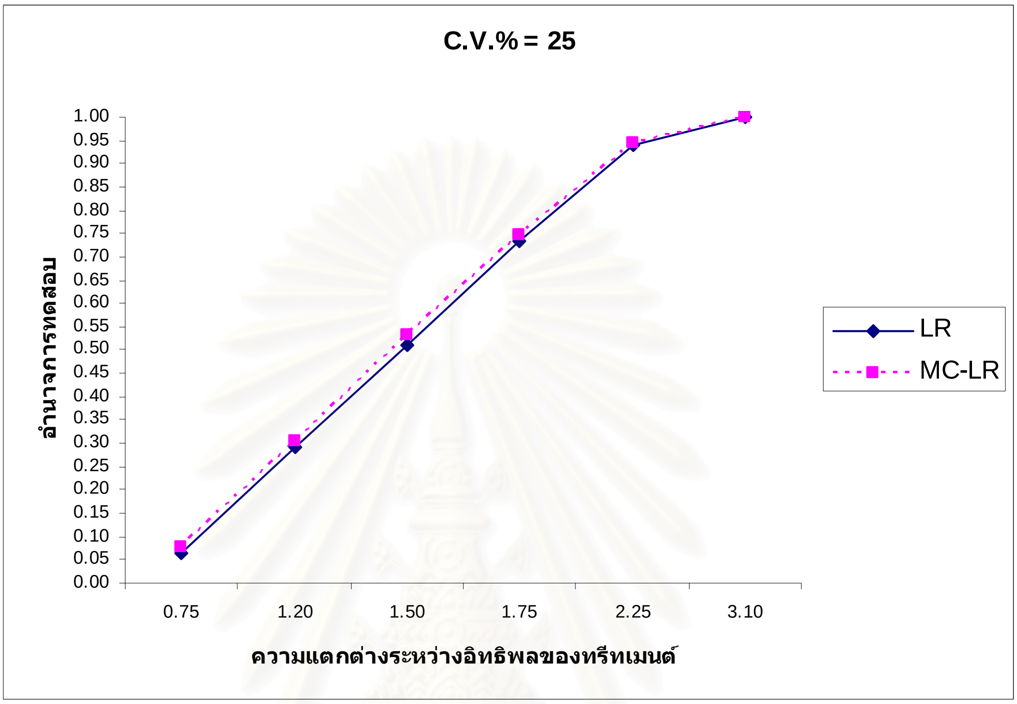


รูปที่ 4.14 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

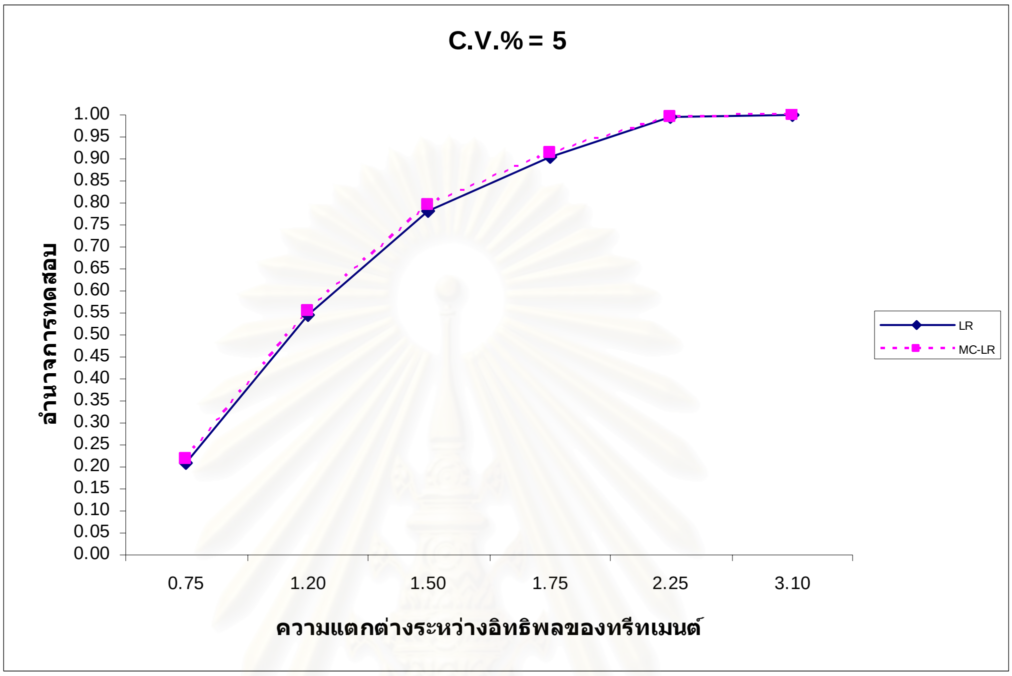


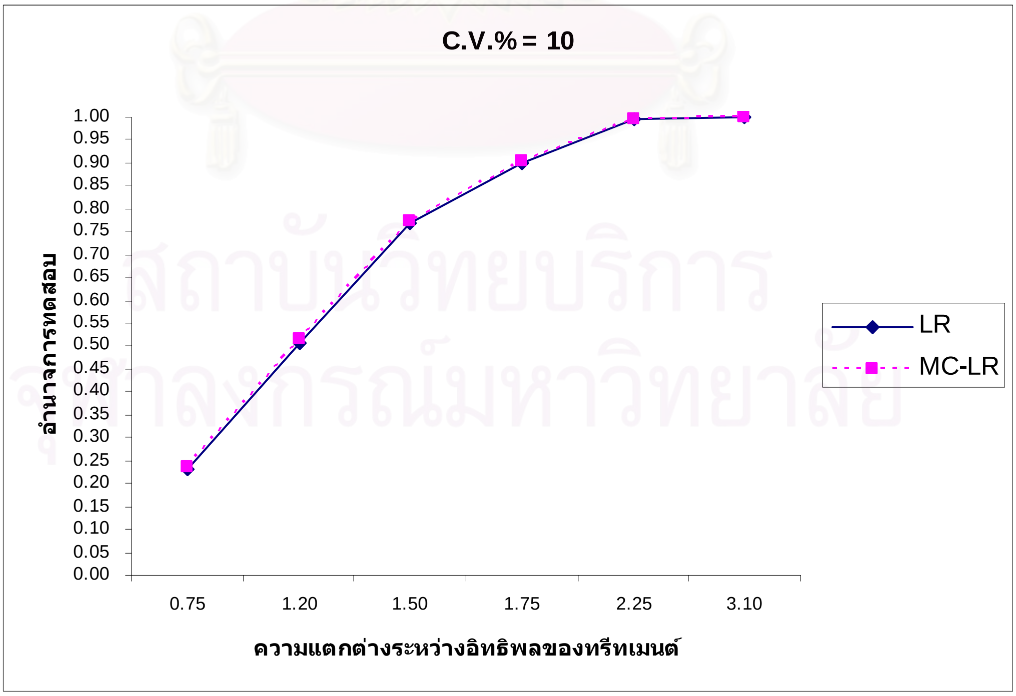


รูปที่ 4.14 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

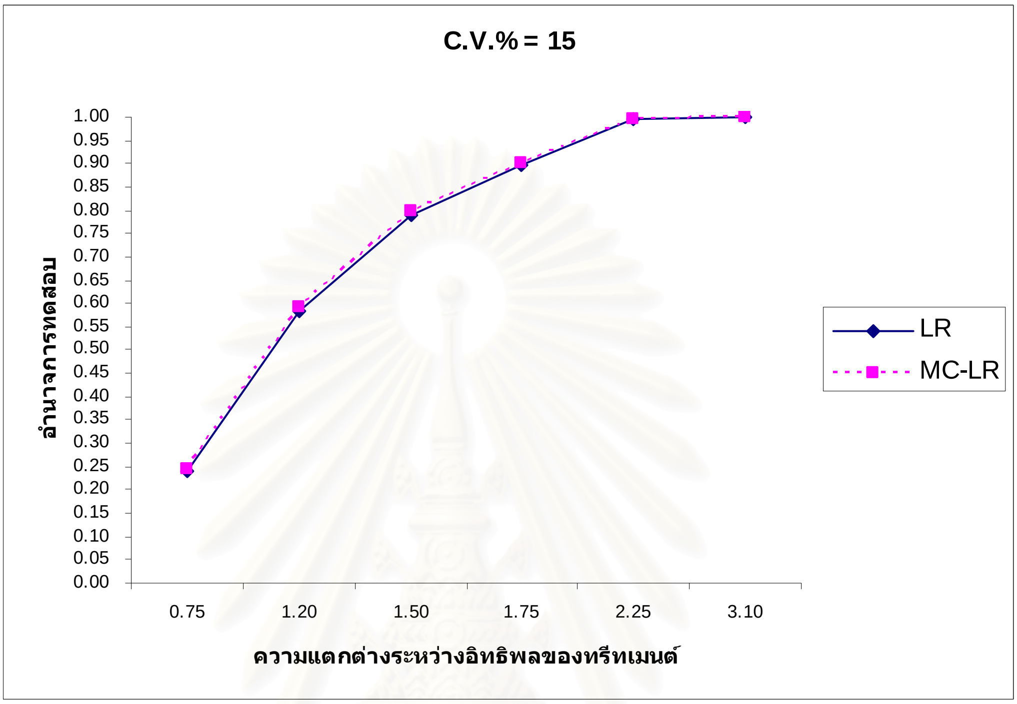


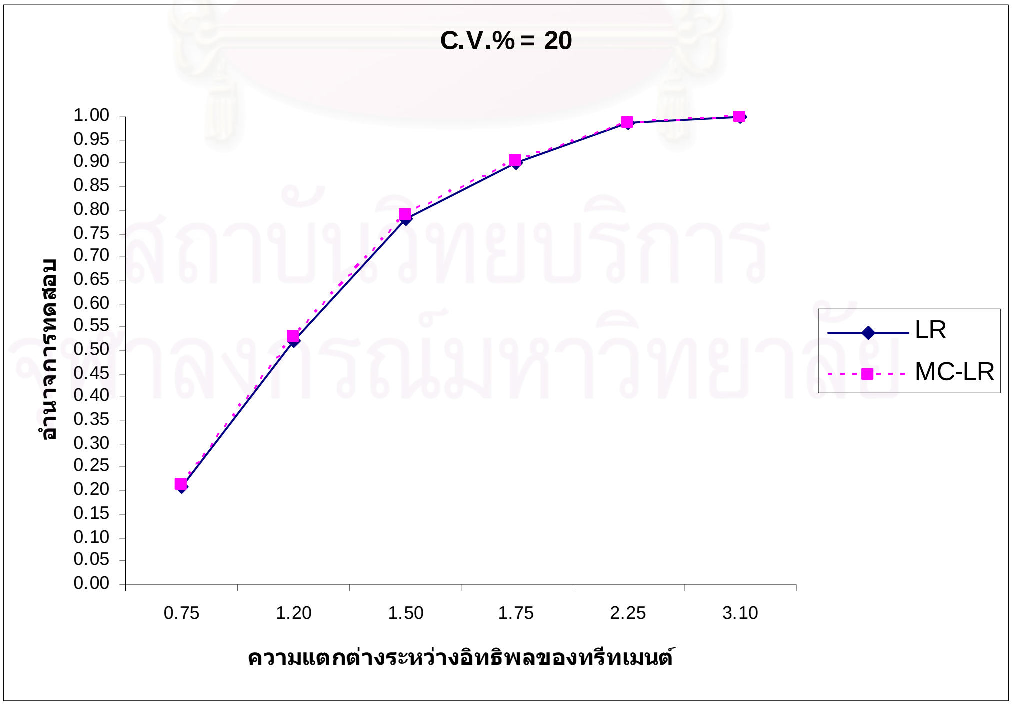
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



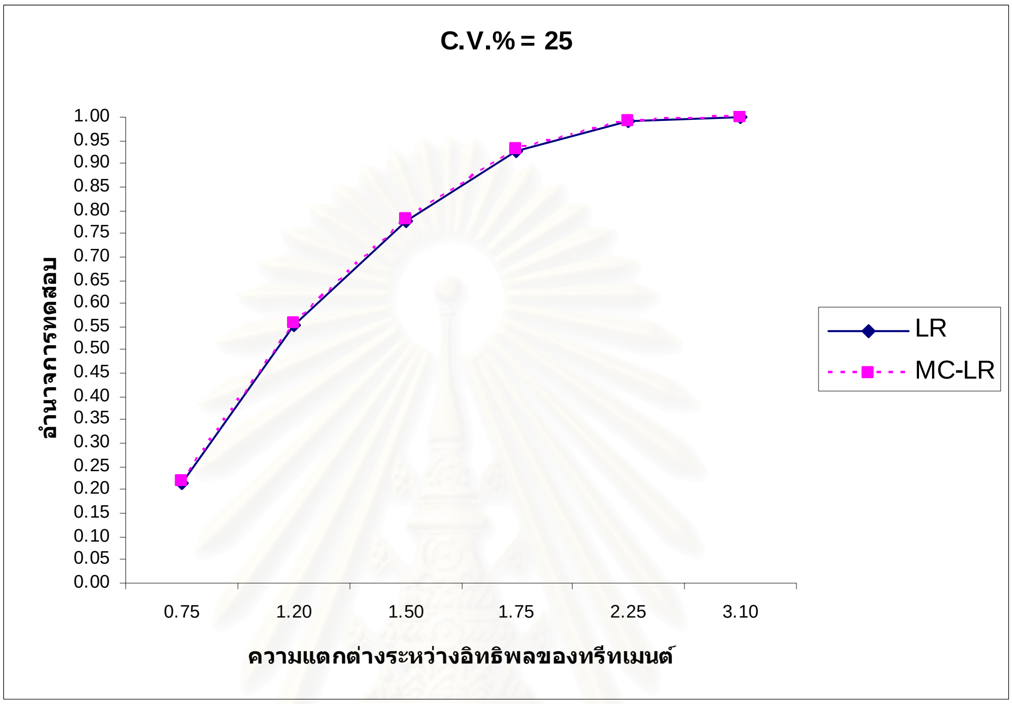


รูปที่ 4.15 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05





รูปที่ 4.15 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้จัดทำขึ้น เพื่อศึกษาคุณสมบัติของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (MC-LR) ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองโดยทำการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (LR) ผลสรุปที่ได้จากการวิจัยพบว่า ทุกระดับนัยสำคัญของการทดสอบทางสถิติ กรณีส่วนใหญ่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากันหรือใกล้เคียงกันทุกสถานการณ์ที่ถูกกำหนด เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ตัวสถิตทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ตัวสถิตทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของ วิธีทดลองแตกต่างกันมาก ตัวสถิติทั้งสองให้อำนาจการทดสอบที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันและมีค่าเข้าใกล้ 1

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเฉพาะแผนการทดสอบแบบจัตุรัสลาติน ที่มีปัจจัยทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์เป็นปัจจัยคงที่ ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นดังนี้

- ค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากันทุกกลุ่ม คือ 50
- สร้างอิทธิพลของวิธีทดลอง (τ_i) ให้แตกต่างกันโดยพิจารณาจาก

$$\Phi_\tau = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{p} \tau_i^2}}{\sigma}$$ (Φ_τ แทน สัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของสิ่งทดลอง)

- จำนวนวิธีทดลองของปัจจัยทดลองในแผนการทดลอง คือ 3 4 5 6 และ 7
- จำนวนปัจจัยแถวในแผนการทดลอง คือ 3 4 5 6 และ 7
- จำนวนปัจจัยคอลัมน์ในแผนการทดลอง คือ 3 4 5 6 และ 7
- การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่ศึกษาในแผนการทดลอง มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวน เท่ากับ σ^2
- กลุ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ทั้งหมด 6 จุด คือ ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง มีความแตกต่างกันน้อย ค่า Φ_τ อยู่ระหว่าง [0,1.5) มี 2 จุดคือ Φ_τ คือ 0.75 และ 1.2 ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง มี ความแตกต่างกัน ปานกลาง ค่า Φ_τ อยู่ระหว่าง [1.5,3.0)มี 3 จุด คือ Φ_τ คือ 1.5 1.75 และ 2.25 และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง มี

ความแตกต่างกันมาก ค่า Φ_{τ} มากกว่า 3.0 มี 1 จุดคือ Φ_{τ} คือ 3.1

- สร้างความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของปัจจัยแถวและปัจจัยคอลัมน์ โดยกำหนดความแตกต่างที่ระดับ Φ_{β} = 2.0 และ Φ_{α} = 2.5
- ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation) 6 ระดับ คือ 5% 10% 15% 20% และ 25% จะได้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 2.5 5 7.5 10 และ 12.5 ตามลำดับ
- ระดับนัยสำคัญของการทดสอบในแผนการทดสอง คือ α = 0.001 α = 0.01 และ α = 0.05

เกณฑ์ที่นำมาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีนั้น จะพิจารณาโดยการเปรียบเทียบจากค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และมีอำนาจการทดสอบสูงสุด จะถือว่าตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองดังกล่าวนั้น จะเป็นตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมที่สุด รายละเอียดของผลการวิจัยจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การเปรียบเทียบเทียบค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1

จากผลการวิจัยพบว่า จำนวนวิธีทดลองและค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันไม่มีผลต่อค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของวิธีทดสอบทั้ง 2 วิธี และค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะมีแนวโน้มเข้าใกล้ค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

สำหรับในกรณีที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 0.01 และ 0.05 ในกรณีส่วนใหญ่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากันหรือใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นแบบปกติเกือบทุกกรณี เนื่องจากว่าในกรณีที่ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นแม่แบบนั้น หากมีการกระจายไม่มากนักก็จะทำให้ข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่จากข้อมูลแม่แบบนั้นมีลักษณะข้อมูลที่ให้ค่าของข้อมูลไปในทางที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้น เมื่อ ข้อมูลมีการกระจายไม่มากนัก ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นที่มีการกระทำซ้ำ 400 รอบนั้น ทำให้วิธีทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เท่ากันหรือใกล้เคียงกันวิธีทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นแบบปกติ

5.1.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ

ผลการวิจัยเกี่ยวกับค่าอำนาจการทดสอบพบว่า เมื่อความแตกต่างของวิธีทดลอง มีความแตกต่างกันมากขึ้น อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีจะสูงขึ้น เมื่อวิธีทดลองเพิ่มขึ้น อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้ง 2 วิธีสูงขึ้นเช่นกัน แต่สัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีแนวโน้มคงที่ เนื่องจากการคำนวณค่า (τ_i) จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวข้องในการคำนวณด้วย จึงทำให้อำนาจการทดสอบมีแนวน้อมคงที่ เมื่อพิจารณาที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับเดียวกัน และค่าสัมประสิทธิ์แปรผันที่ระดับเดียวกัน แล้วจำนวนวิธีทดลองเพิ่มขึ้น จะพบว่าค่าผลต่างของอำนาจการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มที่ลดลง เนื่องจากการเพิ่มจำนวนวิธีทดลองก็เป็นการเพิ่มจำนวนซ้ำของหน่วยทดลอง โดยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าที่ระดับนัยสำคัญ ที่ 0.001 และ 0.01

ผลการวิจัยเกี่ยวกับค่าอำนาจการทดสอบ พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 0.01 และ 0.05 เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ตัวสถิตทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ตัวสถิตทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าหรือเท่ากับตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ตัวสถิติทั้งสองให้อำนาจการทดสอบที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันและมีค่าเข้าใกล้ 1 แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วโดยการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้ง 2 พบว่า ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นอย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ด้านการนำไปใช้

5.2.1.1 จากผลการวิจัย ในการเปรียบเทียบตัวสถิติทั้ง 2 วิธีพบว่าส่วนใหญ่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แต่ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่า ถ้าไม่มีข้อจำกัดในด้านเวลาและการคำนวณวิธีการทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีกว่า แต่ถ้ามี

ข้อจำกัดด้านเวลาหรือการคำนวณ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นก็น่าจะใช้แทนได้ เนื่องจากค่าอำนาจการทดสอบแตกต่างกันไม่มาก

5.2.1.2 กรณีที่ความแตกต่างของอิทธิพลของวิธีทดลองมีค่ามาก ตัวสถิติทั้งสองตัวให้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน หากผู้วิจัยมีเวลาไม่มากและประสิทธิภาพของเครื่องคำนวณต่ำ อาจจะใช้ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นหรือตัวสถิติเอฟแทนได้ จากการพิจารณาที่ความแตกต่างของอิทธิพลวิธีทดลองมากค่าอำนาจการทดสอบทั้ง 2 วิธีจะเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงเลือกตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นแทนได้เนื่องจากคำนวณง่ายกว่าและใช้เวลาน้อยกว่า

5.2.2 ด้านการศึกษาวิจัย

5.2.2.1 ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง ในกรณีที่ไม่มีการทำซ้ำในแต่ละปัจจัยทดลองร่วมภายในแผนการทดลอง แต่สำหรับการวิจัยครั้งต่อไปจึงอาจจะทำการศึกษาในกรณีที่มีการทำซ้ำในแต่ละปัจจัยทดลองร่วม

5.2.2.2 ในการศึกษาครั้งนี้ข้อกำหนดเบื้องต้นให้เป็นไปตามข้อกำหนด ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะเปลี่ยนข้อกำหนดเบื้องต้นก็ได้ เช่น การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบอื่นๆ หรือ ข้อมูลที่มีความผิดปกติ

5.2.2.3 การศึกษาครั้งต่อไปอาจจะทำการทดสอบสมมติฐานโดยวิธีทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นในแผนการทดลองอื่นๆต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ขวัญชีวา พุทธเกษม ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวแบบแผนการทดลองจัตุรัสลาติน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ธีระพร วีระถาวร. การอนุมานเชิงสถิติขั้นกลาง: โครงสร้างและความหมาย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

พัชริสร์ พวงแก้ว. การทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ที่มีปัจจัยบล็อกคงที่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

สุชาดา กีระนันท์. การอนุมานเชิงสถิติขั้นต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

อรไท สงวนสินธ์. การเปรียบเทียบการทดสอบเอฟและการทดสอบมอนติคาร์โลด้วยอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนการทดลองสุ่มแบบสุ่มตลอดที่ปัจจัยทดลองคงที่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Christopher Z.Mooney and Robert D. Duval. Bootstrapping A Nonparametric Approach to Statistical Inference . Newbury Park, California : Sage , 1993

Dennis, D.B. and Ji, Z. Monte Carlo Evaluation of Resampling-Based Hypothesis Test. Journal Of American Statistical Association. 95(2000):486-490.

Gerry P. Quinn, and Micheal J. Keough(2003). Experimental Design and Data Analysis For Biologists. Cambridge, UK.

Montgomery, C.D. Design and analysis of experiments. 4th ed., New York: John Wiley And Son, 1997.

Peter, H. and Titerington, D.M. The Effect of Simulation Order on Level Accuracy and Power of MonteCarlo Test. Journal Royal Statistical Society. Series B. 51(1989): 459-467.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนในการใช้หลักเกณฑ์อัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น หาตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเป็นดังนี้

1. ตัวประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ พารามิเตอร์ $\tilde{\theta}$ ของ L($\hat{\Omega}$) คือ

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}}{p^2} = \bar{y}_{...}\ ,\ \hat{\tau}_i = \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}\ ,\ \hat{\beta}_j = \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...}\ ,\ \hat{\alpha}_j = \bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...}$$

และ $$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{..k} + 2\bar{y}_{...})^2}{p^2} = \frac{Q_4}{p^2}$$

เมื่อ i=1,2,…,p j=1,2,….,p และ k=1,2,….,p

พิสูจน์

เนื่องจาก space parameter $\Omega = \{(\mu_{111}, \mu_{112}, ..., \mu_{ppp}, \sigma^2); -\infty < \mu_{ijk} < \infty, 0 < \sigma^2 < \infty\}$

ดังนั้น $$L(\hat{\Omega}) = (2\pi\sigma^2)^{\frac{-p^2}{2}} \exp\{-\frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \tau_i - \beta_j - \alpha_k)^2\}$$

$$\ln L(\hat{\Omega}) = -\frac{p^2}{2}\ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \tau_i - \beta_j - \alpha_k)^2$$

เมื่อให้ $$\frac{\partial \ln L(\hat{\Omega})}{\partial \mu} = 0 - \frac{2}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ij} - \mu - \tau_i - \beta_j - \alpha_k)(-1) = 0$$

จะได้ $$\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} y_{ijk} - p^2\mu - p\sum_{i=1}^{p}\tau_i - p\sum_{j=1}^{p}\beta_j - p\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$$

ดังนั้น $\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}}{p^2} = \bar{y}_{...}$ เป็นตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ μ ของ $L(\hat{\Omega})$

โดยที่ $\sum_{i=1}^{p}\tau_i = 0$ $\sum_{j=1}^{p}\beta_j = 0$ และ $\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$

เมื่อให้ $$\frac{\partial \ln L(\hat{\Omega})}{\partial \tau_i} = 0 - \frac{2}{2\sigma^2}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \tau_i - \beta_j - \alpha_k)(-1) = 0$$

จะได้ $$\sum_{j=1}^{p} y_{ijk} - p\mu - p\tau_i - p\sum_{j=1}^{p}\beta_j - p\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$$

$$\sum_{j=1}^{p} y_{ij} = p(\mu + \tau_i)$$

$$\bar{y}_{i..} = \mu + \tau_i$$

ดังนั้น $\hat{\tau}_i = \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}$ เป็นตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ τ_i ของ $L(\hat{\Omega})$

โดยที่ $\sum_{j=1}^{p}\beta_j = 0$ และ $\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$

เมื่อให้ $\dfrac{\partial \ln L(\hat{\Omega})}{\partial \beta_j} = 0 - \dfrac{2}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \tau_i - \beta_j - \alpha_k)(-1) = 0$

จะได้ $\sum_{i=1}^{p} y_{ijk} - p\mu - p\sum_{i=1}^{p}\tau_i - p\beta_j - p\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$

$$\sum_{i=1}^{p} y_{ijk} = p(\mu + \beta_j)$$

$$\bar{y}_{.j.} = \mu + \beta_j$$

ดังนั้น $\beta_j = \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...}$ เป็นตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ β_j ของ $L(\hat{\Omega})$

โดยที่ $\sum_{i=1}^{p}\tau_i = 0$ และ $\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$

เมื่อให้ $\dfrac{\partial \ln L(\hat{\Omega})}{\partial \alpha_k} = 0 - \dfrac{2}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \tau_i - \beta_j - \alpha_k)(-1) = 0$

จะได้ $\sum_{i=1}^{p} y_{ijk} - p\mu - p\sum_{i=1}^{p}\tau_i - p\sum_{j=1}^{p}\beta_j - p\alpha_k = 0$

$$\sum_{i=1}^{p} y_{ijk} = p(\mu + \alpha_k)$$

$$\bar{y}_{..k} = \mu + \alpha_k$$

ดังนั้น $\alpha_k = \bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...}$ เป็นตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ α_k ของ $L(\hat{\Omega})$

โดยที่ $\sum_{i=1}^{p}\tau_i = 0$ และ $\sum_{j=1}^{p}\beta_j = 0$

และเมื่อให้ $\dfrac{\partial \ln L(\hat{\Omega})}{\partial \sigma^2} = -\dfrac{p^2}{2}(\dfrac{2\pi}{2\pi\sigma^2}) + \dfrac{1}{2\sigma^4}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \tau_i - \beta_j - \alpha_k)^2 = 0$

จะได้ $\dfrac{1}{2\sigma^4}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \tau_i - \beta_j - \alpha_k)^2 = \dfrac{p^2}{2\sigma^2}$

ดังนั้น
$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \tau_i - \beta_j - \alpha_k)^2}{p^2}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ij} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{..k} + 2\bar{y})^2}{p^2}$$

$$= \frac{Q_4}{p^2}$$ เป็นตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ σ^2 ของ $L(\hat{\Omega})$

2. ตัวประมาณแบบภาวะน่าเป็นสูงสุดสำหรับ พารามิเตอร์ $\tilde{\theta}$ ของ L($\hat{\omega}$) คือ

$$\hat{\mu}^* = \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}}{p^2} = \bar{y}_{...} \quad , \hat{\beta}_j^* = \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...} \; , \; \hat{\alpha}_k^{\;*} = \bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...}$$

และ $$\hat{\sigma}^{*2} = \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})^2}{p^2} = \frac{Q_5}{p^2}$$

เมื่อ i=1,2,…,p j=1,2,….,p และ k=1,2,….,p

พิสูจน์

เนื่องจาก space parameter $\omega = \{(\mu_{111}, \mu_{112}, ..., \mu_{ppp}, \sigma^2);$

$$-\infty < \mu_{111} = \mu_{112} = \ldots = \mu_{ppp} = \mu + \beta_j + \alpha_k, 0 < \sigma^2 < \infty\}$$

ดังนั้น $$L(\hat{\omega}) = (2\pi\sigma^2)^{\frac{-p^2}{2}} \exp\{-\frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \beta_j - \alpha_k)^2\}$$

$$\ln L(\hat{\omega}) = -\frac{p^2}{2}\ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \beta_j - \alpha_k)^2$$

เมื่อให้ $$\frac{\partial \ln L(\hat{\omega})}{\partial \mu} = 0 - \frac{2}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \beta_j - \alpha_k)(-1) = 0$$

จะได้ $$\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} y_{ijk} - p^2\mu - p\sum_{j=1}^{p}\beta_j - p\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$$

ดังนั้น $$\hat{\mu}^* = \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}}{p^2} = \bar{y}_{...}$$ เป็นตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ μ ของ $L(\hat{\Omega})$

โดยที่ $\sum_{i}^{a}\beta_j = 0$ และ $\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$

เมื่อให้ $$\frac{\partial \ln L(\hat{\omega})}{\partial \beta_j} = 0 - \frac{2}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \beta_j - \alpha_k)(-1) = 0$$

จะได้ $$\sum_{i=1}^{p} y_{ij} - p\mu - p\beta_j - p\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$$

$$\sum_{i=1}^{p} y_{ijk} = p(\mu + \beta_j)$$

$$\bar{y}_{.j.} = \mu + \beta_j$$

ดังนั้น $\hat{\beta}_j^* = \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...}$ เป็นตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุกสำหรับ β_j ของ $L(\hat{\Omega})$

โดยที่ $\sum_{k=1}^{p}\alpha_k = 0$

เมื่อให้ $\frac{\partial \ln L(\hat{\omega})}{\partial \alpha_k} = 0 - \frac{2}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \beta_j - \alpha_k)(-1) = 0$

จะได้ $\sum_{i=1}^{p} y_{ijk} - p\mu - p\sum_{j=1}^{p}\beta_j - p\alpha_k = 0$

$$\sum_{i=1}^{p} y_{ijk} = p(\mu + \alpha_k)$$

$$\bar{y}_{..k} = \mu + \alpha_k$$

ดังนั้น $\hat{\alpha}_k{}^* = \bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...}$ เป็นตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ α_k ของ $L(\hat{\Omega})$

โดยที่ $\sum_{i}^{a}\beta_j = 0$

และเมื่อให้ $\frac{\partial \ln L(\hat{\omega})}{\partial \sigma^2} = -\frac{p^2}{2}(\frac{2\pi}{2\pi\sigma^2}) + \frac{1}{2\sigma^4}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \beta_j - \alpha_k)^2 = 0$

จะได้ $\frac{1}{2\sigma^4}\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \beta_j - \alpha_k)^2 = \frac{p^2}{2\sigma^2}$

ดังนั้น $\hat{\sigma}^{*2} = \frac{\sum_{=1i}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \mu - \beta_j - \alpha_k)^2}{p^2}$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}(y_{ijk} - \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})^2}{p^2}$$

$= \frac{Q_5}{p^2}$ เป็นตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับ σ^2 ของ $L(\hat{\Omega})$

3. หาตัวสถิติของการทดสอบด้วยอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เมื่อแทนที่พารามิเตอร์ในฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นด้วยตัวประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุดภายใต้ Ω จะได้

$$L(\hat{\Omega}) = \left((\frac{p^2}{2\pi Q_4})^{\frac{p^2}{2}} \exp(\frac{-p^2}{2}) \right)$$

และแทนที่พารามิเตอร์ในฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นด้วยตัวประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุดภายใต้ ω จะได้

$$L(\hat{\omega}) = \left((\frac{p^2}{2\pi Q_5})^{\frac{p^2}{2}} \exp(\frac{-p^2}{2}) \right)$$

ดังนั้น ตัวสถิติทดสอบของการทดสอบด้วยอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น คือ

$$\lambda = \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} = \frac{(\frac{p^2}{2\pi Q_5})^{\frac{p^2}{2}} \exp(\frac{-p^2}{2})}{(\frac{p^2}{2\pi Q_4})^{\frac{p^2}{2}} \exp(\frac{-p^2}{2})}$$

$$= \left(\frac{Q_4}{Q_5} \right)^{\frac{p^2}{2}}$$

เพราะว่า

$$Q_5 = Q_1 + Q_4$$

สรุปได้ว่า $\lambda = \left(\dfrac{1}{1 + \dfrac{Q_1}{Q_4}} \right)^{\frac{p^2}{2}} = \left(\dfrac{1}{1 + \dfrac{SSTr}{SSE}} \right)^{\frac{p^2}{2}}$

นั่นคือ $\lambda = \left(\dfrac{1}{1 + \dfrac{(p-1)}{(p-1)(p-2)} F} \right)^{\frac{p^2}{2}}$

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการสร้างอิทธิพลของวิธีทดลอง

1. กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 3 และความแตกต่างระหว่างวิธีทดลองแตกต่างกันน้อย ค่า Φ_τ อยู่ระหว่าง $(0,1.5]$

เมื่อกำหนดให้ Φ_τ = 0.75 และ Φ_τ = 1.2 จะสามารถกำหนดอิทธิพลของวิธีทดลองได้จากการคำนวณดังนี้

$$\Phi_\tau = D\sqrt{\frac{1}{2\sigma^2}}$$

และผลที่ได้จากการคำนวณ คือ

ค่า Φ_τ	σ^2	ผลต่าง D	τ_i
0.75	6.25	2.652	τ_1=-1.326 , τ_2 = 0 , τ_3 = 1.336
	25	5.303	τ_1=-2.652 , τ_2 = 0 , τ_3 = 2.652
	56.25	7.955	τ_1=-3.977 , τ_2 = 0 , τ_3 = 3.977
	100	10.607	τ_1=-5.303 , τ_2 = 0 , τ_3 =5.303
	156.25	13.258	τ_1=-6.629 , τ_2 = 0 , τ_3 =6.629
1.2	6.25	4.243	τ_1=-2.121 , τ_2 = 0 , τ_3 =2.121
	25	8.485	τ_1=-4.243 , τ_2 = 0 , τ_3 =4.243
	56.25	12.728	τ_1=-6.364 , τ_2 = 0 , τ_3 =6.364
	100	16.971	τ_1=-8.485 , τ_2 = 0 , τ_3 =8.485
	156.25	21.213	τ_1=-10.607 , τ_2 = 0 , τ_3 =10.607

2. กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 5 และความแตกต่างระหว่างวิธีทดลองแตกต่างกันปานกลาง ค่า Φ_τ อยู่ระหว่าง $[1.5, 3.0)$

เมื่อกำหนดให้ Φ_τ = 1.5 Φ_τ = 1.75 และ Φ_τ = 2.25 จะสามารถกำหนดอิทธิพลของวิธีทดลองได้ จากการคำนวณดังนี้

$$\Phi_\tau = D\sqrt{\frac{5}{8\sigma^2}}$$

และผลที่ได้จากการคำนวณ คือ

ค่า Φ_τ	σ^2	**ผลต่าง D**	τ_i
1.5	6.25	4.743	τ_1=-2.4 , τ_2=-1.2 , τ_3=0 , τ_4=1.2 , τ_5=2.4
	25	9.487	τ_1=-4.7 , τ_2=-2.4 , τ_3=0 , τ_4=2.4 , τ_5=4.7
	56.25	14.230	τ_1=-7.1 , τ_2=-36 , τ_3=0 , τ_4=3.6 , τ_5=7.1
	100	18.974	τ_1=-9.5 , τ_2=-4.7 , τ_3=0 , τ_4=4.7 , τ_5=9.5
	156.25	23.717	τ_1=-11.9 , τ_2=-5.9 , τ_3=0 , τ_4=5.9 , τ_5=11.9
1.75	6.25	5.534	τ_1=-2.8 , τ_2=-1.4 , τ_3=0 , τ_4=1.4 , τ_5=2.8
	25	11.068	τ_1=-5.5 , τ_2=-2.8 , τ_3=0 , τ_4=2.8 , τ_5=5.5
	56.25	16.602	τ_1=-8.3 , τ_2=-4.2 , τ_3=0 , τ_4=4.2 , τ_5=8.3
	100	22.136	τ_1=-11.1 , τ_2=-5.5 , τ_3=0 , τ_4=5.5 , τ_5=11.1
	156.25	27.670	τ_1=-13.8 , τ_2=-6.9 , τ_3=0 , τ_4=6.9 , τ_5=13.8
2.25	6.25	7.115	τ_1=-3.6 , τ_2=-1.8 , τ_3=0 , τ_4=1.8 , τ_5=3.6
	25	14.230	τ_1=-7.1 , τ_2=-3.6 , τ_3=0 , τ_4=3.6 , τ_5=7.1
	56.25	21.345	τ_1=-10.7 , τ_2=-5.3 , τ_3=0 , τ_4=5.3 , τ_5=10.7
	100	28.461	τ_1=-14.2 , τ_2=-7.1 , τ_3=0 , τ_4=7.1 , τ_5=14.2
	156.25	35.576	τ_1=-17.8 , τ_2=-8.9 , τ_3=0 , τ_4=8.9 , τ_5=17.8

3. กรณีที่จำนวนวิธีทดลอง (p) เท่ากับ 7 และความแตกต่างระหว่างวิธีทดลองแตกต่างกันมาก ค่า Φ_τ มากกว่า 3.0

เมื่อกำหนดให้ Φ_τ = 3.1 จะสามารถกำหนดอิทธิพลของวิธีทดลองได้ จากการคำนวณดังนี้

$$\Phi_\tau = D\sqrt{\frac{7}{9\sigma^2}}$$

และผลที่ได้จากการคำนวณ คือ

ค่า Φ_τ	σ^2	**ผลต่าง D**	τ_i
3.1	6.25	8.788	τ_1=-4.4 , τ_2 =-2.9 , τ_3=-1.5 , τ_4 =0 , τ_5=1.5 , τ_6 =2.9 , τ_7 =4.4
	25	17.575	τ_1=-8.8 , τ_2 =-5.9 , τ_3=-2.9 , τ_4 =0 , τ_5=2.9 , τ_6 =5.9 , τ_7 =8.8
	56.25	26.363	τ_1=-13.2 , τ_2 =-8.8 , τ_3=-4.4 , τ_4 =0 , τ_5=4.4 , τ_6 =8.8 , τ_7 =13.2
	100	35.151	τ_1=-17.9 , τ_2 =-11.7 , τ_3=-5.9 , τ_4 =0 , τ_5=5.9 , τ_6 =11.7 , τ_7 =17.6
	156.25	43.938	τ_1=-22 , τ_2 =-14.6 , τ_3=-7.3 , τ_4 =0 , τ_5=7.3 , τ_6 =14.6 , τ_7 =22

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างโปรแกรมทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีการทดลองของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

```
(*การกำหนดค่าในสถานการณ์ต่างๆ ภายใต้สมมติฐานว่าง*)
a_b_p_3
u_50
sd_2.5
trials_400
loops_600

#Keep p-value of LSD
      p.value_array(,dim=c(1,loops))
      mon.pval_array(,dim=c(1,loops))

      blockc.hat_array(,dim=c(b))
      blockr.hat_array(,dim=c(a))
      ur_array(0,dim=c(1,a))
      uc_array(0,dim=c(1,a))

for(I in 1:loops)
{
   #Determine column blocking factor
         if((a==3)&&(sd==2.5))blockc_array(c(-3.536,0,3.536),dim=c(a))
   #Determine row blocking factor
         if((a==3)&&(sd==2.5))blockr_array(c(-4.419,0,4.419),dim=c(a))
  #Determine treatment
         if((a==3)&&(sd==2.5)&&(d==0.75))tr_array(c(0,0,0),dim=c(a))
  #Create Error
          er_array(rnorm(a*b,0,sd),dim=c(a,b))
  #Generate y value for fixed effect
          y_array(,dim=c(a,b))
```

```
mt_array(0,dim=c(a,1))
mer_array(0,dim=c(1,p))


sc_0
ss_0
sbr_0
sbrr_0
st_0
for(i in 1:a)
{
      for(j in 1:b)
      {
         if((a==3)&&((i-j)==0))(k_1)
         if((a==3)&&(((i-j)==1)||((i-j)==(-2))))(k_2)
         if((a==3)&&(((i-j)==2)||((i-j)==(-1))))(k_3)
         y[i,j]_u+tr[k]+blockr[i]+blockc[j]+er[i,j]
         if((a==3)&&((i-j)==0))(mt[1]_mt[1]+y[i,j])
         if((a==3)&&(((i-j)==1)||((i-j)==(-2))))(mt[2]_mt[2]+y[i,j])
         if((a==3)&&(((i-j)==2)||((i-j)==(-1))))(mt[3]_mt[3]+y[i,j])
         sc_sc+y[i,j]
         ss_ss+y[i,j]^2
         sbrr_sbrr+y[i,j]
      }
      sbr_sbr+(sbrr^2)
      sbrr_0
      ur[i]_mean(y[i,])
}


uu_sc
sc_(sc^2)/(a*b)
sbr_sbr/b
```

```
st_sum(mt^2)/a

  for(x in 1:p)
       {
        mer[x]_mt[x]/p
       }

sbc_0
sbcc_0
         for(j in 1:b)
         {
               for(i in 1:a)
                  {
                        sbcc_sbcc+y[i,j]
                  }
                  sbc_sbc+(sbcc^2)
                  sbcc_0
                  uc[j]_mean(y[,j])
         }
         sbc_sbc/p
         print(l)

 uu_uu/(p*p)
 blockc.hat_uc-uu
 blockr.hat_ur-uu

sst_ss-sc
sstr_st-sc
ssbr_sbr-sc
ssbc_sbc-sc
sser_sst-(sstr+ssbr+ssbc)
```

```
  vtr_(p-1)
  ver_(p-1)*(p-2)

  mstr_sstr/vtr
  mser_sser/ver
  s.mser_sqrt(mser)
  f.stat_mstr/mser
  f.stat_round(f.stat,dig=5)
  f.stat
  p.value[I]_round(1-pf(f.stat,vtr,ver),dig=5)

  nss_1+(sstr/sser)
  m_(a*b)/2
  li.ratio_round((1/nss)^m,dig=10)


#monte carlo likelihood ratio test

#Generate y value for fixed effect

    li.ratio1_array(,dim=c(1,trials))

for(z in 1:trials)
{
       y.temp_array(,dim=c(a,b))
       y.mon_array(,dim=c(a,b))
       mt.mon_array(0,dim=c(a,1))

   sc.mon_0
   ss.mon_0
   sbr.mon_0
```

```
sbrr.mon_0
st.mon_0

    for(i in 1:a)
    {
            for(j in 1:b)
            {
                y.temp[i,j]_uu+blockr.hat[i]+blockc.hat[j]
                y.mon[i,j]_(rnorm(1,y.temp[i,j],s.mser))

                if((a==3)&&((i-j)==0))(mt.mon[1]_mt.mon[1]+y.mon[i,j])
                if((a==3)&&(((i-j)==1)||((i-j)==(-2))))(mt.mon[2]_mt.mon[2]+y.mon[i,j])
                if((a==3)&&(((i-j)==2)||((i-j)==(-1))))(mt.mon[3]_mt.mon[3]+y.mon[i,j])

                sc.mon_sc.mon+y.mon[i,j]
                ss.mon_ss.mon+y.mon[i,j]^2
                sbrr.mon_sbrr.mon+y.mon[i,j]
            }
            sbr.mon_sbr.mon+(sbrr.mon^2)
            sbrr.mon_0
    }
    sc.mon_(sc.mon^2)/(a*b)
    sbr.mon_sbr.mon/b
    st.mon_sum(mt.mon^2)/a
```

```
  sbc.mon_0
  sbcc.mon_0
          for(j in 1:b)
          {
               for(i in 1:a)
                  {
                    sbcc.mon_sbcc.mon+y.mon[i,j]
                  }
                  sbc.mon_sbc.mon+(sbcc.mon^2)
                  sbcc.mon_0
          }
          sbc.mon_sbc.mon/p

  sst.mon_ss.mon-sc.mon
  sstr.mon_st.mon-sc.mon
  ssbr.mon_sbr.mon-sc.mon
  ssbc.mon_sbc.mon-sc.mon
  sser.mon_sst.mon-(sstr.mon+ssbr.mon+ssbc.mon)

  nss.mon_1+(sstr.mon/sser.mon)
  m1_(a*b)/2
  li.ratio1[,z]_(1/nss.mon)^m
}
```

```
  #histo_hist(li.ratio1)
  #conpute p-value of monte carlo

  count_ifelse(li.ratio1<=li.ratio,1,0)
  sumli.ratio_sum(count)
  mon.pval[l]_round(sumli.ratio/trials,dig=5)
}

#การคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ
#type 1 LR-test

count.f0.001_ifelse(p.value<=0.001,1,0)
sum.pval0.001_sum(count.f0.001)
prob.f0.001_round(sum.pval0.001/loops,dig=5)
prob.f0.001

count.f0.01_ifelse(p.value<=0.01,1,0)
sum.pval0.01_sum(count.f0.01)
prob.f0.01_round(sum.pval0.01/loops,dig=5)
prob.f0.01

count.f0.05_ifelse(p.value<=0.05,1,0)
sum.pval0.05_sum(count.f0.05)
prob.f0.05_round(sum.pval0.05/loops,dig=5)
prob.f0.05
```

```
#type 1 monte carlo test

count.monte0.001_ifelse(mon.pval<=0.001,1,0)
sum.monpval0.001_sum(count.monte0.001)
prob.monte0.001_round(sum.monpval0.001/loops,dig=5)
prob.monte0.001

count.monte0.01_ifelse(mon.pval<=0.01,1,0)
sum.monpval0.01_sum(count.monte0.01)
prob.monte0.01_round(sum.monpval0.01/loops,dig=5)
prob.monte0.01

count.monte0.05_ifelse(mon.pval<=0.05,1,0)
sum.monpval0.05_sum(count.monte0.05)
prob.monte0.05_round(sum.monpval0.05/loops,dig=5)
prob.monte0.05
```

```
(*การกำหนดค่าในสถานการณ์ต่างๆ ภายใต้สมมติฐานแย้ง*)
a_b_p_3
u_50
sd_2.5
d_0.75
trials_400
loops_600

#Keep p-value of LSD
        p.value_array(,dim=c(1,loops))
        mon.pval_array(,dim=c(1,loops))

        blockc.hat_array(,dim=c(b))
        blockr.hat_array(,dim=c(a))
        ur_array(0,dim=c(1,a))
        uc_array(0,dim=c(1,a))

for(I in 1:loops)
{
    #Determine column blocking factor
            if((a==3)&&(sd==2.5))blockc_array(c(-3.536,0,3.536),dim=c(a))
    #Determine row blocking factor
            if((a==3)&&(sd==2.5))blockr_array(c(-4.419,0,4.419),dim=c(a))
   #Determine treatment
            if((a==3)&&(sd==2.5)&&(d==0.75))tr_array(c(-1.326,0,1.326),dim=c(a))
   #Create Error
            er_array(rnorm(a*b,0,sd),dim=c(a,b))
   #Generate y value for fixed effect
            y_array(,dim=c(a,b))
           mt_array(0,dim=c(a,1))
           mer_array(0,dim=c(1,p))
```

```
    sc_0
    ss_0
    sbr_0
     sbrr_0
     st_0
      for(i in 1:a)
      {
            for(j in 1:b)
            {
                if((a==3)&&((i-j)==0))(k_1)
                 if((a==3)&&(((i-j)==1)||((i-j)==(-2))))(k_2)
                 if((a==3)&&(((i-j)==2)||((i-j)==(-1))))(k_3)
                 y[i,j]_u+tr[k]+blockr[i]+blockc[j]+er[i,j]
                 if((a==3)&&((i-j)==0))(mt[1]_mt[1]+y[i,j])
                 if((a==3)&&(((i-j)==1)||((i-j)==(-2))))(mt[2]_mt[2]+y[i,j])
                  if((a==3)&&(((i-j)==2)||((i-j)==(-1))))(mt[3]_mt[3]+y[i,j])
                  sc_sc+y[i,j]
                  ss_ss+y[i,j]^2
                sbrr_sbrr+y[i,j]
             }
            sbr_sbr+(sbrr^2)
            sbrr_0
            ur[i]_mean(y[i,])
      }

uu_sc
sc_(sc^2)/(a*b)
sbr_sbr/b
st_sum(mt^2)/a
```

```
  for(x in 1:p)
        {
          mer[x]_mt[x]/p
        }

sbc_0
sbcc_0
            for(j in 1:b)
            {
                    for(i in 1:a)
                        {
                                sbcc_sbcc+y[i,j]
                        }
                        sbc_sbc+(sbcc^2)
                        sbcc_0
                        uc[j]_mean(y[,j])
            }
            sbc_sbc/p
            print(l)

 uu_uu/(p*p)
 blockc.hat_uc-uu
 blockr.hat_ur-uu

sst_ss-sc
sstr_st-sc
ssbr_sbr-sc
ssbc_sbc-sc
sser_sst-(sstr+ssbr+ssbc)

vtr_(p-1)
```

```
  ver_(p-1)*(p-2)

  mstr_sstr/vtr
  mser_sser/ver
  s.mser_sqrt(mser)
  f.stat_mstr/mser
  f.stat_round(f.stat,dig=5)
  f.stat
  p.value[I]_round(1-pf(f.stat,vtr,ver),dig=5)

  nss_1+(sstr/sser)
  m_(a*b)/2
  li.ratio_round((1/nss)^m,dig=10)


#monte carlo likelihood ratio test

#Generate y value for fixed effect

    li.ratio1_array(,dim=c(1,trials))

for(z in 1:trials)
{
        y.temp_array(,dim=c(a,b))
        y.mon_array(,dim=c(a,b))
        mt.mon_array(0,dim=c(a,1))

   sc.mon_0
   ss.mon_0
   sbr.mon_0
   sbrr.mon_0
```

```
st.mon_0

   for(i in 1:a)
   {
          for(j in 1:b)
          {
             y.temp[i,j]_uu+blockr.hat[i]+blockc.hat[j]
             y.mon[i,j]_(rnorm(1,y.temp[i,j],s.mser))

             if((a==3)&&((i-j)==0))(mt.mon[1]_mt.mon[1]+y.mon[i,j])
             if((a==3)&&(((i-j)==1)||((i-j)==(-2))))(mt.mon[2]_mt.mon[2]+y.mon[i,j])
             if((a==3)&&(((i-j)==2)||((i-j)==(-1))))(mt.mon[3]_mt.mon[3]+y.mon[i,j])

             sc.mon_sc.mon+y.mon[i,j]
             ss.mon_ss.mon+y.mon[i,j]^2
             sbrr.mon_sbrr.mon+y.mon[i,j]
          }
          sbr.mon_sbr.mon+(sbrr.mon^2)
          sbrr.mon_0
   }
   sc.mon_(sc.mon^2)/(a*b)
   sbr.mon_sbr.mon/b
   st.mon_sum(mt.mon^2)/a
```

```
  sbc.mon_0
  sbcc.mon_0
          for(j in 1:b)
          {
               for(i in 1:a)
                  {
                    sbcc.mon_sbcc.mon+y.mon[i,j]
                  }
                  sbc.mon_sbc.mon+(sbcc.mon^2)
                  sbcc.mon_0
           }
           sbc.mon_sbc.mon/p

  sst.mon_ss.mon-sc.mon
  sstr.mon_st.mon-sc.mon
  ssbr.mon_sbr.mon-sc.mon
  ssbc.mon_sbc.mon-sc.mon
  sser.mon_sst.mon-(sstr.mon+ssbr.mon+ssbc.mon)

  nss.mon_1+(sstr.mon/sser.mon)
  m1_(a*b)/2
  li.ratio1[,z]_(1/nss.mon)^m
}
```



```
  #histo_hist(li.ratio1)
  #conpute p-value of monte carlo
```

```
  count_ifelse(li.ratio1<=li.ratio,1,0)
  sumli.ratio_sum(count)
  mon.pval[l]_round(sumli.ratio/trials,dig=5)
}

#การคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ
#Power of the test Likelihood Ratio test

count.f0.001_ifelse(p.value<=0.001,1,0)
sum.pval0.001_sum(count.f0.001)
prob.f0.001_round(sum.pval0.001/loops,dig=5)
prob.f0.001

count.f0.01_ifelse(p.value<=0.01,1,0)
sum.pval0.01_sum(count.f0.01)
prob.f0.01_round(sum.pval0.01/loops,dig=5)
prob.f0.01

count.f0.05_ifelse(p.value<=0.05,1,0)
sum.pval0.05_sum(count.f0.05)
prob.f0.05_round(sum.pval0.05/loops,dig=5)
prob.f0.05
```

```
#Power of the test Monte Carlo Likelihood Ratio test

count.monte0.001_ifelse(mon.pval<=0.001,1,0)
sum.monpval0.001_sum(count.monte0.001)
prob.monte0.001_round(sum.monpval0.001/loops,dig=5)
prob.monte0.001

count.monte0.01_ifelse(mon.pval<=0.01,1,0)
sum.monpval0.01_sum(count.monte0.01)
prob.monte0.01_round(sum.monpval0.01/loops,dig=5)
prob.monte0.01

count.monte0.05_ifelse(mon.pval<=0.05,1,0)
sum.monpval0.05_sum(count.monte0.05)
prob.monte0.05_round(sum.monpval0.05/loops,dig=5)
prob.monte0.05
```

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณในการทดสอบมอนติคาร์โลด้วยอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

ตัวอย่าง ข้อมูลต่อไปนี้ได้จากสร้างตัวอย่างสุ่มภายใต้สมมติฐานว่าง H_0 ของการทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น โดยที่จำนวนวิธีทดลองที่ใช้การทดลอง จำนวนปัจจัยแถว จำนวนปัจจัยคอลัมน์เท่ากับ 3 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.5

ปัจจัยแถว	ปัจจัยคอลัมน์		
	1	2	3
1	y_{111} =37.64118	y_{312} =49.24964	y_{213} =50.45756
2	y_{221} =47.22325	y_{122} =51.13408	y_{323} =53.72589
3	y_{331} =49.57083	y_{232} =55.43845	y_{133} =58.76489

สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังนี้

$$\text{SSTr} = \frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p}\left(\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}\right)^2 - \frac{1}{p}\left(\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} y_{ijk}\right)^2 = 6.279654$$

$$\text{SSE} = \sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(y_{ijk} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{..k} + 2\bar{y}_{...}\right)^2 = 11.85491$$

$$\text{MSTr} = \frac{SSTr}{p-1} = 3.139827$$

$$\text{MSE} = \frac{SSE}{(p-1)(p-2)} = 5.927455$$

จากข้อมูลตัวอย่างข้างต้น สามารถนำมาสร้างข้อมูลตัวอย่างสุ่มโดยใช้การทดสอบมอนติคาร์โลด้วยอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นได้ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำข้อมูล $y_{111}, y_{112}, ..., y_{11p} ..., y_{pp1}, y_{pp2}, ..., y_{ppp}$ จากตารางมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย μ_{ijk} และค่า $\sqrt{MSE}$

μ_{111} =45.29727, μ_{312} = 48.86176, μ_{213} =50.04945,

μ_{221} =47.75308, μ_{122} =51.31757, μ_{323} =52.50526,

μ_{331} =49.70157, μ_{232} =53.26606, μ_{133} =54.45375 $\sqrt{MSE}$ = 2.434637

และคำนวณค่าสถิติของการทดสอบด้วยอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

$$\lambda = \left(\frac{1}{1+\frac{SSTr}{SSE}}\right)^{\frac{p^2}{2}}$$

$$\lambda = \left(\frac{1}{1 + \frac{6.279654}{11.85491}} \right)^{\frac{3^2}{2}} \quad = \quad 0.147659$$

ขั้นตอนที่ 2 จำลองข้อมูลตัวอย่างสุ่ม $y^*_{111}, y^*_{112}, ..., y^*_{11p}, ..., y^*_{pp1}, y^*_{pp2}, ..., y^*_{ppp}$ จากค่าเฉลี่ยในแต่ละวิธีทดลองและ $\sqrt{MSE}$ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลจะได้ชุดข้อมูลโดยยกตัวอย่างดังนี้

รอบที่ 1

ปัจจัยแถว	ปัจจัยคอลัมน์ 1	ปัจจัยคอลัมน์ 2	ปัจจัยคอลัมน์ 3	
1	y^*_{111} =38.81212	y^*_{312} =49.52821	y^*_{213} =44.00493	SSTr = 7.893235
2	y^*_{221} =48.24162	y^*_{122} =49.58123	y^*_{323} =56.02438	SSE = 40.1287
3	y^*_{331} =49.64447	y^*_{232} =56.8866	y^*_{133} =60.9537	λ^*_1 = 0.445728

รอบที่ 2

ปัจจัยแถว	ปัจจัยคอลัมน์ 1	ปัจจัยคอลัมน์ 2	ปัจจัยคอลัมน์ 3	
1	y^*_{111} =36.94388	y^*_{312} =41.46913	y^*_{213} =50.58054	SSTr = 52.69732
2	y^*_{221} =51.1503	y^*_{122} =59.56002	y^*_{323} =50.86503	SSE = 36.01843
3	y^*_{331} =52.14316	y^*_{232} =59.93675	y^*_{133} =60.50671	λ^*_2 = 0.017312

.

.

.

รอบที่ 400

ปัจจัยแถว	ปัจจัยคอลัมน์ 1	ปัจจัยคอลัมน์ 2	ปัจจัยคอลัมน์ 3	
1	y^*_{111} =40.48488	y^*_{312} =48.10626	y^*_{213} =49.8518	SSTr = 12.78605
2	y^*_{221} =48.64378	y^*_{122} =46.29144	y^*_{323} =56.86366	SSE = 17.18462
3	y^*_{331} =50.28585	y^*_{232} =53.45292	y^*_{133} =59.80202	λ^*_{400} = 0.081846

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า p-value ของตัวสถิติมอนติคาร์โลอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

P-Value = $\frac{A}{N}$, เมื่อ A เป็นจำนวน $\lambda^* \le \lambda$

P-Value = $\frac{5}{600}$

P-Value = 0.0083

ข้อตอนที่ 4 พิจารณาค่า p-value ที่ได้เทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) 0.001 0.01 และ 0.05

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ค่า p-value เท่ากับ 0.0083 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานว่าง H_0 ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 0.05 แต่ p-value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.001 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานว่าง H_0

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายมงคล ลีลาไพบูลย์ สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาสถิติประยุกต์ ภาควิชาสถิติประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2547 หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติศาสตร์มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2548