การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบเอฟและตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่ปัจจัยทดลองสุ่ม

นางสาวภัทราพร ทองนิ่ม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

A COMPARISON ON F TEST STATISTIC AND MONTE CARLO LIKELIHOOD RATIO TEST STATISTIC FOR RANDOM-EFFECT COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN

Miss Pattharaporn Thongnim

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 2008

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบเอฟและตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โล อัตราส่วนความควรจะเป็นสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่ปัจจัยทดลองสุ่ม
โดย	นางสาวภัทราพร ทองนิ่ม
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ ตันละมัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา)

มนต์ทิพย์ เทียนสุวรรณ.. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ เทียนสุวรรณ)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี)

.... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อรุณี กำลัง)

ภัทราพร ทองนิ่ม : การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบเอฟและตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่ปัจจัยทดลองสุ่ม. (A Comparison on F test Statistic and Monte Carlo Likelihood Ratio Test Statistic for Random-effect Completely Randomized Design) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา, 130 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการทดสอบสมมติฐาน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด(CRD) ซึ่งได้รับอิทธิพลเชิงสุ่ม (Random-Effect) เฉพาะกรณีที่จำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละระดับของวิธีทดลองเท่ากัน ซึ่งการทดสอบนี้ได้ทำการศึกษา 2 วิธี คือ ตัวสถิติทดสอบเอฟและตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น สามารถเขียนตัวแบบได้ คือ $Y_{ij} = \mu+\tau_i+\varepsilon_{ij}$ เมื่อ $i=1,2,\ldots,k$ และ $j=1,2,\ldots,n$ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดความคลาดเคลื่อนและวิธีทดลองเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเป็น σ_ε^2 และ σ_τ^2 ตามลำดับ การจำลองข้อมูลได้ทำการจำลองข้อมูลจากเทคนิคมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดสถานการณ์ต่างๆ ไว้ดังนี้ องค์ประกอบความแปรปรวนกำหนดให้อยู่ในรูปอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (r) เท่ากับ 0.001 0.01 0.05 0.1 1 และ 1.5 จำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 2 3 4 และ 5 จำนวนขนาดตัวอย่างเท่ากับ 2 4 6 และ 8 และสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 5% 10% 15% 20% และ 25% ที่ระดับนัยสำคัญที่ใช้ศึกษาคือ 0.01 0.05 และ 0.1 พิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทั้ง 2 วิธี ผลการวิจัยได้ดังนี้ คือ ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 0.05 และ 0.1 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นตัวและตัวสถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณีการทดสอบ การตรวจสอบอำนาจการทดสอบ เมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน มีค่าน้อยกว่า 1 มากพอ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟเกือบทุกกรณี และเมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน มีค่าเข้าใกล้ 1 หรือมากกว่า 1 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบต่ำกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟเกือบทุกกรณี อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้งสองตัวแปรผันตามอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน และระดับนัยสำคัญ อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้งสองตัวยังเห็นแนวโน้มไม่ชัดเจนเมื่อ จำนวนขนาดตัวอย่าง จำนวนวิธีทดลอง และสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เพิ่มขึ้น

ภาควิชา ......สถิติ...................... ลายมือชื่อนิสิต ......ภัทราพร ทองนิ่ม......................
สาขาวิชา ......สถิติ...................... ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....
ปีการศึกษา ......2551......................

##4982209326: MAJOR STATISTICS

KEY WORD: MONTE CARLO LIKELIHOOD RATIO TEST / COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN / TYPE 1 ERROR / POWER OF THE TEST /RANDOM-EFFECT DESIGN

PATTHARAPORN THONGNIM: A COMPARISON ON F TEST STATISTIC AND MONTE CARLO LIKELIHOOD RATIO TEST STATISTIC FOR RANDOM - EFFECT COMPLETELY RANDOMIZED DESIGN.THESIS PRINCIPAL ADVISOR: ASSOC .PROF. SUPOL DURONGWATANA, Ph.D., 130 pp.

This research is to study and compare two different methods for hypothesis testing procedures in a completely randomized design (CRD) given some random effects in which case the number of sample sizes in each treatment is identical. In this study, we focus on F-test statistic and Monte Carlo Likelihood ratio test statistic for a completely randomized design. The model can be formulated as $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ when i=1,2,…,k and j=1,2,…,n . In this study, errors and treatments are treated as random variables which obey the normal distribution and are independent of one another with 0 means and $\sigma_\varepsilon^{\ 2}$ and $\sigma_\tau^{\ 2}$ variances respectively. The software package is used to randomly generate data to be used in this study using Monte Carlo simulation technique. In this investigation, the variance components are expressed as a ratio between the error and treatment variances of the following values: 0.001,0.01,0.05,0.1 ,1 and 1.5.The investigation is done through a setting which involves the following numbers of treatments: 2 3 4 and 5, the following numbers of sample sizes: 2 4 6 8 and the following coefficients of variation: 5% 10% 15% 20% 25% at the following significance levels: 0.01 0.05 and 0.1.The proportion of type I Error and power of test are to be used as a criterion in determining the efficiency of the two statistics. The result of this study has been obtained as follows: Using Type I Error, at the significance levels of 0.01 0.05 and 0.1, Monte Carlo Likelihood ratio test statistic and F test statistic can control the proportion of type I error in all distributions. Using Power of Test, In the cases where the ratio between the treatment and error variances are significantly much smaller than 1, the Monte Carlo Likelihood ratio test statistic yields higher powers of test than the F-test statistic in most cases. However, when such ratio is near or bigger than 1, the Monte Carlo Likelihood ratio test statistic yields smaller powers of test than the F-test statistic in most cases. Power of the test of the two statistics varies according to the ratio between the treatment and error variances and significant levels. Power of the test of the two statistics does not illustrate a manifest tendency with respect to the inclement of sample size, the number of treatments and the coefficients of variation.

Department : ......Statistics............ Student's signature : Pattharaporn Thongnim

Field of study : ....Statistics............ Principal Advisor's signature : ....

Academic year : ......2008................

กิตติกรรมประกาศ

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

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระพร วีระถาวร ในฐานะประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ เทียนสุวรรณ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี และ อาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา และประสิทธิประสาทความรู้ให้แก่ผู้เขียนจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

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

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) เป็นแผนการทดลองหนึ่งของการวางแผนการทดลอง (Experimental design) ซึ่งเป็นแผนแบบการทดลองที่ง่ายและสะดวกที่สุดของการทดลองทั้งหมด เป็นแผนแบบการทดลองที่เหมาะสมกับกรณีที่หน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอคล้ายคลึงกันมาก (homogeneity) ไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยอื่นหรือแม้จะมีก็จัดว่าน้อยมาก มีการสุ่มวิธีทดลองให้กับหน่วยทดลอง และแต่ละวิธีทดลองก็ไม่จำเป็นจะต้องใช้จำนวนหน่วยทดลองเท่ากัน หรือจำนวนซ้ำเท่ากันก็ได้ (แต่มักนิยมใช้จำนวนซ้ำเท่ากันเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ) สามารถนำไปใช้ใน ด้านธุรกิจ ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม และในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ เป็นต้น

ในการศึกษาองค์ประกอบความแปรปรวน(Variance components) มีความจำเป็นและมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งกรณีเป็นตัวแบบเชิงสุ่ม (Random model) ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่ระดับของปัจจัย (Treatment) ในการทดลองถูกสุ่มมาจากระดับของปัจจัยทั้งหมดที่ทำการศึกษา มาใช้ในการทดลองเพียงบางระดับของปัจจัย โดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ σ_τ^2 และ σ_e^2

ในการทดสอบสมมติฐานโดยปกติเราจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยอาศัยตัวสถิติทดสอบเอฟ (F test) ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สามารถทดสอบสมมติฐานสำหรับพารามิเตอร์และสามารถนำมาอธิบายที่มาของผลการทดสอบได้อย่างชัดเจน ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดตามปกติใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือ การทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบเอฟ อีกวิธีหนึ่งที่ใช้ทดสอบ คือ ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (Likelihood ratio test)

การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (Likelihood ratio test) ใช้ในกรณีที่การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ตัวหนึ่ง แต่การแจกแจงของประชากรยังมีพารามิเตอร์ตัวอื่นอีกที่ยังไม่ทราบค่า และสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดนั้นการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นจะมีบทบาทสำคัญในส่วนที่เกี่ยวกับทฤษฎีการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดมาประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งตัวสถิติทดสอบด้วยอัตราส่วนความควรจะเป็นสำหรับแผนการทดลองนี้จะใช้กันมากเหมือนกับการทดสอบสมมติฐานด้วยตัวสถิติทดสอบเอฟ

การทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดนั้น มีขั้นตอนและความยุ่งยากใช้เวลาในการวิเคราะห์จึงนำวิธีมอนติคาร์โลมาช่วยแก้ปัญหาในการคำนวณ โดยการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำการศึกษาการทดสอบด้วยมอนติคาร์โลภายใต้พื้นฐานตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (Monte Carlo test Based on Likelihood ratio) ซึ่งวิธีมอนติคาร์โล เป็นการสร้างข้อมูลของตัวอย่างสุ่ม เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาในการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบ เรียกการทดสอบนี้ว่า การทดสอบมอนติคาร์โล (Monte Carlo test)โดยการศึกษาครั้งนี้จะใช้ทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นมาทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ประโยชน์จากคอมพิวเตอร์ในเรื่องการคำนวณ และเนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาความสามารถและประสิทธิภาพของโปรแกรมที่อำนวยความสะดวกต่อการคำนวณ ส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวคิดใหม่ๆ

อรไท สงวนสิทธิ์ (2545) ได้เสนอวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มีปัจจัยคงที่โดยใช้ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเปรียบเทียบกับตัวสถิติทดสอบเอฟ พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นมีอำนาจการทดสอบสูงสุด

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มีปัจจัยทดลองสุ่ม และเปรียบเทียบการทดสอบสมมติฐาน ด้วยตัวสถิติทดสอบเอฟ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของวิธีทดลองสำหรับตัวแบบปัจจัยทดลองสุ่มของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ซึ่งการทดสอบที่ได้ทำการศึกษามี 2 วิธี

1. ตัวสถิติทดสอบเอฟ
2. ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

วิธีการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) ที่อยู่ในช่วงควบคุมความผิดพลาด และให้ค่าที่น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ และมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าทุกกรณี

1.4 ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. สำหรับการวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด(CRD) ซึ่งได้รับอิทธิพลเชิงสุ่ม(Random-Effect) เฉพาะกรณีที่จำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละระดับของวิธีทดลองเท่ากัน สามารถเขียนตัวแบบได้ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ $i=1,2,\ldots,k$

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

Y_{ij} แทน ค่าสังเกตหรือข้อมูลของวิธีทดลองที่ i หน่วยตัวอย่างที่ j

μ แทน ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของ y

τ_i แทน ค่าอิทธิพลของวิธีทดลอง (Treatment effect) ที่ i

ε_{ij} แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีทดลองที่ i หน่วยตัวอย่างที่ j

k แทน ค่าจำนวนวิธีทดลอง

n แทน ค่าจำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง

2. τ_i เป็นอิทธิพลของวิธีทดลองที่ i เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนเท่ากับ σ_τ^2 ($\tau_i \sim N(0, \sigma_\tau^2)$)
3. ε_{ij} เป็นความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติและอิสระซึ่งกันและกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2 ($\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$)
4. ตัวแปรสุ่มอิทธิพลของวิธีทดลองกับตัวแปรสุ่มความคลาดเคลื่อนของการทดลองเป็นอิสระจากกัน

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. วิธีการทดสอบสมมติฐานที่ทำการศึกษา คือ
   - ตัวสถิติทดสอบเอฟ
   - ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น
2. ตัวแบบเป็นปัจจัยสุ่ม(Random-effect model) ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด กรณีที่จำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองเท่ากัน
3. ความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระซึ่งกันและกันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2
4. τ_i เป็นอิทธิพลของวิธีทดลองที่ i เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนเท่ากับ σ_τ^2

5. ตัวแบบที่นำมาศึกษา

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \qquad \text{เมื่อ } i=1,2,\ldots,k$$
$$j=1,2,\ldots,n$$

6. กำหนดจำนวนวิธีทดลองที่ต้องการศึกษา(k) = 2 3 4 และ 5
7. กำหนดขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง (n) = 2 4 6 และ 8
8. กำหนดค่าพารามิเตอร์โดยใช้หลักเกณฑ์ดังนี้
   - ค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากันทุกกลุ่ม(μ) เท่ากับ 50
   - ค่าองค์ประกอบความแปรปรวน ซึ่งในที่นี้จะกำหนดในรูป

     $$\frac{\sigma_\tau^2}{\sigma^2} = r$$

     โดย กำหนดให้ r เป็น 0.001 , 0.01 , 0.05 , 0.1 , 1 และ 1.5

     นั่นคือ $\sigma_\tau^2 = r \times \sigma^2$
   - กำหนดให้ข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation : *C.V.* %) ในระดับต่างๆดังนี้ 5% 10% 15% 20% และ 25%
9. ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ (α) ครั้งนี้เป็น 0.01 0.05 และ 0.1
10. ในการวิจัยครั้งนี้จะสร้างแบบจำลองข้อมูลโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) เขียนด้วย S-PLUS การจำลองในแต่ละสถานการณ์จะใช้การทำซ้ำ 1,000 รอบ และการสร้างตัวอย่างในตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะกระทำซ้ำ 200 รอบ

1.6 เกณฑ์ในการตัดสินใจ

ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจากค่า P-value ของตัวสถิติทดสอบเอฟและตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่จะศึกษาและคำนวณหาค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) และค่าอำนาจการทดสอบโดยจะเปรียบเทียบตัวสถิติทั้งสองวิธีว่าตัวสถิติทดสอบของวิธีใดอยู่ในช่วงควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) และให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าก็จะเป็นตัวสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานที่เหมาะสม

1. ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) คือนำค่า P-value ของทั้งสองวิธีเทียบกับระดับนัยสำคัญ(α) ที่จะศึกษา เมื่อกำหนดชุดข้อมูลให้สอดคล้องกับสมมติฐานว่างโดยการนับชุดข้อมูลที่มีการปฏิเสธสมมติฐานว่าง H_0 ต่อจำนวนชุดทั้งหมด สามารถสรุปได้ดังนี้

$$\alpha = \frac{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ทำการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง}}{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ทำการทดสอบทั้งหมด}}$$

2. อำนาจการทดสอบ(Power of the test) คือนำค่า P-value ของทั้งสองวิธีเทียบกับระดับนัยสำคัญ(α) ที่จะศึกษา เมื่อกำหนดชุดข้อมูลให้สอดคล้องกับสมมติฐานแย้งโดยการนับชุดข้อมูลที่มีการปฏิเสธสมมติฐานว่าง H_0 ต่อจำนวนชุดทั้งหมด สามารถสรุปได้ดังนี้

$$1-\beta = \frac{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ทำการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นเท็จ}}{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ทำการทดสอบทั้งหมด}}$$

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. วิธีทดลอง(Treatment) หมายถึง สิ่งทดลองที่เราสนใจศึกษา
2. หน่วยการทดลอง(Experimental unit) หมายถึง หน่วยหรือกลุ่มของหน่วยที่นำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งหน่วยทดลองแต่ละหน่วยจะได้รับวิธีทดลองที่นำมาศึกษา และนำผลที่ได้มาหาวิเคราะห์หาข้อสรุป
3. แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด(Completely randomized design : CRD) หมายถึง แผนการทดลองที่หน่วยทดลองเป็นหน่วยที่ได้จากการสุ่ม
4. ค่าสังเกต(Observation) หมายถึง ข้อมูลที่เก็บได้จากการทดลองตัวอย่าง
5. อำนาจการทดสอบ(Power of the test) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นเท็จมีค่าเท่ากับ $1-\beta$
6. ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1(Type I error) หมายถึง การปฏิเสธสมมติฐานว่าง(H_0) ที่เป็นจริงซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่เกิดค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 นี้มีค่าเท่ากับ α

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทดสอบสมมติฐาน สำหรับตัวแบบแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่ปัจจัยทดลองสุ่ม โดยใช้ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นในการทดสอบ
2. เพื่อใช้เป็นแนวทางเปรียบเทียบการทดสอบสมมติฐานด้วยตัวสถิติทดสอบเอฟและตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น และเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบสมมติฐานได้อย่างเหมาะสม

3. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการทดสอบสมมติฐานสำหรับแผนการทดลองของตัวแบบอื่นๆ ต่อไป

1.9 วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาการทดสอบสมมติฐานสำหรับตัวแบบแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่ปัจจัยทดลองสุ่ม สรุปขั้นตอนทั้งหมดไว้ดังนี้

1.9.1 ศึกษาและทำความเข้าใจในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

1.9.1.1 ตัวสถิติทดสอบเอฟ

1.9.1.2 ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

1.9.2 ศึกษาการเขียนโปรแกรมจำลองค่าสังเกตในตัวแบบที่ต้องการศึกษา

1.9.3 จำลองข้อมูลตามขอบเขตที่ต้องการศึกษา รวมทั้งเขียนโปรแกรมการทดสอบสมมติฐาน

1.9.4 สรุปผลที่ได้จากข้อมูลจำลอง

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎี

ในทางสถิติแนวการคิดของการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของวิธีทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ที่ปัจจัยทดลองสุ่ม(Random-Effect) และในการศึกษาครั้งนี้เราจะทำการศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น (Monte Carlo Likelihood Ratio Test) กับ ตัวสถิติทดสอบเอฟ(F Test) โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิติทดสอบทั้งสองวิธีเปรียบเทียบกัน ในขั้นต้นเราจะกล่าวถึงตัวแบบสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ที่ปัจจัยทดลองสุ่ม(Random-Effect) การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือตัวสถิติทดสอบเอฟและตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

2.1 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ที่ปัจจัยทดลองสุ่ม

แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดนี้เป็นแผนการทดลองที่ง่ายที่สุด เหมาะกับการทดลองที่ไม่สามารถแยกได้ว่าสิ่งทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองนี้จะแยกสาเหตุของความแปรผันของข้อมูลทั้งหมด เนื่องมาจากอิทธิพลของวิธีทดลองเพียงอย่างเดียว ไม่มีสาเหตุจากปัจจัยอื่นอีก ตามแผนการทดลองนี้แสดงว่าเมื่อหน่วยทดลองได้รับวิธีทดลองที่ต้องการทดสอบแล้ว ความแตกต่างของข้อมูลที่เก็บได้จากแต่ละหน่วยทดลองจะต้องเกิดจากอิทธิพลของวิธีทดลองที่ต่างกันเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้แผนการทดลองมีประสิทธิภาพสูงสุด หน่วยทดลองที่นำมาใช้จึงควรมีลักษณะสม่ำเสมอกันหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด หลักการสำหรับแผนการทดลองนี้คือ การจัดวิธีทดลองให้กับหน่วยทดลองจะต้องเป็นโดยสุ่ม ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการสุ่ม

เนื่องจากแผนการทดลองนี้จะได้รับอิทธิพลแบบสุ่ม (Random effect) นั่นคืออิทธิพลของวิธีทดลองที่ใช้ในการทดลองถูกสุ่มมาจากประชากรของวิธีทดลองที่มีอยู่ทั้งหมด มาใช้ในการทดลองเพียงบางวิธีทดลองเท่านั้น โดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ σ_{τ}^2 และ σ_{ε}^2 เป็นความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ที่นำมาทดลองหรือค่า องค์ประกอบความแปรปรวน (Variance component)

ตัวแบบสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ที่ปัจจัยทดลองสุ่ม(Random-Effect) มีรูปแบบเชิงเส้น (Linear model) ที่ใช้แทนค่าสังเกตแต่ละค่าในแผนการทดลองที่กำหนดขึ้น เป็นตัวแบบผลบวก (Additive model) ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ $i=1,2,\ldots,k$

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

Y_{ij} แทน ค่าสังเกตหรือข้อมูลที่ได้รับวิธีทดลองที่ i หน่วยตัวอย่างที่ j

μ แทน ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของ y

τ_i แทน ค่าอิทธิพลของวิธีทดลอง(Treatment effect) ที่ i

ε_{ij} แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีทดลองที่ i หน่วยตัวอย่างที่ j

k แทน ค่าจำนวนวิธีทดลอง

n แทน ค่าจำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง

N แทน ค่าจำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (The analysis of variance for Completely Randomized design)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลอง แสดงในตารางดังนี้

สาเหตุของความแปรปรวน	ระดับความเป็นเสรี	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F-test
วิธีทดลอง	$(k-1)$	$SSTr = n\sum_{i=1}^{k}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$	$MSTr = \frac{SSTr}{k-1}$	$F = \frac{MSTr}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	$k(n-1)$	$SSE = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$	$MSE = \frac{SSE}{k(n-1)}$	
รวม	$kn-1$	$SST = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$		

เมื่อ y_{ij} คือ ค่าสังเกตของขนาดตัวอย่างที่ j ที่ได้รับวิธีทดลองที่ i

$y_{i.}$ คือ ผลรวมของค่าสังเกตที่ได้รับวิธีทดลองที่ i = $\sum_{j=1}^{n} y_{ij}$

$\bar{y}_{i.}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตที่ได้รับวิธีทดลองที่ i

$$\bar{y}_{i.} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} y_{ij}$$

$y_{..}$ คือ ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด = $\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n} y_{ij} = \sum_{i=1}^{k} y_{i.}$

$\bar{y}_{..}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในทุกวิธีทดลอง

$$\bar{y}_{..} = \frac{1}{kn}\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n} y_{ij} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n} y_{i.}$$

SST คือ ผลบวกกำลังสองทั้งหมด(Sum Square of Totals)

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

$SSTr$ คือ ผลบวกกำลังสองของวิธีทดลอง(Sum Square of Treatment)

$$= n\sum_{i=1}^{k}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^{k}\frac{y_{i.}^2}{n} - \frac{y_{..}^2}{nk}$$

SSE คือ ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

$$= \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2 = SST\text{-}SSTr$$

k คือ จำนวนวิธีทดลอง

n คือ จำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง

<u>สมมติฐานในการทดสอบ</u> (Testing of Hypothesis)

สำหรับปัจจัยทดลองที่เป็นปัจจัยสุ่ม (random factor)

$H_0 :\quad \sigma_\tau^2 = 0$ (ความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลองเท่ากับ 0 หรืออิทธิพลของวิธีทดลองมีค่าเท่ากัน และ มีค่าเท่ากับ 0)

$H_1 :\quad \sigma_\tau^2 > 0$ (ความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลองมากกว่า 0หรืออิทธิพลของวิธีทดลองมีบางค่าที่ไม่เท่ากับ 0)

การทดสอบสมมติฐานข้างต้นนั้นจะใช้ตัวสถิติทดสอบ $F = \dfrac{MSTr}{MSE}$

<u>เกณฑ์การตัดสินใจของตัวสถิติทดสอบเอฟ</u>

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือการทดสอบเอฟ จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อค่า F จากการคำนวณมีค่ามากกว่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับนัยสำคัญ α และที่องศาความเป็นอิสระ $v_1 = k - 1$ และ $v_2 = k(n-1)$ ภายใต้สมมติฐานว่างสามารถเขียนแทนด้วย $F_{\alpha,[k-1,k(n-1)]}$ หรือพิจารณาจากค่า P-Value จะใช้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้

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

2.2 ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (The likelihood Ratio Test for Completely Randomized Design)

ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดการทดสอบสมมติฐานโดยใช้หลักเกณฑ์อัตราส่วนความควรจะเป็น(Likelihood ratio principle) สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดก่อนที่จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทดสอบมอนติคาร์โลโดยใช้ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นต่อไป

การหาค่าตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นในแผนแบบการทดลองแบบสุ่มตลอดที่ได้รับอิทธิพลของวิธีทดลองสุ่มมีรายละเอียดดังนี้

เนื่องจาก Searle, Cassella และ McCalloch

ทราบว่า $\widetilde{y} \sim N(\mu \widetilde{1}_{N}, {}_{d}\{\sigma_e^2 I_n + \sigma_t^2 J_n\})$

กำหนดให้ $V = {}_{d}\{\sigma_t^2 J_n + \sigma_e^2 I_n\}$

เมื่อ d แสดงความเป็นเมทริกซ์เส้นทแยงมุม

J_n เมทริกซ์จัตุรัสขนาด n×n มีสมาชิกทุกตัวเป็น 1

พบว่า $y_{11}, y_{12}, \ldots, y_{1n}, y_{21}, \ldots, y_{kn}$ เป็นตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่เป็นอิสระจากกันดังนั้นสามารถเขียนฟังก์ชันความควรจะเป็น(Likelihood function) ได้ดังต่อไปนี้

$$L = L(\mu, V|\widetilde{y}) = \frac{\exp[-\frac{1}{2}(\widetilde{y} - \mu \widetilde{1}_N)' V^{-1} (\widetilde{y} - \mu \widetilde{1}_N)]}{(2\pi)^{N/2}|V|^{1/2}} \qquad \text{โดยที่ } N = kn$$

พารามิเตอร์ในที่นี้คือ μ , σ_e^2 และ σ_t^2

กรณีที่ศึกษาในงานวิจัยนี้คือข้อมูลสมดุล (Balanced data)

เมื่อกำหนดให้ Ω แทนสเปซของพารามิเตอร์

ω แทนเซตย่อยของ Ω ที่กำหนด (specified) โดย H_0

$L(\Omega)$ แทนฟังก์ชันความควรจะเป็น (Likelihood function) เมื่อ $\widetilde{\theta} \in \Omega$

$L(\omega)$ แทนฟังก์ชันความควรจะเป็น (Likelihood function) เมื่อ $\widetilde{\theta} \in \omega$

$L(\hat{\Omega})$ แทนค่าสูงสุดของ $L(\Omega)$ ซึ่งเป็นค่าของฟังก์ชันความควรจะเป็นเมื่อแทนค่า $\widetilde{\theta}$ ด้วยตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimator)

$L(\hat{\omega})$ แทนค่าสูงสุดของ $L(\hat{\omega})$ ซึ่งเป็นค่าของฟังก์ชันความควรจะเป็นเมื่อแทนค่า $\widetilde{\theta}$ ด้วยตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimator)

<u>อัตราส่วนความควรจะเป็น (likelihood ratio) ที่นำมาใช้เป็นตัวสถิติทดสอบ</u> คือ

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

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

<u>ขั้นตอนการหาตัวสถิติของการทดสอบด้วยอัตราส่วนความควรจะเป็น</u>

วิธีการหาอัตราส่วนความควรจะเป็นสำหรับแผนการทดลอง CRD ในกรณีปัจจัยสุ่มมีขั้นตอนดังนี้

1. หาตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดของ $L(\Omega)$ ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของ Ω นั่นคือ $-\infty < \mu_i < \infty$, $0 < \sigma_e^2 < \infty$ และ $0 < \sigma_t^2 < \infty$
   โดยใช้สัญลักษณ์แทนด้วย $L(\hat{\Omega})$
2. หาตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดของ $L(\Omega)$ ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของสมมติฐานว่าง H_0 โดยใช้สัญลักษณ์แทนด้วย $L(\hat{\omega})$
3. หาอัตราส่วนความควรจะเป็นที่นำมาใช้ในการทดสอบ
$$\lambda = \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})}$$
4. หาจุดวิกฤตหรือเกณฑ์การตัดสินใจ ในการทดสอบนี้จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ λ มีค่าน้อยเกินไป นั่นคือ $\lambda < \lambda_0$ โดยที่ λ_0 เป็นค่าคงที่ และ $0 < \lambda_0 < 1$

<u>ในการหาตัวสถิติอัตราส่วนความควรจะเป็นด้วยขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น จะได้ดังนี้</u>

เนื่องจาก $L = L(\mu, V|\tilde{y}) = \dfrac{\exp[-\frac{1}{2}(\tilde{y} - \mu \tilde{1}_N)' V^{-1} (\tilde{y} - \mu \tilde{1}_N)]}{(2\pi)^{N/2} |V|^{1/2}}$

1. หาตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดสำหรับพารามิเตอร์ μ , σ_e^2 และ σ_t^2 ของ $L(\hat{\Omega})$ ภายใต้ปริภูมิพารามิเตอร์ $-\infty < \mu < \infty$, $0 < \sigma_e^2 < \infty$ และ $0 < \sigma_t^2 < \infty$

จาก Searle, Cassella และ McCalloch พบว่า $(aI_n + bJ_n)^{-1} = \frac{1}{a}(I_n - \frac{b}{a+bn} J_n)$

เมื่อ $a \neq 0$ และ $a \neq -nb$

และยังพบว่า $|aI_n + bJ_n| = a^{n-1}(a - nb)$

เนื่องจาก $V =_d \{\sigma_\tau^2 J_n + \sigma_e^2 I_n\}$

ซึ่งเป็นการแทนค่า $a = \sigma_e^2 \quad b = \sigma_\tau^2$

จะได้ว่า

$$V^{-1} =_d \{\frac{1}{\sigma_e^2}(I_n - \frac{\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2} J_n)\}$$

และ $$|V| = \prod_{i=1}^{k}(\sigma_e^2)^{n-1}(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2) = \sigma_e^{2\sum_{i=1}^{k}(n-1)} \prod_{i=1}^{k}(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)$$

แทนค่า V^{-1} และ $|V|$ ใน $L(u,V|\tilde{y})$ ได้ฟังก์ชันความควรจะเป็นดังนี้

$$L(u,V|\tilde{y}) = \frac{\exp[-\frac{1}{2}(\tilde{y} - \mu\tilde{1}_N)'_d\{\frac{1}{\sigma_e^2}(I_n - \frac{\sigma_\tau^2}{(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)} J_n)\}(\tilde{y} - \mu\tilde{1}_N)]}{(2\pi)^{N/2}\{\sigma_e^{2\sum(n-1)} \prod(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)\}^{1/2}}$$

เมื่อ $N = kn$ สมการลอการิทึมของฟังก์ชันความควรจะเป็น ได้สมการดังต่อไปนี้

$$l = \log L = \log\{ L(u,V|\tilde{y}) \}$$
$$= -\frac{1}{2} N \log(2\pi) - \frac{1}{2}(N-k)\log\sigma_e^2 - \frac{k}{2}\log(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)$$
$$\frac{\sum\sum(y_{ij} - \mu)^2}{2\sigma_e^2} + \frac{1}{2\sigma_e^2}\sum_i \frac{\sigma_\tau^2 n^2}{\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2}(\bar{y}_{i.} - \mu)^2$$
$$= -\frac{1}{2} N \log(2\pi) - \frac{1}{2} k(n-1)\log\sigma_e^2 - \frac{k}{2}\log(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)$$

$$-\frac{\sum\sum(y_{ij} - \mu)^2}{2\sigma_e^2} + \frac{\sigma_\tau^2 n^2}{2\sigma_e^2(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)}\sum_i(\bar{y}_{i.} - \mu)^2 \quad (1)$$

เนื่องจากใน 2 เทอมสุดท้าย ในสมการที่ (1) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$-\frac{\sum\sum(y_{ij} - \mu)^2}{2\sigma_e^2} + \frac{\sigma_\tau^2 n^2}{2\sigma_e^2(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)}\sum_i(\bar{y}_{i.} - \mu)^2$$
$$= -\frac{1}{2\sigma_e^2}[\sum\sum(y_{ij} - \mu)^2 - \frac{n\sigma_\tau^2}{(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)}\sum_i n(\bar{y}_{i.} - \mu)^2] \quad (2)$$

เมื่อพิจารณา $\sum\sum(y_{ij} - \mu)^2 = \sum\sum(y_{ij} - \bar{y}_{i.} + \bar{y}_{i.} - \mu)^2$

$$= \sum\sum(y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2 + \sum\sum(\bar{y}_{i.} - \mu)^2 + 2\sum\sum(y_{ij} - \bar{y}_{i.})(\bar{y}_{i.} - \mu)$$

และพิจารณา $\sum_i n(\bar{y}_{i.} - \mu)^2 = \sum_i n(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..} + \bar{y}_{..} - \mu)^2$ พบว่า

$$\sum_i n(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..} + \bar{y}_{..} - \mu)^2 = \sum_i n(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 + \sum n(\bar{y}_{..} - \mu)^2 + 2\sum n(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})(\bar{y}_{..} - \mu)$$

ต่อจากนั้นนำค่า $\sum\sum(y_{ij} - \mu)^2$ และ $\sum_i n(\bar{y}_{i.} - \mu)^2$ ที่หาได้แทน ในสมการที่ (2) ได้ดังนี้

$$= -\frac{1}{2\sigma_e^2}[\sum\sum(y_{ij} - \mu)^2 - \frac{n\sigma_\tau^2}{(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)}\sum_i n(y_{i.} - \mu)^2]$$

$$= -\frac{1}{2\sigma_e^2}[\sum\sum(y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2 + \sum\sum(\bar{y}_{i.} - \mu)^2 - \frac{n\sigma_\tau^2}{(\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2)} n\sum_i(\bar{y}_{i.} - \mu)^2]$$

$$= -\frac{1}{2\sigma_e^2}[SSE + (1 - \frac{n\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2})(n\sum_i(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..} + \bar{y}_{..} - \mu)^2)]$$

$$= -\frac{1}{2\sigma_e^2}[SSE + (\frac{\sigma_e^2}{\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2})(n\sum_i(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 + n\sum_i(\bar{y}_{..} - \mu)^2)]$$

$$= -\frac{1}{2\sigma_e^2}[SSE + (\frac{\sigma_e^2}{\sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2})[SSTr + kn(\bar{y}_{..} - \mu)^2]] \qquad (3)$$

แทนค่าสมการที่ (3) ในสมการที่ (1) โดยกำหนดให้ $\lambda = \sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2$

$$l = -\frac{1}{2}N\log(2\pi) - \frac{1}{2}k(n-1)\log\sigma_e^2 - \frac{k}{2}\log\lambda - \frac{SSE}{2\sigma_e^2} - \frac{SSTr}{2\lambda} - \frac{kn(\bar{y}_{..} - \mu)^2}{2\lambda}$$

หาอนุพันธ์ย่อย สมการลอการีทึมของฟังก์ชันความควรจะเป็นเทียบกับพารามิเตอร์ μ, σ_e^2 และ λ แล้วกำหนดให้เท่ากับ 0 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial l}{\partial\mu} = \frac{2kn(\bar{y}_{..} - \mu)(-1)}{2\lambda} = \frac{kn(\bar{y}_{..} - \mu)}{\lambda} = 0 \qquad (4)$$

$$\frac{\partial l}{\partial\sigma_e^2} = \frac{k(n-1)}{2\sigma_e^2} + \frac{SSE}{2\sigma_e^2} = \frac{k(n-1)}{2\sigma_e^2}[\sigma_e^2 - \frac{SSE}{k(n-1)}] = 0 \qquad (5)$$

$$\frac{\partial l}{\partial\lambda} = \frac{k}{2\lambda} + \frac{SSTr}{2\lambda^2} + \frac{kn(\bar{y}_{..} - \mu)^2}{2\lambda^2} = 0 \qquad (6)$$

จากสมการที่ (4)

$$\frac{kn(\bar{y}_{..} - \mu)}{\lambda} = 0$$

จะได้ $kn(\bar{y}_{..} - \mu) = 0$

นั่นก็คือ $kn\bar{y}_{..} = kn\mu$

เพราะฉะนั้นจะได้ $\mu = \bar{y}_{..}$ (7)

จากสมการที่ (6)

$$\frac{k\lambda + SSTr + kn(\bar{y}_{..} - \mu)^2}{2\lambda^2} = 0$$

จะได้ $k\lambda = SSTr + kn(\bar{y}_{..} - \mu)^2$

แทนค่าสมการที่ (7) ลงไป

$$\therefore \hat{\lambda} = \frac{SSTr}{k} + n(\bar{y}_{.} - \bar{y}_{..}) = \frac{SSTr}{k}$$

เพราะฉะนั้นจะได้ $\hat{\lambda} = (\frac{k-1}{k})MSTr$ (8)

จากสมการที่ (5)

$$\frac{k(n-1)}{2\sigma_e^2}[\sigma_e^2 - \frac{SSE}{k(n-1)}] = 0$$

จะได้ $\frac{SSE}{2\sigma_e^2} = \frac{k(n-1)}{2}$

เพราะฉะนั้นเราจะได้ $\hat{\sigma}_e^2 = \frac{SSE}{k(n-1)} = MSE$ (9)

เนื่องจากทราบว่า $\lambda = \sigma_e^2 + n\sigma_\tau^2$

เพราะฉะนั้นเราจะได้ $\sigma_\tau^2 = \frac{\lambda - \sigma_e^2}{n}$

ดังนั้นจะได้ว่า $\hat{\sigma}_\tau^2 = \frac{\hat{\lambda} - \hat{\sigma}_e^2}{n} = \frac{(1-\frac{1}{k})MSTr - MSE}{n}$ (10)

แทนค่า μ, σ_e^2 และ σ_τ^2 ลงในสมการได้ค่า $L(\hat{\Omega})$ ดังนี้

$$L(\hat{\Omega}) = \frac{\exp(-\frac{SST}{2MSE} + \frac{1}{2MSE}\sum_i [(\frac{(1-\frac{1}{k})MSTr - MSE}{n(1-\frac{1}{k})MSTr})(\bar{y}_{i.} - n\bar{y}_{..})^2])}{(2\pi)^{N/2} MSE^{\frac{1}{2}(N-k)} \prod_{i=1}^{k}\sqrt{\frac{SSTr}{k}}} \quad (*)$$

2. หาตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดสำหรับพารามิเตอร์ μ, σ_e^2 และ σ_τ^2 ของ $L(\hat{\omega})$ ภายใต้ข้อกำหนดของ H_0

จะหาค่าของ $L(\hat{\omega})$ ภายใต้ข้อกำหนดของ H_0

จะได้ $V = \begin{bmatrix} \sigma_e^2 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \sigma_e^2 \end{bmatrix}_{N \times N}$

นั่นก็คือ $V^{-1} = \begin{bmatrix} 1/\sigma_e^2 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & 1/\sigma_e^2 \end{bmatrix}_{N \times N} = \frac{1}{\sigma_e^2} I_N$

และ $|V| = (\sigma_e^2)^N$

แทนค่า V^{-1} และ $|V|$ ใน $L(u,V|\tilde{y})$ ได้ดังนี้

$$L(u,V|\tilde{y}) = \frac{\exp(-\frac{1}{2}(\tilde{y}-\mu\tilde{1}_N)'\frac{1}{\sigma_e^2}I_N(\tilde{y}-\mu\tilde{1}_N))}{(2\pi)^{N/2}\sigma_e^N}$$

$$= \frac{\exp(-\frac{1}{2\sigma_e^2}\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\mu)^2)}{(2\pi)^{N/2}\sigma_e^N}$$

หาอนุพันธ์ย่อย สมการลอการิทึมของฟังก์ชันความควรจะเป็นเทียบกับพารามิเตอร์ μ, σ_e^2 และ λ แล้วกำหนดให้เท่ากับ 0 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial L}{\partial \mu} = \frac{\exp(-\frac{1}{2\sigma_e^2}\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\mu)^2).\frac{1}{\sigma_e^2}\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\mu)}{(2\pi)^{N/2}(\sigma_e^2)^N} = 0$$

$$\therefore \sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\mu) = 0$$

จะได้ $\mu = \bar{y}_{..}$ (11)

$\frac{\partial L}{\partial \sigma_e^2} = 0$ จะได้

$$\frac{(2\pi)^{N/2}(\sigma_e^2)^{N/2}.\exp(-\frac{1}{2\sigma_e^2}\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\mu)^2.\frac{1}{2\sigma_e^2}\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\mu)^2) - \exp(-\frac{1}{2\sigma_e^2}\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\mu)^2)(2\pi)^{N/2}\frac{N}{2}(\sigma_e^2)^{\frac{N-2}{2}}}{(2\pi)^N(\sigma_e^2)^N}$$

เท่ากับ 0 นั่นก็คือ

$$\sigma_e^{N-4}\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\mu)^2 - N\sigma_e^{N-2} = 0$$

$$\sigma_e^{N-4}(\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\mu)^2 - N(\sigma_e^2)) = 0$$

แทน (11) ในสมการ ได้ดังนี้

$$\sigma_e^2 = \frac{\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij}-\bar{y}_{..})^2}{N} = \frac{SST}{N}$$

แทนค่า μ, σ_e^2 ลงในสมการได้ค่า $L(\hat{\omega})$ ได้ดังนี้

$$L(\hat{\omega}) = \frac{\exp[\ \frac{1}{2}\frac{N}{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \bar{y})^2}\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \bar{y})^2]}{(2\pi)^{N/2}(\frac{SST}{N})^{N/2}}$$

$$L(\hat{\omega}) = \frac{e^{-N/2}}{(\frac{2\pi SST}{N})^{N/2}} \qquad (**)$$

3. แทนค่าหาตัวสถิติอัตราส่วนความควรจะเป็น(likelihood ratio test)

นั่นก็คือหาค่า

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

$$\lambda = \frac{(kn)^{\frac{kn}{2}}}{e^{\frac{kn}{2}}(2\pi SST)^{\frac{kn}{2}}} \times \frac{(2\pi)^{\frac{kn}{2}} MSE^{\frac{1}{2}(kn-k)} \prod_{i=1}^{k}\sqrt{\frac{SSTr}{k}}}{e^{\frac{kn}{2} - \frac{SSTr}{2MSE} + \frac{1}{2MSE}\sum_{i=1}^{k}[(\frac{(1-\frac{1}{k})MSTr - MSE}{n(1-\frac{1}{k})MSTr})(y_{i\cdot} - n\bar{y})^2]}}$$

$$\lambda = (\frac{kn}{SST})^{\frac{kn}{2}} \times \frac{MSE^{\frac{1}{2}(kn-k)}(\prod_{i=1}^{k}\sqrt{\frac{SSTr}{k}})}{e^{\frac{kn}{2} - \frac{SSTr}{2MSE} + [\frac{F}{2nMSTr} - \frac{k}{2n(k-1)MSTr}](nSSTr)}}$$

$$\lambda = (\frac{kn}{SST})^{\frac{kn}{2}} \times \frac{MSE^{\frac{1}{2}(kn-k)}(\prod_{i=1}^{k}\sqrt{\frac{SSTr}{k}})}{e^{\frac{kn}{2} - \frac{SSTr}{2MSE} + [\frac{F}{2nMSTr} - \frac{k}{2nSSTr}](nSSTr)}}$$

$$\lambda = (\frac{kn}{SST})^{\frac{kn}{2}} \times \frac{MSE^{\frac{1}{2}(kn-k)}(\prod_{i=1}^{k}\sqrt{\frac{SSTr}{a}})}{e^{\frac{kn}{2} - \frac{SSTr}{2MSE} + \frac{F(k-1)-k}{2}}}$$

$$\lambda = (\frac{kn}{SST})^{\frac{kn}{2}}[\frac{SSTr}{k}]^{\frac{k}{2}}[\frac{MSE^{\frac{1}{2}(kn-k)}}{e^{\frac{kn}{2} + \frac{1}{2}(F(k-1)-k) - \frac{SST\ F}{MSTr}}}]$$

$$\lambda = (\frac{kn}{SST})^{\frac{kn}{2}}[\frac{SSTr}{k}]^{\frac{k}{2}}[\frac{MSE^{\frac{1}{2}(kn-k)}}{e^{-\frac{1}{2}[F(k-1)-k(n-1)(\frac{SSTr}{SSE}-1)]}}]$$

$$\lambda = (\frac{kn}{SST})^{\frac{kn}{2}}[\frac{SSTr}{k}]^{\frac{k}{2}}[\frac{MSE^{\frac{1}{2}(kn-k)}}{e^{-\frac{1}{2}[F(k-1)-k(n-1)[1+\frac{(k-1)F}{k(n-1)}-1]]}}]$$

$$\lambda = (\frac{kn}{SST})^{\frac{kn}{2}}[\frac{SSTr}{k}]^{\frac{k}{2}}[\frac{MSE^{\frac{1}{2}(kn-k)}}{e^{-\frac{1}{2}[F(k-1)-(k-1)F]}}]$$

$$\lambda = (\frac{kn}{SST})^{\frac{kn}{2}}[\frac{SSTr}{k}]^{\frac{k}{2}}[\frac{MSE^{\frac{1}{2}(kn-k)}}{e^{0}}]$$

$$\lambda = (\frac{knMSE}{SST})^{\frac{kn}{2}}[\frac{SSTr}{kMSE}]^{\frac{k}{2}}$$

$$\lambda = [\frac{knMSE}{SST}]^{\frac{kn}{2}}[\frac{(k-1)F}{k}]^{\frac{k}{2}}$$

เพราะฉะนั้นจะได้ $\lambda = [\frac{kn}{k(n-1)+(k-1)F}]^{\frac{kn}{2}}[\frac{(k-1)F}{k}]^{\frac{k}{2}}$

4. ทำการตรวจสอบตัวสถิติอัตราส่วนความควรจะเป็น

กำหนดให้ $\lambda = [\frac{kn}{k(n-1)+(k-1)F}]^{\frac{kn}{2}}[\frac{(k-1)F}{k}]^{\frac{k}{2}}$

<u>พิสูจน์</u> จะแสดงว่า $0 \le \lambda \le 1$

พิจารณา ที่ค่า F ต่างๆ λ เป็นอะไรได้บ้าง

เมื่อ $F = 0$ จะได้ $\lambda = 0$

เมื่อ $F \to \infty$ ก็คือ $\lim_{F \to \infty} \frac{(kn)^{\frac{kn}{2}}(k-1)^{\frac{k}{2}}/k^{\frac{k}{2}}}{(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}}}.(F^{\frac{1}{n}})^{\frac{kn}{2}}$

$$=\lim_{F\to\infty}[(kn)^{\frac{kn}{2}}(k-1)^{\frac{k}{2}}/k^{\frac{k}{2}}][\frac{F^{\frac{1}{k}}}{k(n-1)+(k-1)F}]^{\frac{kn}{2}} = 0$$

พิจารณา หาค่า $\lambda_{max} = \frac{\partial \lambda}{\partial F} = 0 =$

$$[(kn)^{\frac{kn}{2}}(k-1)^{\frac{k}{2}}/k^{\frac{k}{2}}][(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}}\frac{k}{2}F^{\frac{k}{2}-1} - F^{\frac{k}{2}}\frac{kn}{2}(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}-1}(k-1)]$$

$$\therefore [(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}}\frac{k}{2}F^{\frac{k}{2}-1} - F^{\frac{k}{2}}\frac{kn}{2}(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}-1}(k-1)]=0$$

$$\frac{k}{2}[k(n-1)+(k-1)F]^{\frac{kn}{2}-1}F^{\frac{k}{2}-1}[k(n-1)+(k-1)F-nF(k-1)]=0$$

$$\frac{k}{2}[k(n-1)+(k-1)F]^{\frac{kn}{2}-1}F^{\frac{k}{2}-1}[k(n-1)+F(k-1)(1-n)]=0$$

จะได้ $F = \frac{k(n-1)}{(k-1)(n-1)} = \frac{k}{k-1}$ นำไปแทนค่าใน λ

$$\therefore \lambda = [\frac{kn}{k(n-1)+k}]^{\frac{kn}{2}}[1]^{\frac{k}{2}} = [\frac{kn}{kn-k+k}]^{\frac{kn}{2}}[1]^{\frac{k}{2}} = 1$$

สรุปได้ว่า $0 \le \lambda \le 1$

2.3 การทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น (Monte Carlo Likelihood Ratio Test Statistic)

การทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เป็นการสร้างข้อมูลตัวอย่างสุ่มจากตัวแบบตามค่าพารามิเตอร์และนำข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างนั้นไปคำนวณค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น จะกระทำตามกระบวนการนี้ซ้ำๆ กันจนกว่าจะครบตามที่กำหนดไว้ (1,000 รอบ) การคำนวณค่าสถิติทดสอบของวิธีมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ภายใต้สถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นมีขั้นตอนดังนี้

1. จากข้อมูลตัวอย่างสุ่ม $\{y_{i1}, y_{i2}, ..., y_{in}\}$ ที่ได้จากวิธีการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบเอฟคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละวิธีทดลองและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมทั้งคำนวณหาค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (λ) จากข้อมูลของตัวอย่างสุ่มแต่ละรอบ โดยคำนวณได้ดังนี้

$$\lambda = [\frac{kn}{k(n-1)+(k-1)F}]^{\frac{kn}{2}}[\frac{(k-1)F}{k}]^{\frac{k}{2}}$$

2. สร้างชุดข้อมูลขึ้นมาใหม่ $\{y^*_{i1}, y^*_{i2}, ..., y^*_{n}\}$ จากค่าเฉลี่ยในแต่ละวิธีทดลองและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้จากข้อ 1. ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลกระทำซ้ำตามจำนวนรอบที่กำหนด พร้อมทั้งคำนวณค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (λ^*) จากข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่แต่ละรอบ

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (λ^*) จากข้อมูลที่สร้างขึ้นมาแต่ละรอบ

จำนวนรอบ	ค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น
1	λ^*_1
2	λ^*_2
3	λ^*_3
.	.
.	.
.	.
200	λ^*_{200}

3. คำนวณค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นได้ดังนี้

$$\text{P-value} = \frac{Number\,\lambda^* < \lambda}{M}$$

เมื่อ M เป็นจำนวนรอบทั้งหมดที่สร้างข้อมูลขึ้นมาใหม่ (200 รอบ)

4. นำค่า P-value ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่ศึกษา แล้วทำการสรุปผลการทดสอบ

2.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

การเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มีปัจจัยทดลองเป็นปัจจัยสุ่มระหว่างตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะทำการพิจารณาโดยใช้การเปรียบเทียบจากค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และใช้การเปรียบเทียบจากอำนาจการทดสอบของตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ทั้ง 2 วิธี

โดยมีเงื่อนไขในการพิจารณาดังนี้ ถ้าตัวสถิติทดสอบของวิธีใดอยู่ในช่วงควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่น้อยกว่า และมี

อำนาจของการทดสอบสูงกว่าก็จะถือว่าเป็นตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานที่เหมาะสมสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มีปัจจัยทดลองเป็นปัจจัยสุ่ม

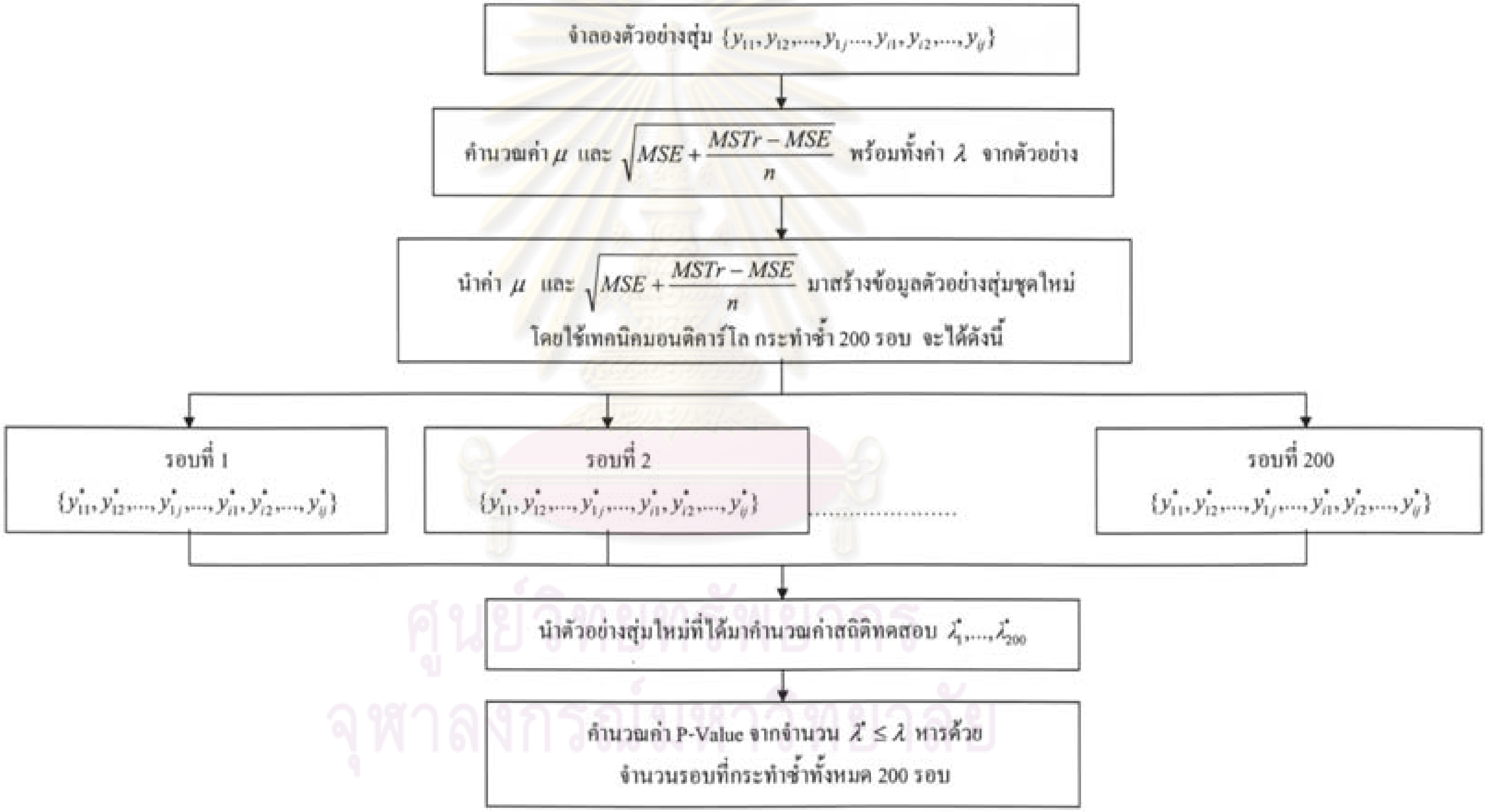
เมื่อกำหนดให้สมมติฐานว่างเป็นจริงจะสามารถหาค่าจากสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง ได้จาก

$$\text{ค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง} = \frac{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง}}{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ทำการทดสอบทั้งหมด}}$$

และ เมื่อกำหนดให้สมมติฐานว่างเป็นเท็จจะสามารถหาค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ ได้จาก

$$\text{ค่าอำนาจการทดสอบตัวสถิติ} = \frac{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง}}{\text{จำนวนชุดข้อมูลที่ทำการทดสอบทั้งหมด}}$$

รูปที่ 2.1 แผนขั้นตอนของการทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งต้องการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการทดสอบสมมติฐาน เกี่ยวกับความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลอง สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มีปัจจัยทดลองสุ่ม เมื่อข้อมูลเป็นแบบสมดุล(Balanced data) ด้วยตัวสถิติทดสอบ 2 วิธี คือ ตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น โดยสร้างความคลาดเคลื่อนและอิทธิพลของวิธีทดลองให้มีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2 และ σ_τ^2 ตามลำดับ ซึ่งการจำลองข้อมูลในแต่ละสถานการณ์จะใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) โดยใช้โปรแกรม s-plus 2000 ซึ่งมีรายละเอียดของวิธีการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

- การจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล
- แผนการดำเนินการวิจัย
- ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย
- แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

3.1 การจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคมอนติคาร์โลเป็นเทคนิคที่ใช้ตัวเลขสุ่มมาช่วยในการแก้ปัญหาและช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ยังไม่แน่ใจในผลที่จะเกิดขึ้นซึ่งถูกนำมาใช้เป็นเวลานานมากแล้วและยังคงเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และได้มีการพัฒนาในการแก้ปัญหาต่างๆ เช่น สาขาการวิจัยดำเนินงาน สาขาด้านคณิตศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้าง ข้อมูลที่มีการแจกแจงประชากรแบบปกติ โดยใช้ฟังก์ชันที่มีอยู่ในโปรแกรมสำเร็จรูป s-plus 2000 คือ rnorm(*n,mean,sd*)

เมื่อ *n* คือ ขนาดตัวอย่างที่ต้องการ

mean คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ)

sd คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

กรณีที่มีจำนวนวิธีทดลองที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ *k* และมีจำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองเท่ากับ *n* สามารถผลิตเลขสุ่ม Y_{ij} ได้ตามตัวแบบ $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ โดยที่ i=1,2,…,k และ j=1,2,…,n เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลเชิงสุ่ม(Random-effect) ดังนั้นการ

ผลิต $\tau_i \sim N(0,\sigma_\tau^2)$ได้จากฟังก์ชันสำเร็จรูป morm($k,0,sqrt(\sigma_\tau^2)$) และการผลิต $\varepsilon_{ij} \sim N(0,\sigma_e^2)$ สามารถทำได้ในทำนองเดียวกันในรูปฟังก์ชัน morm($k*n,0,sqrt(\sigma_e^2)$) โดยที่ μ,σ_τ^2 และ σ_e^2 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ได้กำหนดไว้แล้ว

ซึ่งวิธีนี้เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้ตัวเลขสุ่ม (Random Number) ที่มีการแจงแจงสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) ในช่วง (0,1) มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา มีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างตัวเลขสุ่ม(generate random number) จะกำหนดให้มีการแจกแจงสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) ในช่วง (0,1) และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน จากนั้นนำตัวเลขสุ่มไปสร้างตัวแปรตามลักษณะที่ต้องการในปัญหาที่ศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลของปัญหานั้นๆ

ขั้นที่ 2 การประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษาโดยใช้ตัวเลขสุ่ม ขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับปัญหาที่ต้องการศึกษา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในการหาค่าต่าง ๆ ตามปัญหาที่ต้องการตามสูตรการคำนวณของปัญหาที่ศึกษา บางปัญหาอาจใช้ตัวเลขสุ่มโดยตรง ในขณะที่บางปัญหาอาจต้องใช้ขั้นตอนอื่นอีกหลายขั้นตอน โดยที่มีการใช้เลขสุ่มในบางขั้นตอนเท่านั้น

ขั้นที่ 3 การทดลองการกระทำ เมื่อประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษาโดยใช้ตัวเลขสุ่มแล้วนั้นขั้นต่อไปคือการทดลอง โดยใช้กระบวนการของเลขสุ่ม (Random Process) มากระทำวิธีการนั้นซ้ำๆ กัน(replication) จำนวนหลายๆ ครั้ง โดยถือว่าการทำซ้ำ ๆ กันนั้นเป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มีจำนวนมากเพื่อลดความไม่แน่นอนของคำตอบ

เลขสุ่มที่ผลิตได้จากเทคนิคมอนติคาร์โล จะมีคุณสมบัติ ดังนี้

- ตัวเลขสุ่มที่ได้มีการกระจายความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอและเป็นอิสระซึ่งกันละกัน
- อนุกรมของตัวเลขที่ได้สามารถสร้างซ้ำเดิมได้(reproducible)และตัวเลขไม่ซ้ำเดิมในช่วงที่ต้องการ ใช้ตัวเลขแบบสุ่ม
- ใช้ระยะเวลาสั้นๆ ในการสร้างตัวเลขแบบสุ่ม

และประโยชน์ของตัวเลขที่ได้มีดังต่อไปนี้

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

- ใช้หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์น้อยและประหยัดเวลาในการสร้างตัวเลขแบบสุ่ม

จากหลักการของเทคนิคมอนติคาร์โล จะเห็นว่าจากการใช้ตัวเลขสุ่มเพื่อเป็นพื้นฐานในการหาคำตอบของปัญหา เป็นวิธีการที่จะนำไปสู่แนวคิดในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ โดยเฉพาะทฤษฎีความน่าจะเป็นที่จะนำไปสู่การอ้างอิงผลสรุปในสถานการณ์ของข้อมูลจริงเพราะไม่มีผลกระทบจากเรื่องอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้องในการทดลองเมื่อทำซ้ำเป็นจำนวนมากๆ แล้วความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มที่เกิดจากการวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ในแต่ละครั้งจะหมดไป (Counter balance)

3.2 แผนการดำเนินการวิจัย

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ต่างๆที่จะทำการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลอง สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มีปัจจัยทดลองสุ่ม ด้วยตัวสถิติทดสอบ 2 วิธี คือตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ไว้ดังนี้

3.2.1 อิทธิพลของวิธีทดลองที่สนใจศึกษา ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มีปัจจัยทดลองสุ่ม

3.2.2 จำนวนวิธีทดลองในแผนการทดลอง คือ 2 3 4 และ 5

3.2.3 ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง คือ 2 4 6 และ 8

3.2.4 ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร คือ 50

3.2.5 การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่ศึกษาในแผนการทดลอง มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวน เท่ากับ σ_e^2

3.2.6 การแจกแจงของอิทธิพลของวิธีทดลองที่ศึกษาในแผนการทดลอง มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_e^2 หรือความแปรปรวนของวิธีทดลอง เท่ากับ $r\sigma_e^2$ (เนื่องจากกำหนดความสัมพันธ์อยู่ในรูป $\frac{\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2} = r$)

โดย กำหนดให้ r แบ่งเป็น 6 ระดับ ดังนี้ คือ

$r = 0.001$, 0.01 , 0.05 , 0.1 , 1 และ 1.5

3.2.7 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation) มี 6 ระดับ คือ 5% 10% 15% 20% และ 25% กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันและค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง กล่าวคือ

$$C.V.\% = \frac{\sqrt{\sigma_\tau^2 + \sigma_e^2}}{\mu} \times 100$$

$$\sigma_e^2 = \frac{(C.V. \times \mu)^2}{r+1}$$

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\frac{(c.v.\times\mu)^2}{r+1}}$$

3.2.8 ระดับนัยสำคัญของการทดสอบในแผนการทดลอง คือ 0.01 0.05 และ 0.1

3.2.9 สำหรับการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะกระทำการสร้างตัวอย่างสุ่มซ้ำ 200 รอบ

3.2.10 กำหนดการกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็น 1,000 รอบ เนื่องจากในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองทำการทดสอบโดยใช้การกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็นจำนวน 400 600 800 1,000 และ1,500 ตัวอย่าง พบว่าผลการทดลองที่ได้จากระดับการกระทำซ้ำที่ 1,000 1,500 ใกล้เคียงกันมากจนแทบไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกการกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์เป็น 1,000 รอบ เพื่อเป็นการลดความสิ้นเปลืองในการทำงาน

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 สร้างการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน (ε_{ij})ในแผนการทดลอง ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

3.3.2 สร้างการแจกแจงของอิทธิพลของวิธีทดลอง (τ_i) ในแผนการทดลอง ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

3.3.3 การสร้างข้อมูลตามตัวแบบจากแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

3.3.4 คำนวณค่าสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี

3.3.5 การหาค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) และ ค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิติทดสอบ ทั้ง 2 วิธี

3.3.6 เปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error)และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี

ซึ่งรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

3.3.1 สร้างการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน (ε_{ij}) ตามที่กำหนดในแผนการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ จะใช้ฟังก์ชัน rnorm (*k*n*, μ ,*sd*) ของโปรแกรม S-PLUS 2000 ทำการสร้างการแจกแจงแบบปกติของความคลาดเคลื่อนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดย *k* แทนจำนวนวิธีทดลอง *n* แทนขนาดตัวอย่าง μ แทนค่าเฉลี่ย และ *sd* แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในกรณีนี้ จะทำการสร้างการแจกแจงแบบปกติของความคลาดเคลื่อน ภายใต้เงื่อนไขว่า ค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_e^2 เมื่อกำหนดให้ σ_e มีค่าเท่ากับ sd

3.3.2 สร้างการแจกแจงของอิทธิพลของวิธีทดลอง (τ_i) ตามที่กำหนดในแผนการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ จะใช้ฟังก์ชัน rnorm *(k, μ ,sq)* ของโปรแกรม S-PLUS 2000 ทำการสร้างการแจกแจงแบบปกติของอิทธิพลของวิธีทดลองซึ่งเป็นปัจจัยสุ่มสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดย k แทนจำนวนวิธีทดลอง n แทนขนาดตัวอย่าง μ แทนค่าเฉลี่ย และ sq แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในกรณีนี้ จะทำการสร้างการแจกแจงแบบปกติของอิทธิพลของวิธีทดลอง ภายใต้เงื่อนไขว่า ค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_τ^2 เมื่อกำหนดให้ σ_τ มีค่าเท่ากับ sq เนื่องจาก กำหนดให้ $\sigma_\tau^2 = k * \sigma_e^2$ เมื่อ k แบ่งเป็น 6 ระดับ คือ 0.001 , 0.01 , 0.05 , 0.1 ,1 และ 1.5 จะได้ $sq = \sigma_\tau = \sqrt{k}\ \sigma_e$

3.3.3 การสร้างข้อมูลตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด

สร้างตัวแปรสุ่มของความคลาดเคลื่อน ε_{ij} ที่มีการแจงแบบปกติ โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเป็น σ_e^2 และตัวแปรสุ่มของอิทธิพลของวิธีทดลอง (τ_i) โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเป็น σ_τ^2 ขึ้นมาก่อน แล้วจึงนำมาสร้างค่า y_{ij} ตามตัวแบบ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \qquad \text{เมื่อ } i = 1,2,\ldots,k$$

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

เมื่อ กำหนดให้ τ_i เป็นอิทธิพลของวิธีทดลอง (Treatment effect) ที่ i

และ ε_{ij} เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีทดลองที่ i หน่วยตัวอย่างที่ j

3.3.4 คำนวณค่าสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี

การวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวสถิติทดสอบ 2 วิธี คือ ตัวสถิติทดสอบเอฟ และตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ในขั้นตอนแรกจะต้องมีการกำหนดจำนวนวิธีทดลอง ขนาดตัวอย่าง ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วทำการสร้างชุดข้อมูลสุ่มโดยใช้โปรแกรม s-plus 2000 ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ และนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าต่าง ๆ ตามสูตรของการทดสอบทั้ง 2 วิธี ซึ่งรายละเอียดทั้งหมด ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 แล้ว

3.3.5 การหาค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบ

เมื่อสร้างข้อมูล (Y_{ij}) ตามตัวแบบที่ต้องการและคำนวณค่าสถิติทดสอบแล้ว ก็ทำการคำนวณค่า P-Value ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี และเปรียบเทียบค่า P-Value กับระดับนัยสำคัญที่กำหนดในขั้นตอนต่อไป คือการหาค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี ซึ่งสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

3.3.6.1 สร้างอิทธิพลของวิธีทดลอง (τ_i) โดยกำหนดค่า τ_i ให้มีค่าเป็น 0 ทุกตัวในแต่ละวิธีทดลองเมื่อพิจารณาหาค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำหนดค่าอิทธิพลของวิธีทดลอง τ_i ให้มีการแจกแจงแบบปกติโดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนของวิธีทดลองเท่ากับ σ_τ^2 เพื่อพิจารณาหาค่าอำนาจการทดสอบ

3.3.6.2 คำนวณค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อกำหนดให้ τ_i ทุกตัวมีค่าเท่ากับ 0 และคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ เมื่อกำหนดให้ค่าอิทธิพลของวิธีทดลอง τ_i มีการแจกแจงแบบปกติโดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนของวิธีทดลองเท่ากับ σ_τ^2 เพื่อพิจารณาหาค่าอำนาจการทดสอบ

3.3.6.3 เปลี่ยนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน จนกระทั่งครบทุกสถานการณ์ โดยในแต่ละสถานการณ์จะกระทำซ้ำกัน 1,000 รอบ

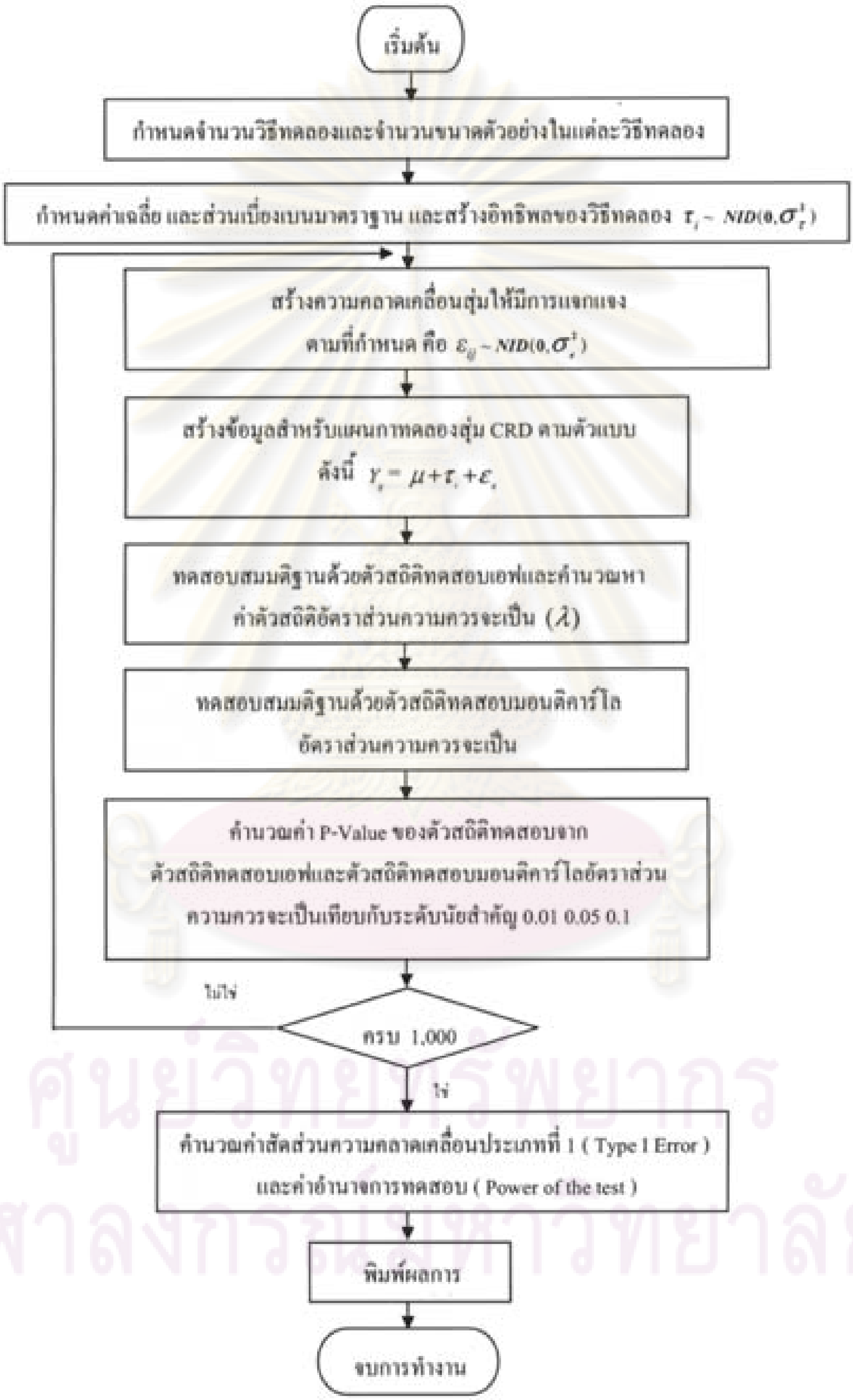
3.3.6 เปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี

เปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ว่าตัวสถิติทดสอบของวิธีใดอยู่ในช่วงควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด ก็จะเป็นตัวสถิติของการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้

3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

กระบวนการทำงานของโปรแกรม s-plus 2000 ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีการประมวลผลข้อมูลโดยมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 1

รูปที่ 3.1 แสดงผังงานสำหรับการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลอง



บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลอง สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ที่ปัจจัยทดลองเป็นปัจจัยสุ่ม คือ ตัวสถิติทดสอบเอฟ และตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทั้ง 2 โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ภายใต้การแจกแจงของความคลาดเคลื่อน (ε_{ij}) แบบปกติในสถานการณ์ต่าง ๆ คือ ทำการศึกษาในสถานการณ์ที่จำนวนของวิธีทดลองเท่ากับ 2 3 4 และ 5 ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองที่ใช้ในการศึกษาเท่ากับ 2 4 6 และ 8 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการจำลองข้อมูล ให้มีสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (*C.V.%*) 5 ระดับ คือ 5% 10% 15% 20% และ 25% โดยวิธีการจำลองข้อมูลนั้นจะอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation) จะกระทำซ้ำในแต่ละสถานการณ์จำนวน 1,000 รอบ และในการทดสอบตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะทำการสร้างตัวอย่างสุ่มจำนวน 200 รอบ

ในการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) ซึ่งจะคำนวณได้จากการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธฐานว่างต่อชุดข้อมูลทั้งหมดภายใต้ข้อกำหนดที่ว่าสมมติฐานว่างนั้นเป็นจริงและเกณฑ์การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะคำนวณจากการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่างต่อชุดข้อมูลทั้งหมดเมื่อกำหนดว่าสมมติฐานว่างนั้นเป็นเท็จในการนำเสนอผลการวิจัยของการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ที่ปัจจัยทดลองเป็นปัจจัยสุ่ม ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ โดยการพิจารณาจากค่าสัดส่วนสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error)

ส่วนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ โดยการพิจารณาจากอำนาจการทดสอบ (Power of the test)

และเพื่อความสะดวกในการนำเสนอผลการวิจัยในครั้งนี้ จึงใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้ แทนความหมายต่าง ๆ ดังนี้

k แทน จำนวนวิธีทดลอง

n แทน ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง

σ_e^2 แทน ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

σ_τ^2 แทน ความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลอง

$C.V.$ แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (%)

F แทน ตัวสถิติทดสอบเอฟ

MC-LR แทน ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

α แทน ระดับนัยสำคัญ

การนำเสนอผลการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไว้ โดยการพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ($\hat{\alpha}$) จากการทดลองในแต่ละสถานการณ์ นั้นคือค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เพราะมีหลักการคำนวณที่เหมือนกัน ซึ่งใช้การนับจำนวนครั้งของชุดข้อมูลที่ปฏิเสธสมมติฐานว่างต่อจำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นจริงและกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ด้วยการทดสอบทวินาม (Binomail test) ที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ ทวินาม (α^*) เท่ากับ 0.05 โดยสมมติฐานที่ใช้ทดสอบ คือ

$H_0: \alpha \le \alpha_0$

$H_1: \alpha > \alpha_0$

ดังนั้น

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

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

จะได้ว่า ช่วงของการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 คือ

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

โดยที่ α^* แทน ระดับนัยสำคัญของการทดสอบทวินาม

α แทน ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบ

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

α_0 แทน ระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการวิจัยครั้งนี้

n^* แทน จำนวนรอบของการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 1000 รอบ ดังนั้น

ที่ระดับ α = 0.01 จะสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบได้ก็ต่อเมื่อ $0 \leq \hat{\alpha} \leq 0.0152$

ที่ระดับ α = 0.05 จะสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบได้ก็ต่อเมื่อ $0 \leq \hat{\alpha} \leq 0.0613$

และที่ระดับ α = 0.1 จะสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบได้ก็ต่อเมื่อ $0 \leq \hat{\alpha} \leq 0.1156$

ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ต้องการให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) และค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (β) มีค่าน้อยสุด เพื่อทำให้อำนาจการทดสอบ (1-β) มีค่ามากที่สุด และถ้าลด α จะทำให้ β เพิ่มขึ้น และถ้าลด β จะทำให้ α เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบจะควบคุม α โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 แล้วจึงเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น

จากผลการวิจัยพบว่าทุกกรณีศึกษาสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และต่อไปนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ของผลการวิจัยต่อไป

ส่วนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ โดยการพิจารณาจากค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

4.1.1 กรณีเปรียบเทียบ 2 วิธีทดลอง ดังตาราง 4.1-4.3

<u>ตาราง4.1</u> แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.01$	
			F	MC-LR
k=2	5	n=2	0.014	0.012
		n=4	0.011	0.010
		n=6	0.010	0.007
		n=8	0.007	0.012
	10	n=2	0.011	0.012
		n=4	0.010	0.011
		n=6	0.006	0.010
		n=8	0.013	0.015
	15	n=2	0.010	0.015
		n=4	0.004	0.013
		n=6	0.011	0.014
		n=8	0.004	0.013
	20	n=2	0.012	0.014
		n=4	0.005	0.011
		n=6	0.009	0.010
		n=8	0.009	0.013
	25	n=2	0.010	0.011
		n=4	0.012	0.012
		n=6	0.012	0.015
		n=8	0.007	0.011

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ n=8 จะน้อยกว่า กรณี ที่ C.V.% = 10% 15% 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ส่วนกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้นกรณี n=4 จะเท่ากัน และสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

ตาราง4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.05$	
			F	MC-LR
k=2	5	n=2	0.045	0.040
		n=4	0.060	0.044
		n=6	0.046	0.045
		n=8	0.053	0.047
	10	n=2	0.044	0.045
		n=4	0.053	0.052
		n=6	0.039	0.056
		n=8	0.043	0.053
	15	n=2	0.045	0.048
		n=4	0.047	0.061
		n=6	0.056	0.050
		n=8	0.058	0.052
	20	n=2	0.052	0.052
		n=4	0.059	0.046
		n=6	0.049	0.060
		n=8	0.046	0.056
	25	n=2	0.058	0.056
		n=4	0.056	0.058
		n=6	0.050	0.043
		n=8	0.051	0.057

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณี ที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้นกรณี n=4 จะมากกว่า กรณี ที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ n=2 และ n=4 จะน้อยกว่า กรณี ที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เท่าน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ n=2 จะเท่ากัน และ n=4 จะมากกว่า ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้นกรณีที่ n=2 และ n=6 จะมากกว่า และสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

ตาราง4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.1$	
			F	MC-LR
k=2	5	n=2	0.095	0.083
		n=4	0.104	0.090
		n=6	0.095	0.092
		n=8	0.101	0.096
	10	n=2	0.095	0.108
		n=4	0.102	0.096
		n=6	0.077	0.115
		n=8	0.079	0.109
	15	n=2	0.099	0.111
		n=4	0.101	0.115
		n=6	0.094	0.099
		n=8	0.103	0.095
	20	n=2	0.095	0.095
		n=4	0.106	0.089
		n=6	0.088	0.101
		n=8	0.100	0.120
	25	n=2	0.091	0.105
		n=4	0.092	0.105
		n=6	0.105	0.087
		n=8	0.096	0.109

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณี ที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=4 จะมากกว่า กรณี ที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=8 จะมากกว่า กรณี ที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะเท่ากัน และ n=4 จะมากกว่า ส่วนกรณี ที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=6 จะมากกว่า และสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

4.1.2 กรณีเปรียบเทียบ 3 วิธีทดลอง ดังตาราง 4.4-4.6

<u>ตาราง4.4</u> แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จำนวน วิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.01$	
			F	MC-LR
k=3	5	n=2	0.008	0.011
		n=4	0.006	0.013
		n=6	0.015	0.012
		n=8	0.010	0.012
	10	n=2	0.010	0.015
		n=4	0.006	0.011
		n=6	0.011	0.014
		n=8	0.012	0.015
	15	n=2	0.008	0.013
		n=4	0.006	0.014
		n=6	0.010	0.009
		n=8	0.006	0.012
	20	n=2	0.010	0.015
		n=4	0.007	0.009
		n=6	0.012	0.015
		n=8	0.006	0.014
	25	n=2	0.014	0.015
		n=4	0.011	0.013
		n=6	0.014	0.015
		n=8	0.011	0.015

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=6 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 10% 20% 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ส่วนกรณีที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=6 จะมากกว่าและสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

ตาราง4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.05$	
			F	MC-LR
k=3	5	n=2	0.048	0.045
		n=4	0.046	0.052
		n=6	0.059	0.051
		n=8	0.044	0.047
	10	n=2	0.053	0.053
		n=4	0.044	0.056
		n=6	0.061	0.059
		n=8	0.050	0.055
	15	n=2	0.047	0.055
		n=4	0.046	0.059
		n=6	0.049	0.055
		n=8	0.052	0.061
	20	n=2	0.052	0.057
		n=4	0.055	0.058
		n=6	0.054	0.060
		n=8	0.047	0.059
	25	n=2	0.048	0.050
		n=4	0.042	0.058
		n=6	0.048	0.053
		n=8	0.058	0.056

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 และ n=6 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะเท่ากัน และ n=6 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 15% 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ส่วนกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=8 จะมากกว่าและสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

ตาราง4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.1$	
			F	MC-LR
k=3	5	n=2	0.091	0.091
		n=4	0.096	0.106
		n=6	0.105	0.110
		n=8	0.102	0.096
	10	n=2	0.099	0.091
		n=4	0.095	0.093
		n=6	0.095	0.110
		n=8	0.105	0.101
	15	n=2	0.095	0.101
		n=4	0.089	0.104
		n=6	0.104	0.106
		n=8	0.088	0.102
	20	n=2	0.111	0.115
		n=4	0.093	0.095
		n=6	0.102	0.108
		n=8	0.104	0.108
	25	n=2	0.098	0.102
		n=4	0.105	0.112
		n=6	0.095	0.103
		n=8	0.089	0.108

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะเท่ากัน และ n=8 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=6 จะน้อยกว่า กรณีที่ C.V.% = 15% 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น และสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

4.1.3 กรณีเปรียบเทียบ 4 วิธีทดลอง ดังตาราง 4.7-4.9

__ตาราง4.7__ แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.01$	
			F	MC-LR
k=4	5	n=2	0.008	0.008
		n=4	0.012	0.012
		n=6	0.010	0.014
		n=8	0.007	0.012
	10	n=2	0.011	0.013
		n=4	0.012	0.014
		n=6	0.013	0.012
		n=8	0.014	0.015
	15	n=2	0.012	0.012
		n=4	0.012	0.014
		n=6	0.011	0.010
		n=8	0.007	0.013
	20	n=2	0.015	0.011
		n=4	0.015	0.013
		n=6	0.015	0.014
		n=8	0.012	0.012
	25	n=2	0.011	0.009
		n=4	0.013	0.015
		n=6	0.010	0.013
		n=8	0.009	0.012

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 และ n=4 จะเท่ากัน กรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=6 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะเท่ากันและ n=6 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=8 จะเท่ากัน ส่วนกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะมากกว่าและสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

ตาราง4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.05$	
			F	MC-LR
k=4	5	n=2	0.048	0.042
		n=4	0.054	0.051
		n=6	0.055	0.051
		n=8	0.061	0.048
	10	n=2	0.048	0.043
		n=4	0.048	0.059
		n=6	0.059	0.049
		n=8	0.055	0.048
	15	n=2	0.061	0.059
		n=4	0.046	0.054
		n=6	0.061	0.053
		n=8	0.047	0.058
	20	n=2	0.053	0.047
		n=4	0.048	0.044
		n=6	0.059	0.055
		n=8	0.052	0.053
	25	n=2	0.048	0.048
		n=4	0.052	0.059
		n=6	0.054	0.054
		n=8	0.058	0.059

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=4 จะน้อยกว่า กรณีที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 และ n=6 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=8 จะน้อยกว่า ส่วนกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 และ n=6 จะเท่ากันและสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

ตาราง4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.1$ F	$\alpha = 0.1$ MC-LR
k=4	5	n=2	0.093	0.093
		n=4	0.111	0.105
		n=6	0.107	0.104
		n=8	0.104	0.092
	10	n=2	0.097	0.094
		n=4	0.106	0.111
		n=6	0.105	0.088
		n=8	0.104	0.103
	15	n=2	0.092	0.106
		n=4	0.108	0.112
		n=6	0.106	0.106
		n=8	0.098	0.109
	20	n=2	0.097	0.101
		n=4	0.099	0.098
		n=6	0.114	0.098
		n=8	0.102	0.115
	25	n=2	0.097	0.092
		n=4	0.098	0.103
		n=6	0.085	0.105
		n=8	0.098	0.108

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะเท่ากัน กรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=6 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=6 จะเท่ากัน กรณีที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=4 และ n=6 จะมากกว่า ส่วนกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะมากกว่าและสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

4.1.4 กรณีเปรียบเทียบ 5 วิธีทดลอง ดังตาราง 4.10-4.12

ตาราง4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.01$	
			F	MC-LR
k=5	5	n=2	0.014	0.015
		n=4	0.013	0.009
		n=6	0.011	0.011
		n=8	0.012	0.014
	10	n=2	0.010	0.015
		n=4	0.009	0.008
		n=6	0.014	0.009
		n=8	0.008	0.014
	15	n=2	0.013	0.010
		n=4	0.010	0.010
		n=6	0.012	0.015
		n=8	0.006	0.010
	20	n=2	0.007	0.013
		n=4	0.014	0.009
		n=6	0.010	0.013
		n=8	0.015	0.014
	25	n=2	0.013	0.012
		n=4	0.007	0.013
		n=6	0.011	0.013
		n=8	0.008	0.015

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=4 จะมากกว่า และ n=6 จะเท่ากัน กรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=4 และ n=6 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะมากกว่า และ n=4 จะเท่ากัน กรณีที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=4 และ n=8 จะมากกว่า ส่วนกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะมากกว่าและสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

ตาราง4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.05$	
			F	MC-LR
k=5	5	n=2	0.050	0.050
		n=4	0.056	0.054
		n=6	0.039	0.043
		n=8	0.051	0.055
	10	n=2	0.061	0.051
		n=4	0.056	0.056
		n=6	0.060	0.049
		n=8	0.048	0.059
	15	n=2	0.061	0.050
		n=4	0.048	0.048
		n=6	0.052	0.052
		n=8	0.045	0.057
	20	n=2	0.041	0.048
		n=4	0.046	0.044
		n=6	0.057	0.055
		n=8	0.050	0.061
	25	n=2	0.057	0.059
		n=4	0.053	0.047
		n=6	0.057	0.046
		n=8	0.047	0.058

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะเท่ากันและ n=4 จะมากกว่า กรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=4 จะเท่ากันและ n=8 จะน้อยกว่า กรณีที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เท่ากับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 จะมากกว่า n=8 จะน้อยกว่า กรณีที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นยกเว้น n=4 และ n=6 จะมากกว่า ส่วนกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=2 และ n=6 จะมากกว่าและสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

ตาราง4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น กรณีที่จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จำนวนวิธีทดลอง (k)	C.V. %	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง	$\alpha = 0.1$	
			F	MC-LR
k=5	5	n=2	0.103	0.092
		n=4	0.102	0.099
		n=6	0.098	0.098
		n=8	0.107	0.107
	10	n=2	0.100	0.095
		n=4	0.095	0.091
		n=6	0.099	0.093
		n=8	0.092	0.095
	15	n=2	0.103	0.099
		n=4	0.108	0.104
		n=6	0.102	0.102
		n=8	0.101	0.107
	20	n=2	0.088	0.102
		n=4	0.100	0.098
		n=6	0.093	0.096
		n=8	0.103	0.109
	25	n=2	0.085	0.106
		n=4	0.102	0.100
		n=6	0.087	0.105
		n=8	0.090	0.106

พบว่ามีกรณีของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนี้ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ C.V.% = 5% ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=6 และ n=8 จะเท่ากัน กรณีที่ C.V.% = 10% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=8 จะน้อยกว่ากรณีที่ C.V.% = 15% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มากกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=6 จะเท่ากัน และ n=8 จะน้อยกว่า กรณีที่ C.V.% = 20% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=4 จะมากกว่า ส่วนกรณีที่ C.V.% = 25% ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ยกเว้น n=4 จะมากกว่าและสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

จากตาราง 4.1-4.12 สรุปได้ว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 พบว่ามีกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น จะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ และในทุกกรณีสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 แล้วในการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบจะควบคุม α โดยพิจารณาการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น จากผลการวิจัยพบว่าทุกกรณีศึกษาสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จึงพิจารณาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบทุกกรณี

ส่วนที่ 2 ผลการวิจัยของการเปรียบเทียบตัวสถิติที่ใช้การทดสอบโดยการพิจารณาจากค่าอำนาจการทดสอบ

(หมายเหตุ* เนื่องจากรูปที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 มีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายกัน จึงขอยกตัวอย่างรูปในกรณีที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เท่านั้น)

4.2.1 กรณีเปรียบเทียบ 2 วิธีทดลอง ตาราง 4.13-4.15 และ รูปที่ 4.1

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นคือในกรณีที่ c.v.=5%,25% เมื่อ n=6,8 c.v.=10%,15% เมื่อ n=8 c.v.=20% เมื่อ n=6

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ นั่นก็คือในกรณีที่ c.v.=5%,10% เมื่อ n=2 c.v.=15% เมื่อ n=2,4,6 c.v.=20% เมื่อ n=2,4,8

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบ

สูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นคือในกรณีที่ c.v.=10% เมื่อ n=8 c.v.=15% เมื่อ n=6

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ นั่นก็คือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=2,4 c.v.=10% เมื่อ n=4,8 c.v.=20% เมื่อ n=2

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.1$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นก็คือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=4,6 c.v.=10% เมื่อ n=4 c.v.=15% เมื่อ n=2,4 c.v.=20% เมื่อ n=6 c.v.=25% เมื่อ n=2,6

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

4.2.2 กรณีเปรียบเทียบ 3 วิธีทดลอง ตาราง 4.16-4.18 และรูปที่ 4.2

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้

อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นคือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=4,6,8 c.v.=10% 15% เมื่อ n=8 c.v.=20% เมื่อ n=6,8 c.v.=25% เมื่อ n=8

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ นั่นก็คือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=2 c.v.=10% 20% เมื่อ n=2

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้

อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นคือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=6,8 c.v.=10% เมื่อ n=4,8 c.v.=15% เมื่อ n=4 c.v.=20% เมื่อ n=2 c.v.=25% เมื่อ n=8

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ นั่นก็คือในกรณีที่ c.v.=10% เมื่อ n=2 c.v.=20% เมื่อ n=6

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.1$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นคือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=4,6 c.v.=15% เมื่อ n=2,4,6,8 c.v.=20% เมื่อ n=8 c.v.=25% เมื่อ n=2,4

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ นั่นก็คือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=2 c.v.=10% เมื่อ n=2

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

4.2.3 กรณีเปรียบเทียบ 4 วิธีทดลอง ตาราง 4.19-4.21 และ รูปที่ 4.3

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบ

มอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ นั่นก็คือในกรณีที่c.v.=5% เมื่อ n=2,4 c.v.=10% เมื่อ n=2 c.v.=15% เมื่อ n=4,8 c.v.=20% เมื่อ n=4,6,8 c.v.=25% เมื่อ n=6 เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ นั่นก็คือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=6 c.v.=10% เมื่อ n=4,6 c.v.=15% เมื่อ n=2,8 c.v.=20% 25% เมื่อ n=2

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติ

ทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.1$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นคือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=2,6 c.v.=10%15% เมื่อ n=2,6 c.v.=20% เมื่อ n=6 c.v.=25% เมื่อ n=2,8

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ

มอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

4.2.4 กรณีเปรียบเทียบ 5 วิธีทดลอง ตาราง 4.22-4.24 และ รูปที่ 4.4

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟ จะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นคือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=4,6 c.v.=10% เมื่อ n=4,8 c.v.=15% 20%เมื่อ n=8 c.v.=25% เมื่อ n=4,6,8

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ นั่นก็คือในกรณีที่ c.v.=5% 10% 15% 20% เมื่อ n=2

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่าเกือบทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นคือในกรณีที่ c.v.=5% เมื่อ n=4,6,8 c.v.=15% 25% เมื่อ n=4,6 c.v.=20% เมื่อ n=4

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ นั่นก็คือในกรณีที่ c.v.=5% 10% 15% 25% เมื่อ n=2

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.1$

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.001 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 พบว่ากรณีส่วนใหญ่ ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากันกับตัวสถิติทดสอบเอฟ มีบางกรณีที่ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น นั่นคือในกรณีที่c.v.=5% เมื่อ n=4,8 c.v.=10% เมื่อ n=6 c.v.=15% เมื่อ n=6,8 c.v.=20% เมื่อ n=4,6 c.v.=25% เมื่อ n=4

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 0.1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

และในกรณีที่อัตราส่วนความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน(r) ที่มีค่าเท่ากับ 1.5 พบว่าทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบเอฟจะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น ดังนั้นกรณีนี้พบว่าตัวสถิติทดสอบเอฟให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับค่าอำนาจการทดสอบ พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.01 และ 0.05 เมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (r) มีค่าน้อยกว่า 1 (r = 0.001,0.01 และ0.05) นั่นก็คือเมื่อความแปรปรวนของวิธีทดลองมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้

ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ เมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (r) มีค่าเข้าใกล้ 1 หรือมากกว่า 1 (r = 0.1,1 และ 1.5) นั่นก็คือเมื่อความแปรปรวนของวิธีทดลองมีค่าใกล้เคียงหรือมากกว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ และเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟเป็นบางกรณีเท่านั้น

ตาราง4.13 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 2 และ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

$r=\frac{\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.009	0.010	0.010	0.011	0.009	0.012	0.010	0.009	0.006	0.006	0.011	0.009	0.008	0.007	0.010	0.010	0.007	0.010	0.010	0.012
	MC-LR	0.013	0.012	0.014	0.013	0.017	0.020	0.015	0.011	0.011	0.013	0.014	0.013	0.013	0.010	0.017	0.016	0.014	0.013	0.016	0.018
r=0.01	F	0.012	0.013	0.013	0.012	0.011	0.014	0.015	0.011	0.018	0.007	0.018	0.018	0.011	0.012	0.012	0.015	0.011	0.012	0.012	0.016
	MC-LR	0.022	0.015	0.018	0.015	0.022	0.021	0.019	0.016	0.016	0.014	0.018	0.019	0.016	0.014	0.018	0.020	0.015	0.014	0.018	0.020
r=0.05	F	0.014	0.016	0.022	0.030	0.014	0.022	0.020	0.038	0.012	0.014	0.022	0.024	0.015	0.014	0.022	0.022	0.017	0.018	0.022	0.025
	MC-LR	0.023	0.018	0.020	0.016	0.024	0.025	0.021	0.018	0.018	0.017	0.023	0.022	0.018	0.017	0.019	0.024	0.018	0.023	0.020	0.024
r=0.1	F	0.018	0.024	0.034	0.056	0.016	0.030	0.022	0.052	0.016	0.018	0.024	0.034	0.019	0.016	0.040	0.034	0.021	0.023	0.032	0.054
	MC-LR	0.026	0.021	0.023	0.020	0.028	0.027	0.021	0.029	0.019	0.018	0.025	0.031	0.021	0.019	0.021	0.029	0.021	0.024	0.028	0.036
r=1	F	0.032	0.026	0.282	0.346	0.040	0.134	0.276	0.358	0.030	0.167	0.220	0.341	0.028	0.153	0.246	0.336	0.025	0.136	0.245	0.332
	MC-LR	0.092	0.049	0.056	0.046	0.033	0.089	0.098	0.037	0.022	0.056	0.068	0.039	0.027	0.068	0.048	0.041	0.021	0.058	0.086	0.049
r=1.5	F	0.048	0.271	0.328	0.434	0.049	0.208	0.356	0.420	0.038	0.202	0.336	0.408	0.040	0.188	0.316	0.434	0.034	0.218	0.370	0.412
	MC-LR	0.033	0.068	0.111	0.078	0.035	0.101	0.142	0.096	0.029	0.099	0.112	0.086	0.032	0.099	0.103	0.108	0.028	0.079	0.121	0.084

ตาราง4.14 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 2 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

$r=\frac{\sigma_t^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.041	0.047	0.053	0.055	0.043	0.043	0.048	0.045	0.049	0.039	0.053	0.045	0.046	0.049	0.044	0.037	0.042	0.051	0.044	0.044
	MC-LR	0.051	0.054	0.056	0.065	0.050	0.052	0.054	0.063	0.045	0.050	0.057	0.050	0.054	0.058	0.055	0.056	0.057	0.058	0.054	0.063
r=0.01	F	0.049	0.049	0.060	0.063	0.049	0.045	0.053	0.054	0.050	0.048	0.056	0.051	0.052	0.053	0.050	0.055	0.049	0.052	0.057	0.050
	MC-LR	0.054	0.056	0.068	0.068	0.057	0.060	0.070	0.064	0.055	0.055	0.062	0.066	0.063	0.062	0.064	0.059	0.059	0.059	0.065	0.068
r=0.05	F	0.056	0.086	0.082	0.106	0.056	0.066	0.080	0.102	0.060	0.052	0.072	0.100	0.056	0.062	0.080	0.072	0.060	0.062	0.082	0.084
	MC-LR	0.060	0.090	0.085	0110	0.058	0.077	0.085	0.087	0.060	0.058	0.064	0.100	0.064	0.068	0.082	0.078	0.060	0.065	0.082	0.087
r=0.1	F	0.058	0.092	0.114	0.146	0.060	0.100	0.098	0.136	0.074	0.072	0.094	0.118	0.068	0.078	0.098	0.128	0.070	0.086	0.099	0.136
	MC-LR	0.062	0.096	0.100	0.138	0.060	0.098	0.099	0.121	0.062	0.069	0.086	0.116	0.067	0.075	0.091	0.123	0.068	0.080	0.090	0.129
r=1	F	0.140	0.416	0.453	0.501	0.124	0.338	0.445	0.499	0.143	0.342	0.375	0.484	0.116	0.331	0.409	0.472	0.112	0.306	0.352	0.480
	MC-LR	0.087	0.112	0.168	0.189	0.069	0.101	0.159	0.178	0.083	0.104	0.167	0.199	0.089	0.111	0.156	0.184	0.079	0.113	0.148	0.191
r=1.5	F	0.164	0.488	0.472	0.570	0.160	0.380	0.502	0.582	0.176	0.382	0.490	0.556	0.164	0.352	0.482	0.590	0.138	0.382	0.492	0.548
	MC-LR	0.099	0.198	0.251	0.300	0.095	0.178	0.247	0.278	0.101	0.200	0.252	0.289	0.103	0.178	0.247	0.302	0.089	0.195	0.261	0.295

69

ตาราง4.15 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 2 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.1$

$r=\frac{\sigma_t^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.095	0.097	0.100	0.105	0.087	0.088	0.087	0.090	0.090	0.080	0.100	0.090	0.093	0.101	0.099	0.098	0.081	0.097	0.095	0.101
	MC-LR	0.105	0.109	0.106	0.115	0.100	0.098	0.095	0.110	0.100	0.101	0.107	0.093	0.101	0.102	0.106	0.113	0.098	0.100	0.124	0.104
r=0.01	F	0.106	0.100	0.105	0.108	0.099	0.115	0.108	0.115	0.098	0.085	0.110	0.108	0.101	0.112	0.104	0.101	0.092	0.102	0.102	0.113
	MC-LR	0.112	0.110	0.110	0.122	0.110	0.117	0.125	0.115	0.110	0.105	0.115	0.122	0.108	0.132	0.117	0.118	0.113	0.104	0.135	0.116
r=0.05	F	0.110	0.142	0.132	0.172	0.106	0.132	0.140	0.166	0.128	0.108	0.148	0.170	0.116	0.134	0.138	0.140	0.105	0.126	0.136	0.162
	MC-LR	0.115	0.145	0.135	0.180	0.114	0.140	0.143	0.170	0.130	0.108	0.151	0.176	0.120	0.140	0.145	0.143	0.116	0.129	0.147	0.170
r=0.1	F	0.118	0.158	0.198	0.228	0.114	0.158	0.178	0.218	0.148	0.138	0.164	0.212	0.123	0.144	0.190	0.196	0.128	0.140	0.180	0.220
	MC-LR	0.118	0.152	0.190	0.230	0.118	0.150	0.181	0.221	0.132	0.136	0.175	0.222	0.123	0.145	0.187	0.203	0.120	0.141	0.178	0.224
r=1	F	0.267	0.500	0.529	0.564	0.245	0.440	0.529	0.581	0.236	0.454	0.479	0.554	0.215	0.440	0.492	0.535	0.230	0.409	0.500	0.571
	MC-LR	0.156	0.183	0.222	0.260	0.148	0.174	0.210	0.254	0.153	0.174	0.204	0.257	0.153	0.138	0.214	0.263	0.147	0.165	0.216	0.256
r=1.5	F	0.298	0.594	0.580	0.632	0.278	0.464	0.580	0.656	0.286	0.514	0.570	0.640	0.290	0.462	0.566	0.672	0.272	0.500	0.582	0.610
	MC-LR	0.180	0.201	0.256	0.312	0.176	0.210	0.247	0.321	0.184	0.213	0.265	0.324	0.191	0.215	0.253	0.332	0.178	0.202	0.261	0.342

70

ตาราง4.16 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

$r = \frac{\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.005	0.009	0.012	0.012	0.006	0.013	0.011	0.011	0.012	0.007	0.019	0.005	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.012	0.014	0.009
	MC-LR	0.010	0.017	0.015	0.014	0.014	0.017	0.015	0.013	0.016	0.012	0.022	0.016	0.010	0.012	0.013	0.013	0.015	0.013	0.015	0.014
r=0.01	F	0.009	0.010	0.014	0.013	0.012	0.015	0.014	0.013	0.014	0.009	0.020	0.013	0.012	0.015	0.019	0.014	0.013	0.017	0.016	0.016
	MC-LR	0.017	0.018	0.017	0.015	0.017	0.018	0.018	0.015	0.018	0.022	0.032	0.018	0.016	0.018	0.018	0.015	0.019	0.019	0.019	0.017
r=0.05	F	0.014	0.024	0.026	0.020	0.014	0.016	0.020	0.024	0.016	0.014	0.026	0.026	0.014	0.022	0.034	0.020	0.016	0.024	0.018	0.046
	MC-LR	0.019	0.020	0.020	0.018	0.019	0.019	0.021	0.023	0.018	0.024	0.026	0.020	0.018	0.023	0.032	0.016	0.020	0.028	0.020	0.036
r=0.1	F	0.016	0.026	0.028	0.064	0.019	0.026	0.040	0.078	0.024	0.028	0.052	0.062	0.020	0.030	0.054	0.068	0.021	0.036	0.040	0.048
	MC-LR	0.020	0.023	0.028	0.024	0.028	0.023	0.035	0.060	0.023	0.027	0.040	0.050	0.032	0.028	0.044	0.044	0.021	0.030	0.035	0.040
r=1	F	0.054	0.249	0.420	0.529	0.043	0.226	0.419	0.558	0.040	0.247	0.423	0.516	0.051	0.231	0.448	0.538	0.045	0.258	0.429	0.560
	MC-LR	0.030	0.040	0.127	0.233	0.035	0.029	0.118	0.235	0.032	0.037	0.134	0.214	0.043	0.029	0.117	0.227	0.039	0.041	0.131	0.221
r=1.5	F	0.060	0.352	0.578	0.657	0.069	0.369	0.560	0.676	0.079	0.373	0.541	0.632	0.056	0.360	0.547	0.618	0.065	0.347	0.539	0.652
	MC-LR	0.041	0.078	0.226	0.344	0.048	0.086	0.210	0.360	0.051	0.060	0.219	0.322	0.049	0.080	0.224	0.350	0.052	0.067	0.219	0.358

71

ตาราง4.17 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

$r=\frac{\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.041	0.050	0.054	0.049	0.053	0.045	0.054	0.052	0.052	0.042	0.063	0.048	0.040	0.048	0.053	0.045	0.042	0.054	0.045	0.055
	MC-LR	0.052	0.052	0.062	0.050	0.054	0.061	0.055	0.050	0.054	0.050	0.069	0.058	0.049	0.059	0.054	0.045	0.056	0.053	0.052	0.067
r=0.01	F	0.047	0.066	0.055	0.058	0.056	0.054	0.070	0.056	0.058	0.059	0.065	0.054	0.045	0.055	0.063	0.057	0.053	0.065	0.053	0.068
	MC-LR	0.060	0.070	0.064	0.062	0.069	0.063	0.072	0.057	0.060	0.062	0.073	0.068	0.053	0.063	0.068	0.058	0.060	0.070	0.063	0.071
r=0.05	F	0.048	0.076	0.088	0.102	0.058	0.078	0.074	0.104	0.060	0.066	0.072	0.116	0.080	0.084	0.098	0.090	0.068	0.088	0.070	0.126
	MC-LR	0.065	0.076	0.086	0.100	0.072	0.075	0.078	0.100	0.062	0.065	0.075	0.120	0.078	0.088	0.100	0.093	0.070	0.090	0.073	0.090
r=0.1	F	0.074	0.096	0.122	0.162	0.064	0.104	0.142	0.184	0.088	0.080	0.144	0.174	0.112	0.094	0.130	0.180	0.098	0.122	0.128	0.156
	MC-LR	0.072	0.086	0.090	0.120	0.081	0.098	0.090	0.148	0.080	0.070	0.120	0.140	0.100	0.092	0.138	0.142	0.087	0.111	0.101	0.098
r=1	F	0.190	0.429	0.595	0.675	0.178	0.416	0.589	0.699	0.179	0.450	0.167	0.668	0.185	0.434	0.638	0.707	0.180	0.483	0.592	0.717
	MC-LR	0.112	0.121	0.248	0.359	0.137	0.103	0.244	0.385	0.167	0.126	0.248	0.348	0.112	0.109	0.258	0.381	0.121	0.121	0.274	0.368
r=1.5	F	0.224	0.562	0.712	0.769	0.251	0.573	0.706	0.798	0.227	0.577	0.705	0.750	0.241	0.561	0.705	0.748	0.240	0.529	0.689	0.778
	MC-LR	0.139	0.212	0.405	0.499	0.200	0.224	0.389	0.498	0.199	0.191	0.370	0.480	0.211	0.217	0.379	0.490	0.178	0.186	0.376	0.498

72

ตาราง4.18 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.1$

$r=\frac{\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.088	0.096	0.100	0.091	0.090	0.102	0.093	0.103	0.105	0.090	0.115	0.095	0.089	0.098	0.106	0.095	0.078	0.100	0.104	0.097
	MC-LR	0.115	0.102	0.110	0.108	0.108	0.103	0.106	0.105	0.108	0.100	0.122	0.100	0.103	0.100	0.109	0.091	0.088	0.101	0.100	0.100
r=0.01	F	0.088	0.116	0.105	0.099	0.099	0.106	0.128	0.108	0.125	0.105	0.125	0.102	0.103	0.104	0.114	0.111	0.103	0.103	0.108	0.118
	MC-LR	0.125	0.120	0.118	0.113	0.110	0.112	0.130	0.110	0.132	0.112	0.130	0.105	0.110	0.104	0.119	0.109	0.092	0.104	0.108	0.130
r=0.05	F	0.089	0.158	0.148	0.184	0.104	0.138	0.138	0.116	0.140	0.140	0.160	0.174	0.122	0.142	0.188	0.182	0.128	0.146	0.166	0.218
	MC-LR	0.130	0.150	0.121	0.190	0.116	0.140	0.140	0.170	0.138	0.130	0.155	0.150	0.114	0.138	0.180	0.194	0.096	0.129	0.166	0.220
r=0.1	F	0.126	0.200	0.208	0.230	0.106	0.182	0.238	0.298	0.142	0.152	0.242	0.252	0.130	0.148	0.226	0.266	0.142	0.206	0.230	0.246
	MC-LR	0.135	0.180	0.150	0.200	0.118	0.170	0.190	0.210	0.140	0.150	0.200	0.220	0.116	0.144	0.203	0.253	0.100	0.198	0.200	0.230
r=1	F	0.320	0.536	0.683	0.746	0.310	0.541	0.668	0.770	0.307	0.555	0.698	0.739	0.317	0.551	0.717	0.768	0.296	0.597	0.681	0.791
	MC-LR	0.268	0.206	0.344	0.440	0.256	0.187	0.339	0.483	0.223	0.206	0.345	0.431	0.276	0.195	0.370	0.460	0.168	0.218	0.367	0.471
r=1.5	F	0.358	0.557	0.782	0.811	0.390	0.651	0.768	0.845	0.372	0.663	0.768	0.812	0.384	0.666	0.778	0.804	0.368	0.646	0.747	0.834
	MC-LR	0.278	0.298	0.511	0.583	0.277	0.337	0.494	0.584	0.300	0.303	0.470	0.562	0.299	0.312	0.485	0.560	0.278	0.299	0.464	0.590

73

ตาราง4.19 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 4 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

$r=\frac{\sigma_t^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.009	0.004	0.017	0.014	0.011	0.007	0.007	0.007	0.012	0.009	0.014	0.012	0.006	0.009	0.013	0.011	0.010	0.014	0.005	0.012
	MC-LR	0.016	0.012	0.012	0.018	0.012	0.012	0.014	0.012	0.015	0.014	0.012	0.017	0.015	0.019	0.012	0.015	0.009	0.014	0.006	0.014
r=0.01	F	0.014	0.015	0.023	0.019	0.013	0.012	0.010	0.009	0.014	0.013	0.020	0.016	0.012	0.010	0.017	0.017	0.012	0.016	0.012	0.014
	MC-LR	0.018	0.017	0.018	0.020	0.015	0.015	0.019	0.017	0.018	0.017	0.019	0.018	0.017	0.019	0.021	0.019	0.011	0.017	0.012	0.018
r=0.05	F	0.018	0.019	0.029	0.035	0.024	0.019	0.027	0.040	0.019	0.017	0.024	0.029	0.022	0.021	0.019	0.035	0.019	0.021	0.024	0.038
	MC-LR	0.019	0.020	0.019	0.033	0.016	0.019	0.023	0.032	0.018	0.018	0.020	0.032	0.021	0.023	0.023	0.040	0.018	0.020	0.029	0.033
r=0.1	F	0.028	0.033	0.038	0.065	0.026	0.038	0.066	0.077	0.025	0.025	0.055	0.059	0.029	0.053	0.044	0.091	0.026	0.032	0.050	0.069
	MC-LR	0.023	0.028	0.023	0.051	0.019	0.031	0.049	0.065	0.022	0.023	0.049	0.049	0.026	0.029	0.037	0.089	0.024	0.023	0.042	0.056
r=1	F	0.079	0.362	0.547	0.680	0.067	0.361	0.558	0.670	0.053	0.363	0.559	0.692	0.065	0.359	0.562	0.680	0.062	0.354	0.576	0.671
	MC-LR	0.029	0.105	0.260	0.417	0.022	0.099	0.262	0.399	0.033	0.029	0.257	0.403	0.029	0.119	0.267	0.405	0.053	0.120	0.267	0.390
r=1.5	F	0.106	0.485	0.699	0.781	0.100	0.492	0.672	0.790	0.127	0.485	0.698	0.788	0.087	0.519	0.705	0.782	0.096	0.470	0.683	0.768
	MC-LR	0.036	0.210	0.427	0.549	0.032	0.193	0.418	0.585	0.037	0.306	0.422	0.583	0.039	0.213	0.427	0.573	0.067	0.179	0.411	0.0538

ตาราง4.20 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 4 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

$r=\frac{\sigma_t^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.053	0.045	0.063	0.068	0.053	0.041	0.054	0.053	0.048	0.046	0.054	0.052	0.042	0.050	0.049	0.046	0.059	0.043	0.057	0.047
	MC-LR	0.058	0.049	0.070	0.072	0.061	0.050	0.059	0.054	0.050	0.064	0.051	0.058	0.048	0.058	0.051	0.059	0.063	0.063	0.060	0.049
r=0.01	F	0.063	0.053	0.070	0.070	0.060	0.049	0.058	0.055	0.051	0.052	0.060	0.059	0.042	0.051	0.068	0.065	0.060	0.051	0.062	0.060
	MC-LR	0.062	0.052	0.079	0.078	0.064	0.053	0.062	0.054	0.063	0.065	0.058	0.063	0.056	0.060	0.072	0.067	0.069	0.075	0.068	0.069
r=0.05	F	0.072	0.070	0.101	0.123	0.069	0.074	0.098	0.134	0.059	0.072	0.094	0.113	0.048	0.078	0.094	0.132	0.068	0.081	0.100	0.115
	MC-LR	0.062	0.068	0.112	0.112	0.065	0.079	0.100	0.129	0.067	0.070	0.089	0.119	0.060	0.075	0.089	0.123	0.069	0.080	0.099	0.111
r=0.1	F	0.083	0.112	0.172	0.178	0.089	0.123	0.167	0.206	0.067	0.110	0.159	0.193	0.065	0.117	0.135	0.211	0.079	0.127	0.158	0.205
	MC-LR	0.075	0.101	0.137	0.145	0.078	0.103	0.143	0.187	0.071	0.110	0.137	0.183	0.062	0.089	0.127	0.196	0.074	0.119	0.138	0.144
r=1	F	0.222	0.577	0.725	0.794	0.224	0.574	0.729	0.793	0.212	0.576	0.720	0.811	0.240	0.570	0.724	0.831	0.202	0.571	0.747	0.803
	MC-LR	0.085	0.256	0.442	0.579	0.165	0.255	0.422	0.571	0.181	0.255	0.443	0.564	0.172	0.273	0.450	0.559	0.168	0.251	0.427	0.544
r=1.5	F	0.305	0.715	0.833	0.865	0.301	0.691	0.796	0.885	0.321	0.709	0.842	0.868	0.315	0.708	0.819	0.866	0.311	0.681	0.816	0.870
	MC-LR	0.103	0.372	0.591	0.697	0.189	0.379	0.592	0.704	0.231	0.386	0.593	0.714	0.211	0.383	0.601	0.698	0.234	0.361	0.568	0.691

ตาราง4.21 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 4 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.1$

$r=\frac{\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.092	0.100	0.117	0.116	0.101	0.089	0.109	0.107	0.103	0.105	0.086	0.104	0.095	0.102	0.101	0.099	0.101	0.106	0.112	0.107
	MC-LR	0.097	0.084	0.120	0.091	0.110	0.094	0.121	0.112	0.104	0.096	0.107	0.119	0.103	0.105	0.114	0.090	0.110	0.124	0.121	0.111
r=0.01	F	0.114	0.116	0.125	0.120	0.119	0.098	0.116	0.178	0.110	0.117	0.100	0.124	0.101	0.110	0.115	0.111	0.105	0.125	0.123	0.114
	MC-LR	0.125	0.098	0.139	0.093	0.123	0.100	0.136	0.158	0.121	0.111	0.115	0.131	0.116	0.128	0.120	0.120	0.118	0.125	0.137	0.119
r=0.05	F	0.125	0.141	0.163	0.197	0.115	0.128	0.171	0.229	0.114	0.138	0.174	0.207	0.100	0.150	0.158	0.213	0.125	0.157	0.170	0.190
	MC-LR	0.139	0.123	0.164	0.101	0.145	0.113	0.178	0.213	0.129	0.122	0.177	0.167	0.125	0.167	0.143	0.225	0.129	0.147	0.169	0.198
r=0.1	F	0.139	0.172	0.252	0.279	0.121	0.186	0.250	0.293	0.121	0.200	0.246	0.310	0.124	0.195	0.233	0.295	0.145	0.210	0.260	0.307
	MC-LR	0.139	0.157	0.189	0.196	0.149	0.158	0.204	0.238	0.142	0.195	0.203	0.285	0.127	0.182	0.221	0.265	0.137	0.176	0.231	0.256
r=1	F	0.353	0.681	0.805	0.847	0.360	0.677	0.796	0.852	0.355	0.690	0.776	0.872	0.347	0.668	0.781	0.872	0.335	0.663	0.809	0.850
	MC-LR	0.145	0.362	0.530	0.650	0.199	0.364	0.529	0.644	0.265	0.366	0.538	0.662	0.148	0.373	0.538	0.645	0.223	0.357	0.539	0.635
r=1.5	F	0.447	0.781	0.869	0.896	0.443	0.763	0.850	0.921	0.472	0.782	0.881	0.905	0.444	0.793	0.874	0.905	0.478	0.777	0.874	0.909
	MC-LR	0.188	0.494	0.677	0.757	0.278	0.488	0.663	0.773	0.380	0.492	0.675	0.775	0.174	0.510	0.683	0.764	0.332	0.466	0.663	0.746

76

ตาราง4.22 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

$r=\frac{\sigma_r^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.007	0.016	0.013	0.012	0.007	0.009	0.011	0.012	0.008	0.009	0.007	0.008	0.011	0.006	0.007	0.007	0.006	0.008	0.009	0.016
	MC-LR	0.012	0.011	0.014	0.019	0.012	0.013	0.012	0.016	0.018	0.012	0.013	0.009	0.016	0.015	0.015	0.011	0.009	0.015	0.011	0.024
r=0.01	F	0.011	0.019	0.018	0.022	0.011	0.011	0.015	0.019	0.010	0.010	0.011	0.010	0.013	0.011	0.012	0.015	0.012	0.012	0.010	0.018
	MC-LR	0.014	0.015	0.019	0.022	0.017	0.015	0.018	0.019	0.019	0.015	0.018	0.010	0.019	0.020	0.018	0.016	0.015	0.014	0.016	0.026
r=0.05	F	0.013	0.023	0.033	0.037	0.014	0.023	0.025	0.055	0.013	0.020	0.029	0.047	0.015	0.021	0.019	0.037	0.013	0.025	0.028	0.040
	MC-LR	0.016	0.016	0.023	0.040	0.016	0.017	0.027	0.020	0.023	0.023	0.030	0.011	0.020	0.024	0.020	0.020	0.016	0.016	0.026	0.035
r=0.1	F	0.015	0.034	0.061	0.094	0.018	0.033	0.053	0.091	0.020	0.027	0.041	0.085	0.020	0.031	0.051	0.088	0.014	0.037	0.063	0.086
	MC-LR	0.018	0.019	0.040	0.060	0.020	0.030	0.050	0.025	0.029	0.025	0.038	0.018	0.025	0.025	0.032	0.025	0.017	0.018	0.035	0.068
r=1	F	0.094	0.462	0.693	0.776	0.106	0.453	0.685	0.801	0.071	0.442	0.643	0.786	0.091	0.426	0.681	0.759	0.087	0.449	0.641	0.771
	MC-LR	0.027	0.191	0.420	0.593	0.022	0.197	0.445	0.584	0.031	0.212	0.405	0.569	0.028	0.201	0.424	0.558	0.029	0.194	0.397	0.585
r=1.5	F	0.148	0.616	0.819	0.873	0.152	0.616	0.800	0.861	0.140	0.599	0.802	0.859	0.143	0.636	0.681	0.877	0.148	0.587	0.799	0.885
	MC-LR	0.046	0.366	0.600	0.736	0.041	0.340	0.590	0.712	0.045	0.333	0.607	0.720	0.046	0.350	0.568	0.724	0.057	0.334	0.602	0.757

77

ตาราง4.23 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

$r=\frac{\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.041	0.045	0.058	0.059	0.039	0.054	0.049	0.053	0.055	0.045	0.050	0.046	0.050	0.050	0.048	0.054	0.042	0.049	0.055	0.049
	MC-LR	0.050	0.052	0.059	0.034	0.041	0.060	0.051	0.061	0.056	0.048	0.052	0.050	0.053	0.055	0.065	0.055	0.059	0.054	0.050	0.051
r=0.01	F	0.058	0.052	0.067	0.073	0.055	0.056	0.056	0.058	0.058	0.049	0.055	0.053	0.054	0.061	0.052	0.072	0.054	0.050	0.066	0.072
	MC-LR	0.059	0.053	0.070	0.053	0.064	0.063	0.057	0.061	0.060	0.062	0.056	0.059	0.060	0.065	0.069	0.078	0.062	0.059	0.053	0.079
r=0.05	F	0.064	0.103	0.120	0.138	0.059	0.094	0.102	0.141	0.064	0.094	0.107	0.139	0.062	0.085	0.104	0.134	0.057	0.085	0.107	0.141
	MC-LR	0.069	0.073	0.099	0.052	0.070	0.099	0.105	0.139	0.065	0.080	0.057	0.142	0.062	0.080	0.109	0.139	0.069	0.079	0.099	0.159
r=0.1	F	0.063	0.112	0.174	0.222	0.070	0.119	0.162	0.212	0.053	0.127	0.174	0.237	0.077	0.118	0.169	0.228	0.063	0.127	0.192	0.215
	MC-LR	0.070	0.089	0.145	0.070	0.075	0.119	0.156	0.189	0.070	0.119	0.150	0.222	0.077	0.110	0.159	0.201	0.079	0.100	0.102	0.199
r=1	F	0.276	0.657	0.817	0.888	0.275	0.672	0.826	0.901	0.245	0.656	0.815	0.874	0.294	0.625	0.804	0.877	0.297	0.633	0.813	0.869
	MC-LR	0.105	0.387	0.614	0.706	0.116	0.379	0.602	0.726	0.082	0.380	0.563	0.709	0.105	0.455	0.592	0.691	0.110	0.359	0.556	0.709
r=1.5	F	0.395	0.781	0.894	0.953	0.424	0.772	0.891	0.923	0.382	0.793	0.903	0.930	0.379	0.788	0.879	0.937	0.392	0.778	0.901	0.946
	MC-LR	0.169	0.549	0.752	0.836	0.165	0.529	0.724	0.814	0.152	0.525	0.743	0.812	0.160	0.580	0.720	0.815	0.166	0.591	0.741	0.842

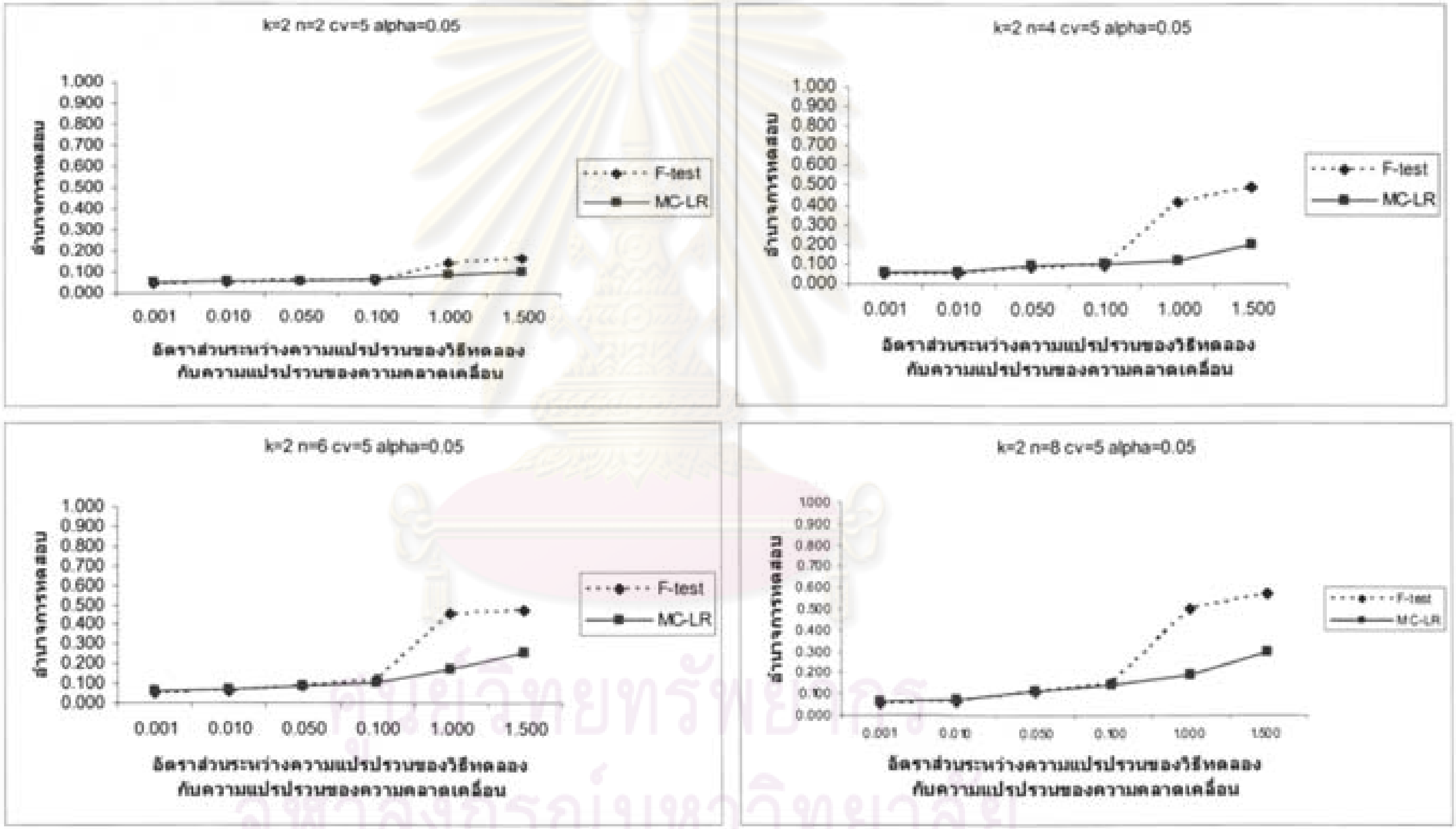
78

ตาราง4.24 แสดงการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นเมื่อจำนวนวิธีทดลอง (k) เท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.1$

$r=\frac{\sigma_\tau^2}{\sigma_e^2}$	สถิติทดสอบ	C.V.% = 5				C.V.% = 10				C.V.% = 15				C.V.% = 20				C.V.% = 25			
		n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8	n=2	n=4	n=6	n=8
r=0.001	F	0.084	0.097	0.097	0.120	0.092	0.099	0.109	0.096	0.096	0.092	0.117	0.084	0.095	0.093	0.093	0.111	0.089	0.092	0.117	0.099
	MC-LR	0.102	0.100	0.101	0.130	0.099	0.109	0.111	0.101	0.110	0.099	0.120	0.095	0.088	0.096	0.107	0.111	0.129	0.113	0.120	0.121
r=0.01	F	0.104	0.104	0.131	0.132	0.109	0.115	0.122	0.115	0.106	0.114	0.118	0.124	0.108	0.095	0.109	0.127	0.121	0.105	0.123	0.122
	MC-LR	0.112	0.111	0.149	0.142	0.111	0.120	0.139	0.120	0.119	0.119	0.125	0.130	0.113	0.106	0.119	0.130	0.135	0.123	0.139	0.145
r=0.05	F	0.121	0.171	0.194	0.210	0.117	0.159	0.174	0.245	0.111	0.166	0.177	0.232	0.113	0.135	0.177	0.215	0.126	0.158	0.187	0.210
	MC-LR	0.129	0.169	0.200	0.189	0.121	0.170	0.169	0.245	0.121	0.168	0.170	0.212	0.119	0.121	0.165	0.215	0.143	0.155	0.187	0.220
r=0.1	F	0.134	0.188	0.286	0.318	0.144	0.216	0.261	0.338	0.126	0.209	0.268	0.335	0.137	0.212	0.281	0.321	0.199	0.200	0.280	0.301
	MC-LR	0.132	0.185	0.255	0.200	0.139	0.200	0.250	0.300	0.126	0.199	0.230	0.295	0.128	0.196	0.211	0.315	0.189	0.189	0.256	0.238
r=1	F	0.412	0.753	0.863	0.921	0.428	0.758	0.876	0.933	0.405	0.759	0.880	0.909	0.432	0.735	0.869	0.919	0.453	0.737	0.880	0.910
	MC-LR	0.183	0.494	0.695	0.773	0.189	0.495	0.688	0.798	0.148	0.471	0.655	0.783	0.198	0.455	0.682	0.762	0.192	0.477	0.655	0.770
r=1.5	F	0.539	0.859	0.933	0.958	0.566	0.845	0.921	0.953	0.539	0.846	0.936	0.950	0.529	0.849	0.921	0.953	0.547	0.844	0.934	0.966
	MC-LR	0.284	0.650	0.817	0.867	0.297	0.644	0.802	0.861	0.259	0.631	0.805	0.861	0.255	0.661	0.789	0.870	0.274	0.623	0.808	0.881

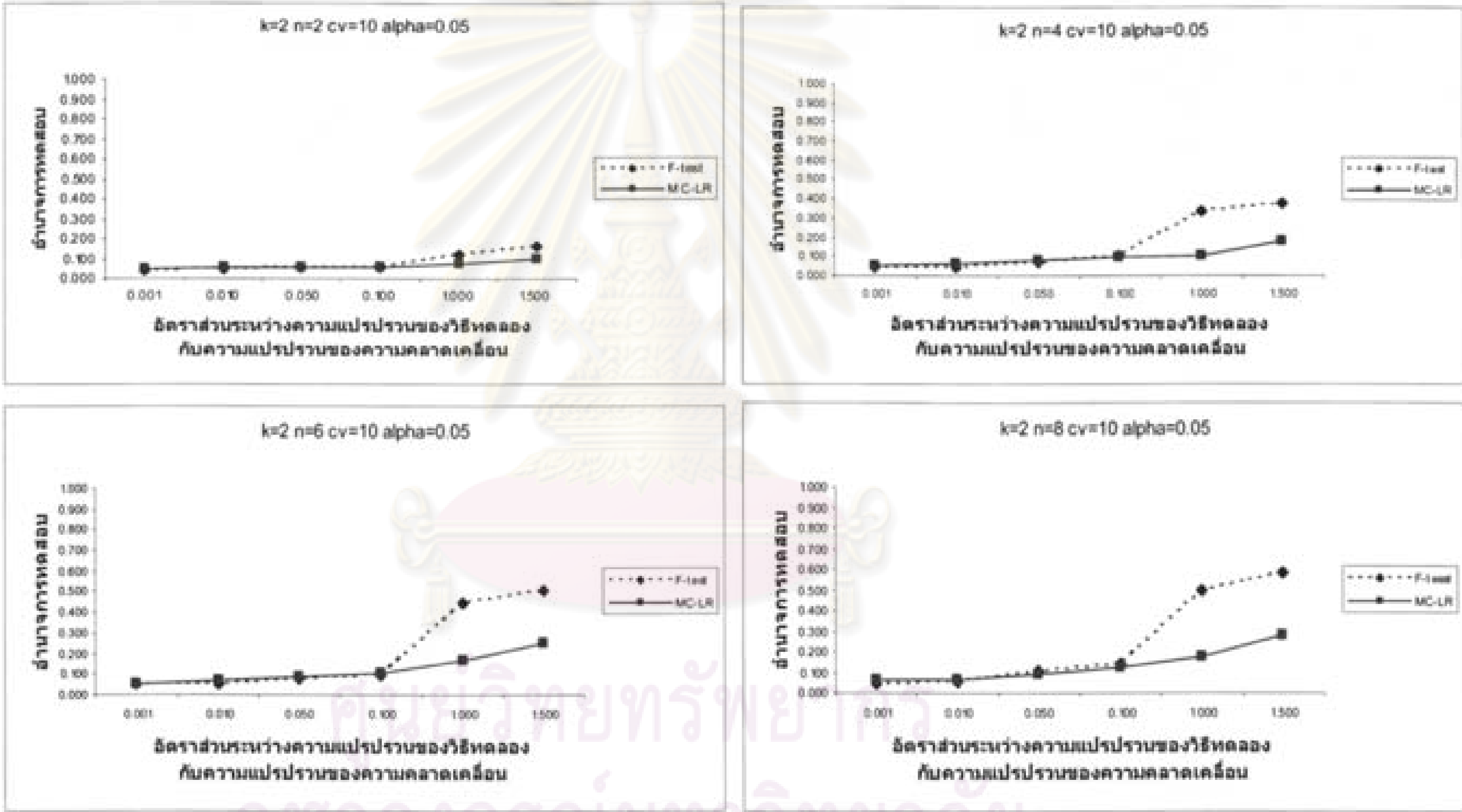
79

รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 2 C.V.=5% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



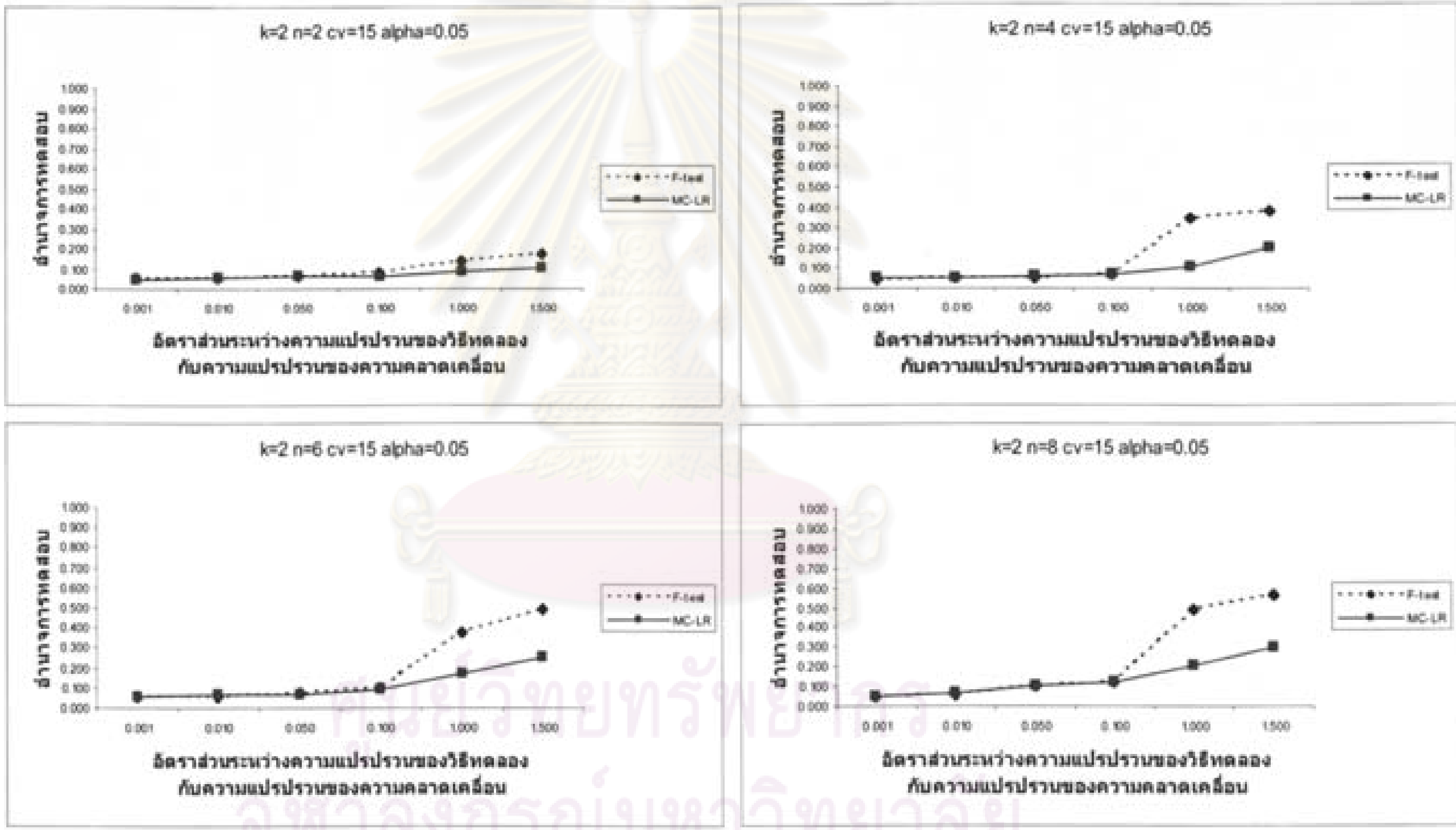
80

รูปที่ 4.1 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 2 C.V.=10% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



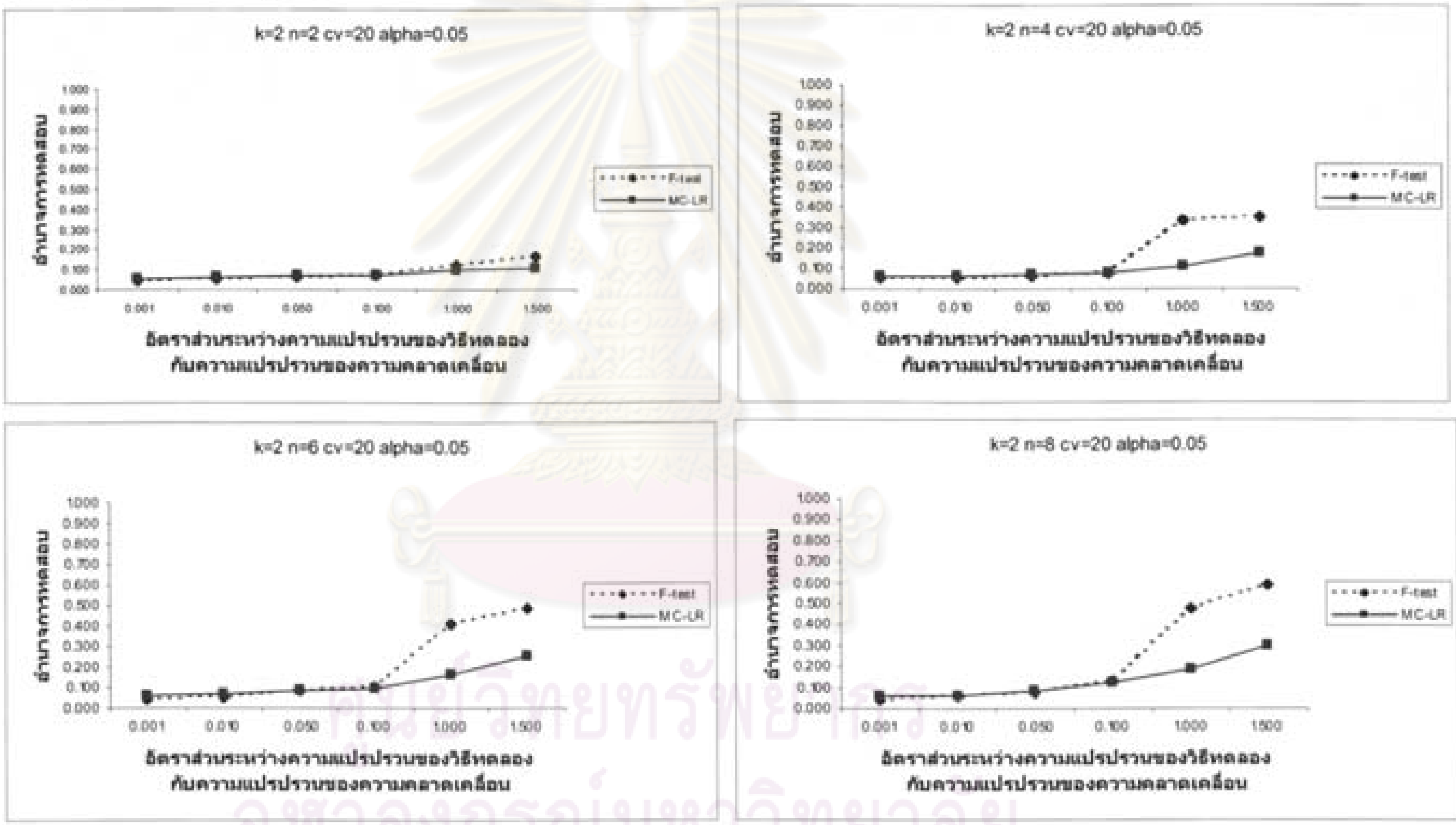
รูปที่ 4.1 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 2

C.V.=15% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



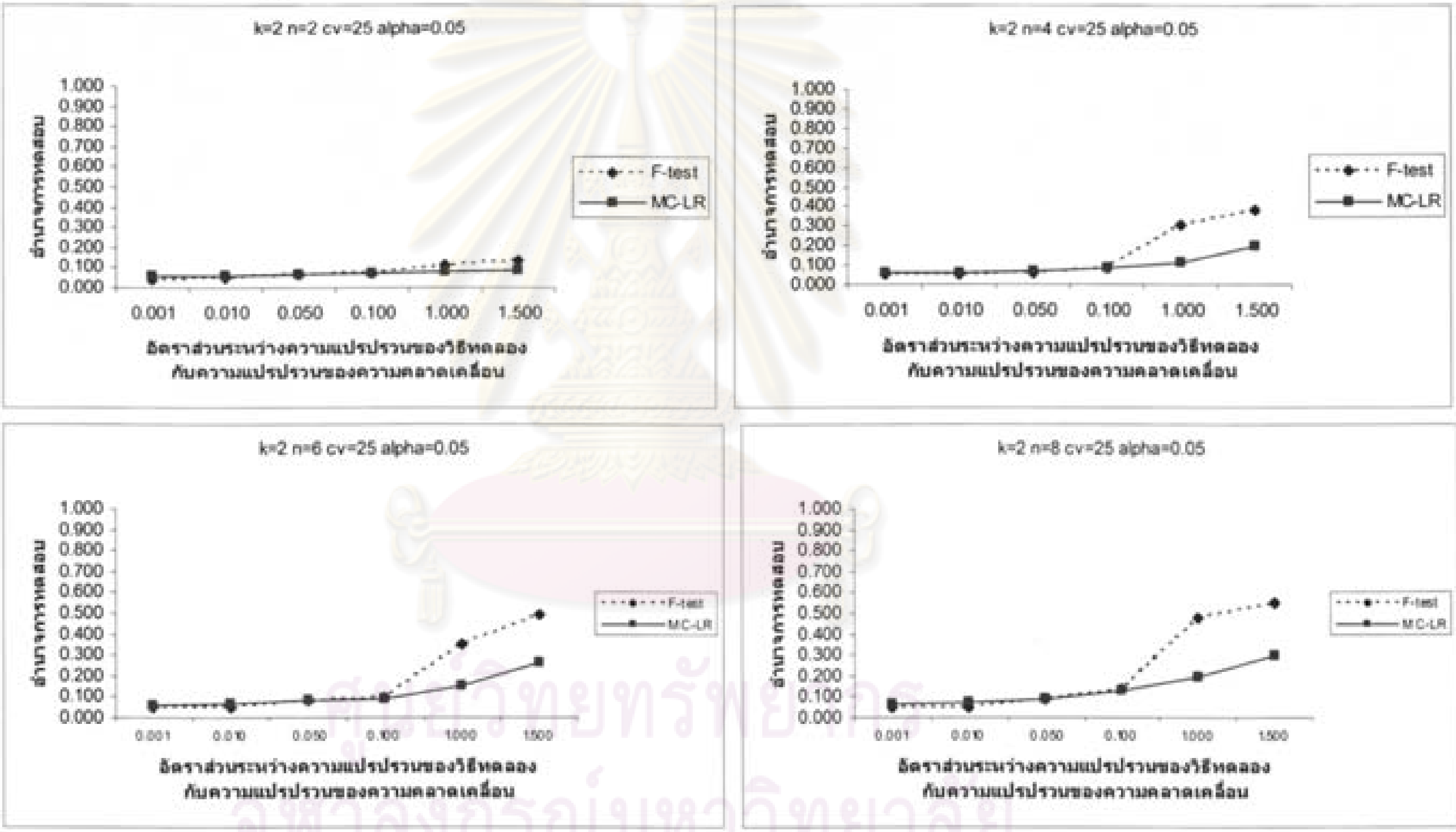
82

รูปที่ 4.1 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 2 C.V.=20% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

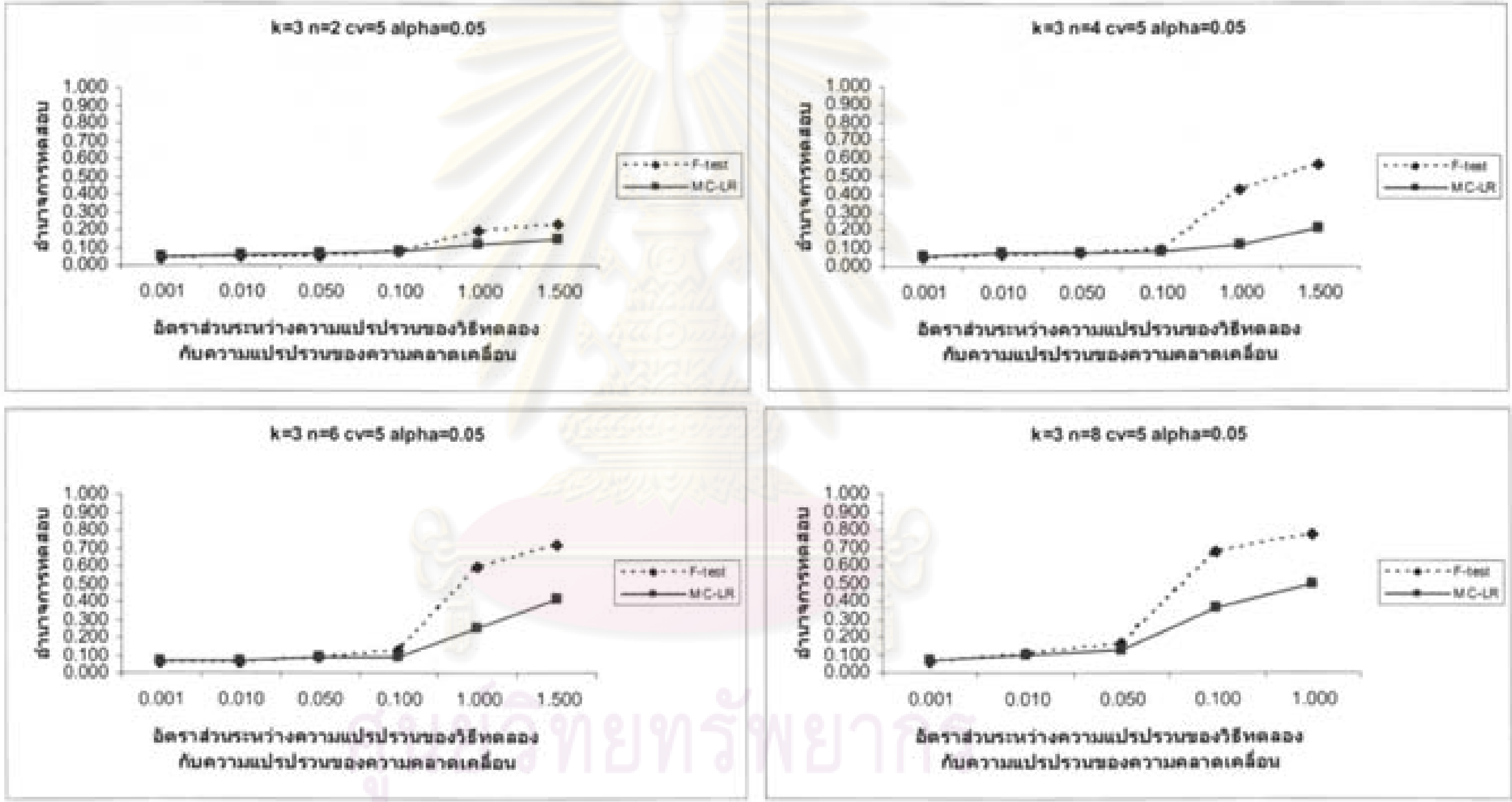


83

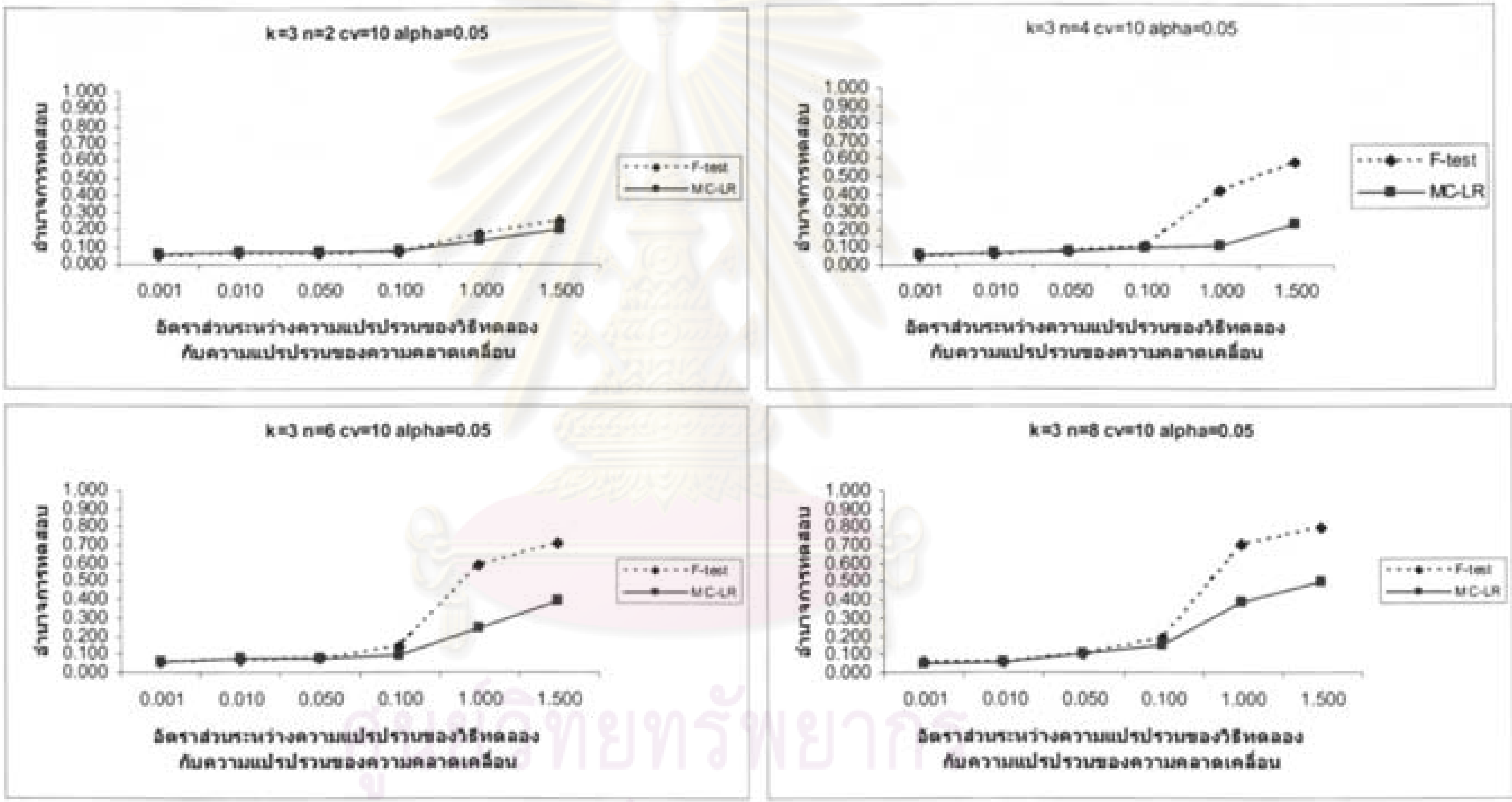
รูปที่ 4.1 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 2 C.V.=25% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 C.V.=5% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

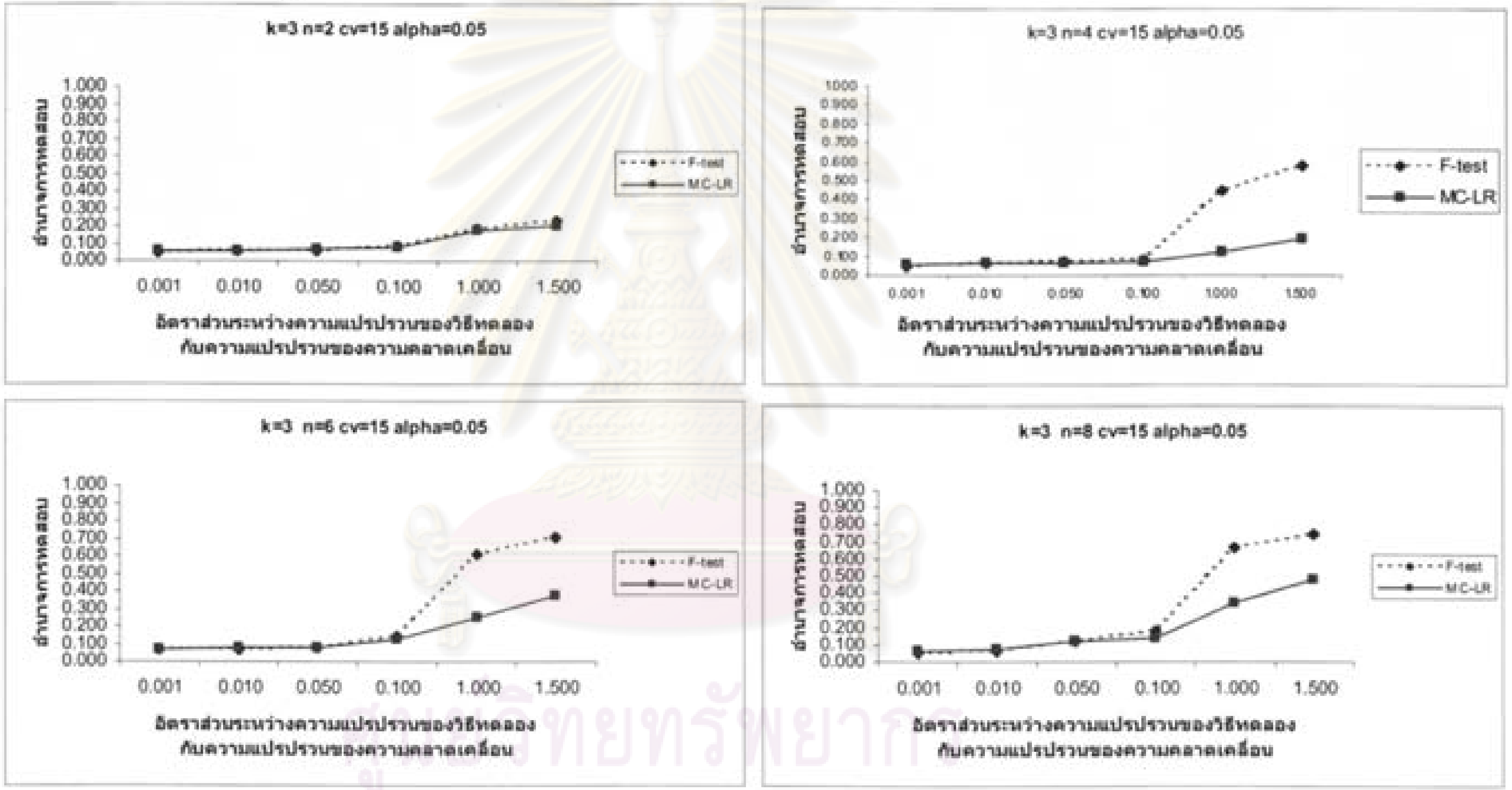


รูปที่ 4.2 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 C.V.=10% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

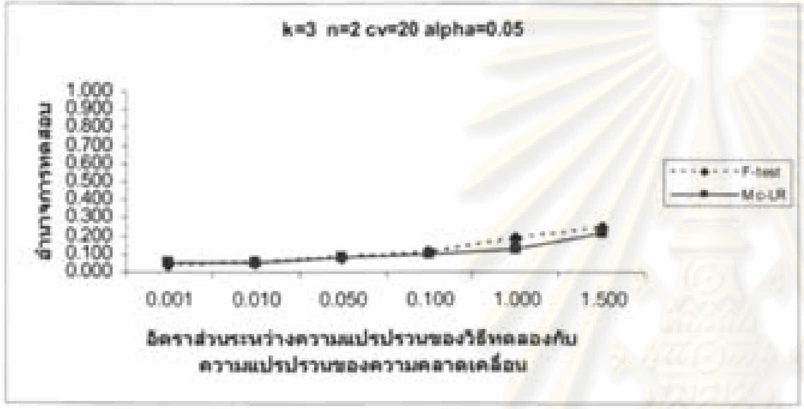


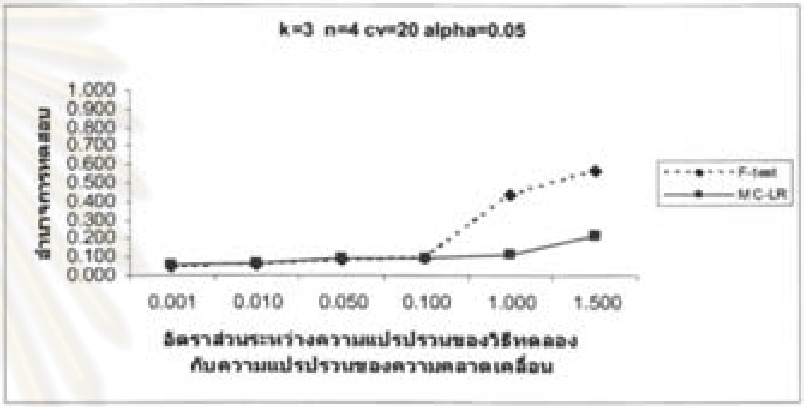
86

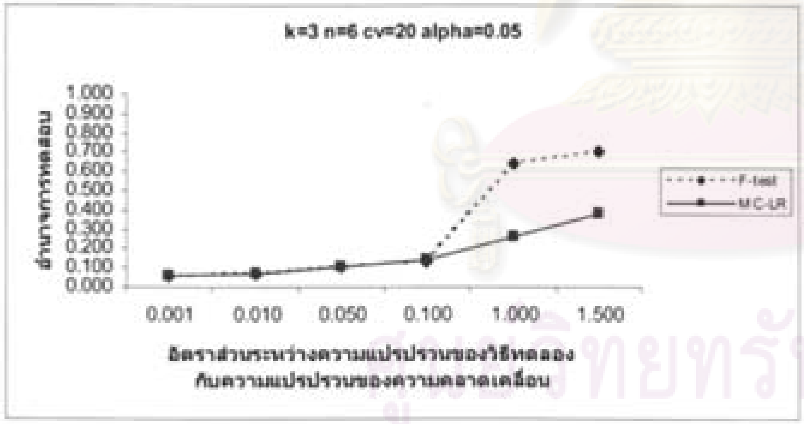
รูปที่ 4.2 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 C.V.=15% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

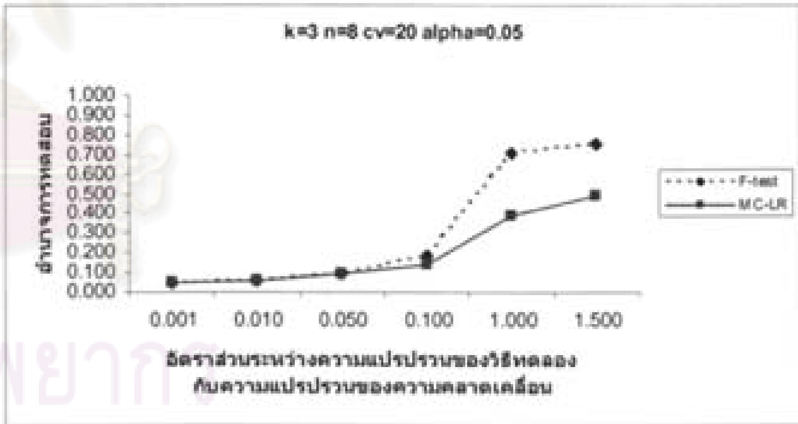


รูปที่ 4.2 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 C.V.=20% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

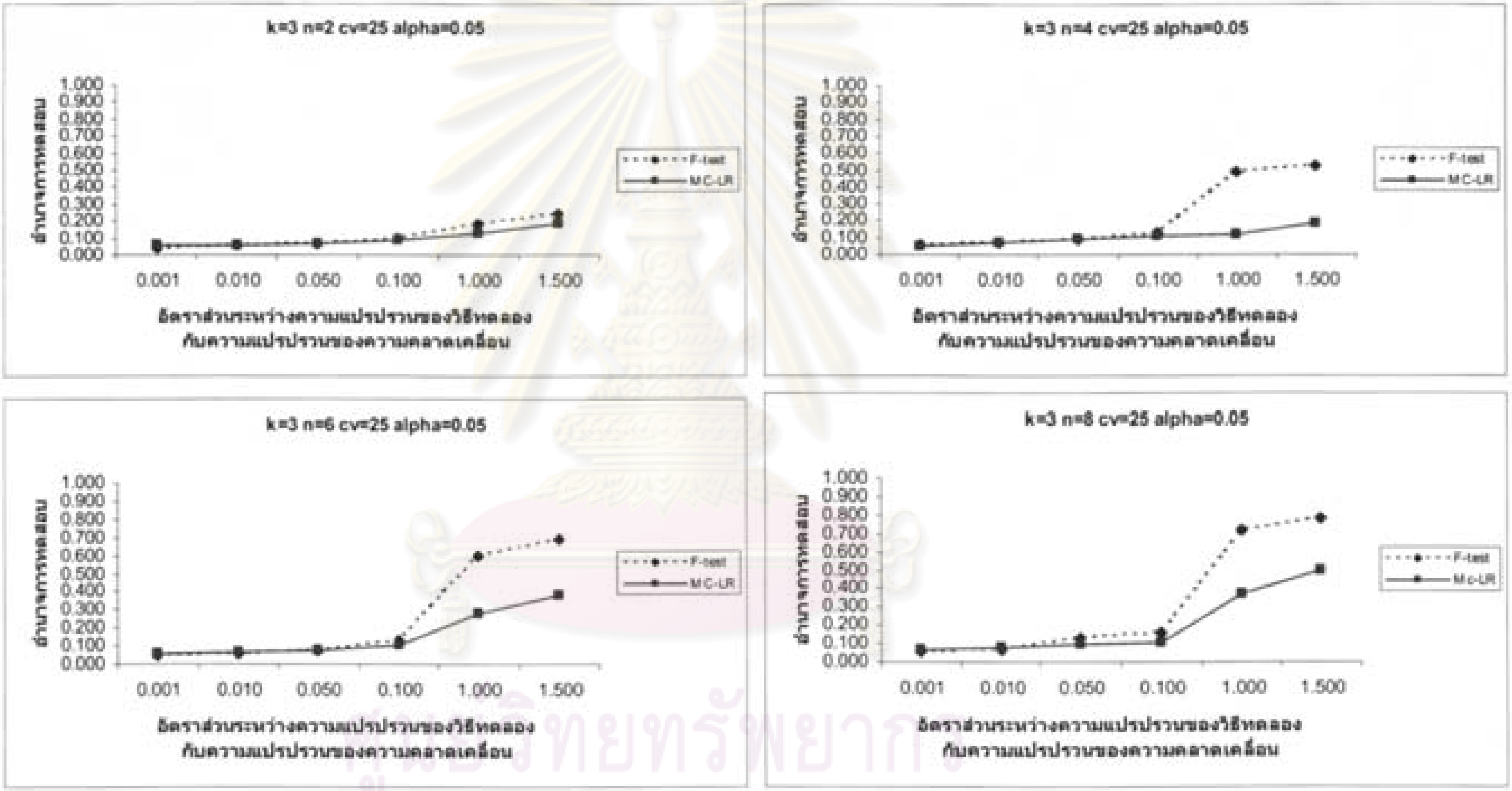




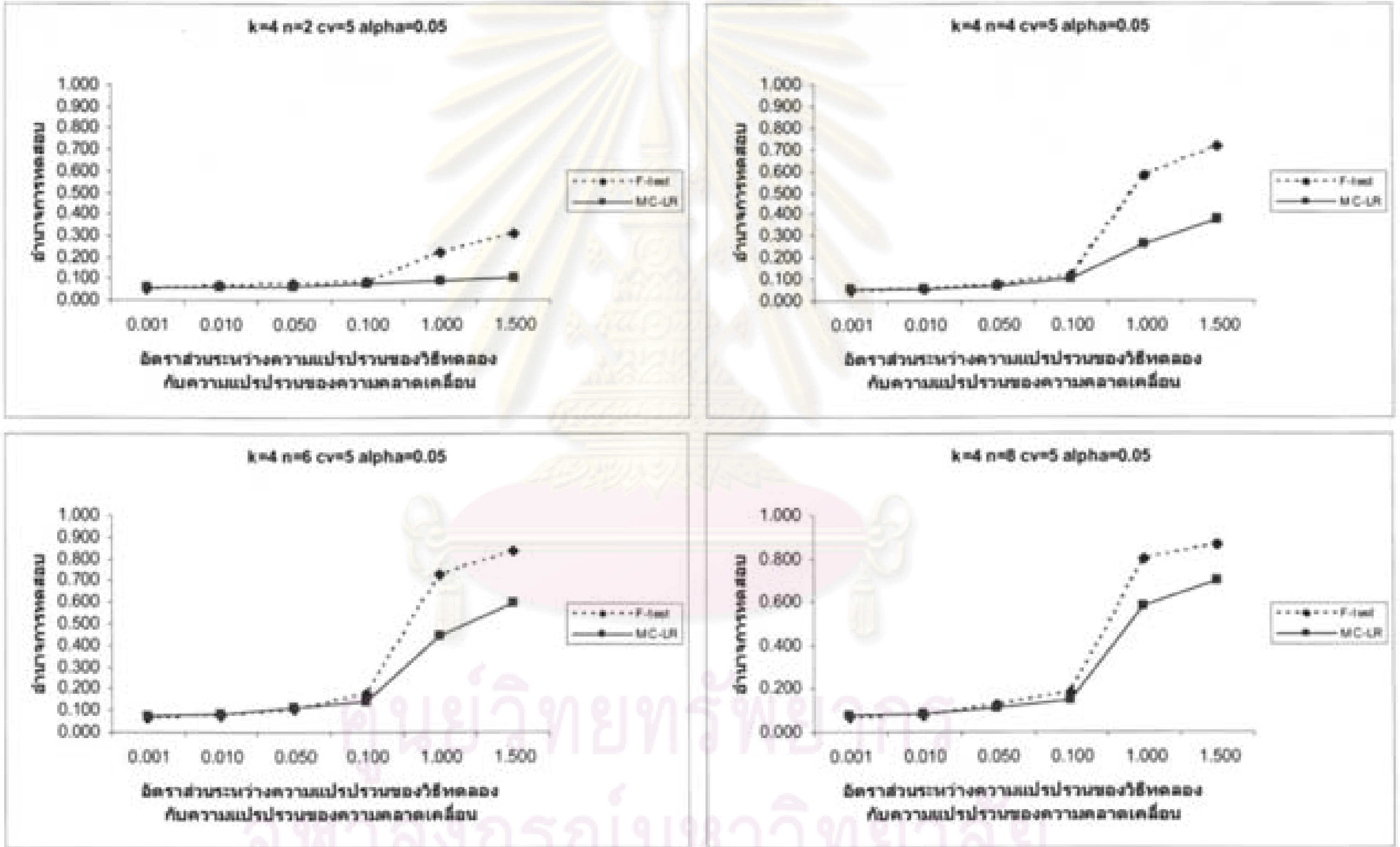




รูปที่ 4.2 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 3 C.V.=25% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

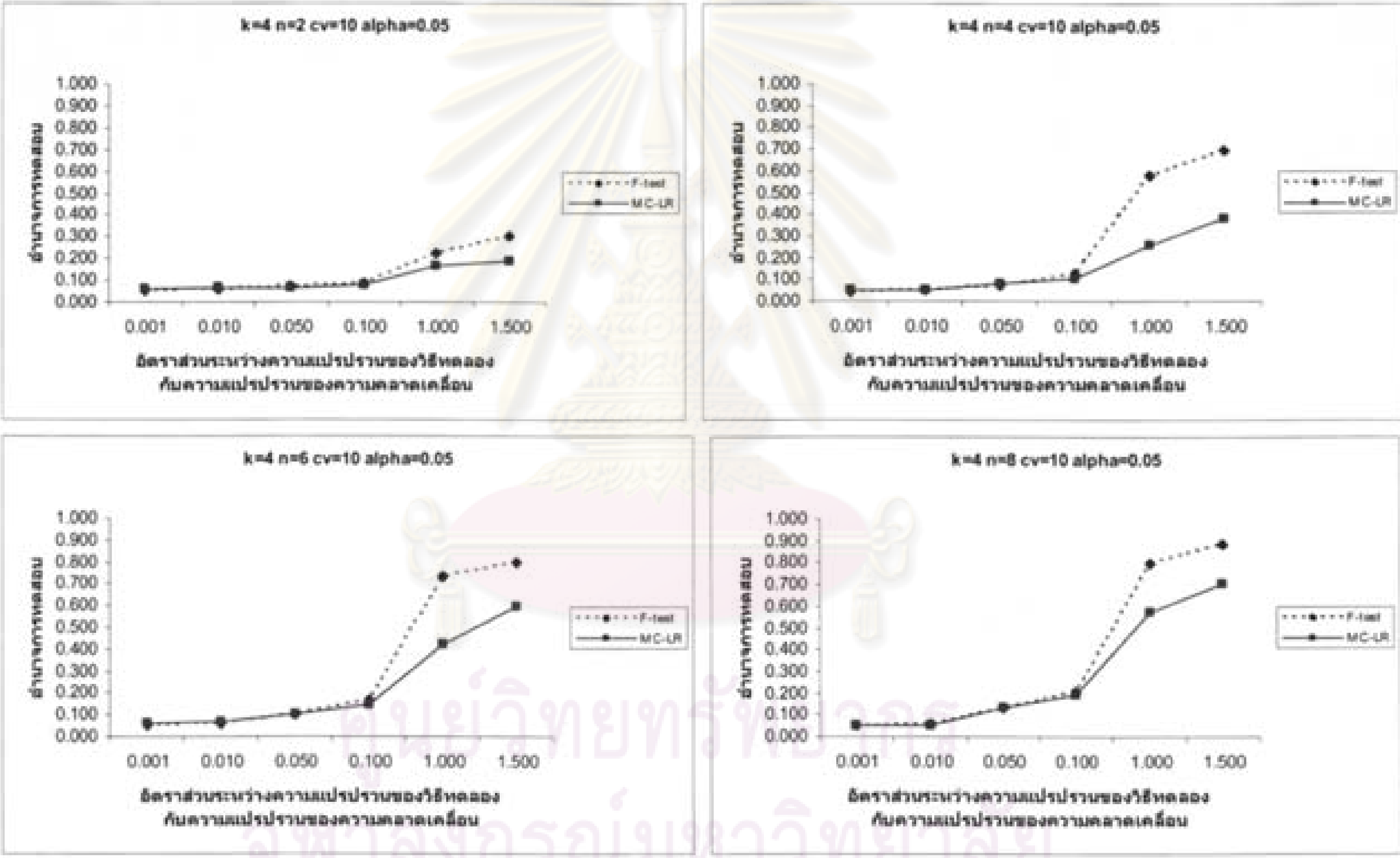


รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 C.V.=5% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

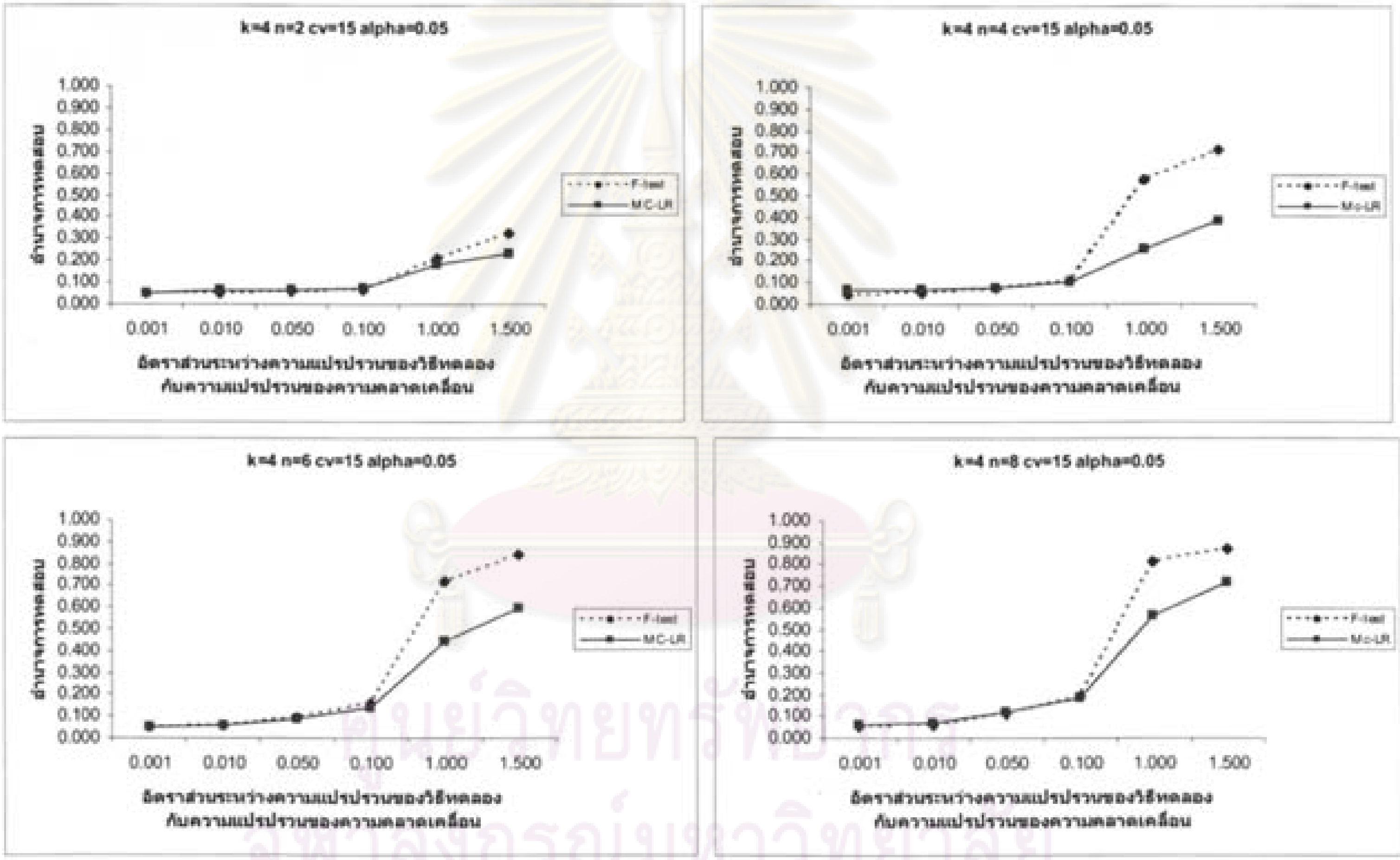


รูปที่ 4.3 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4

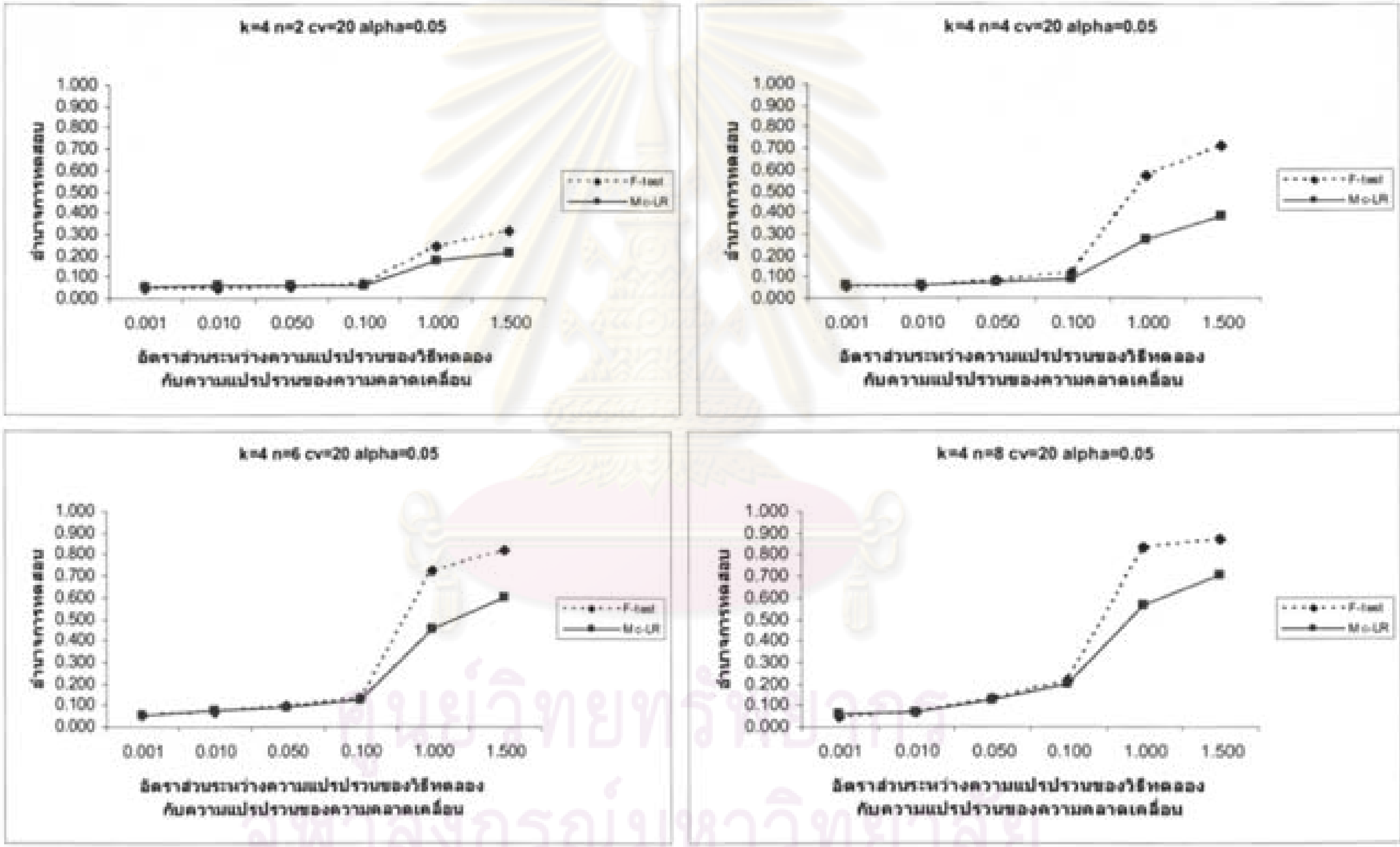
C.V.=10% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



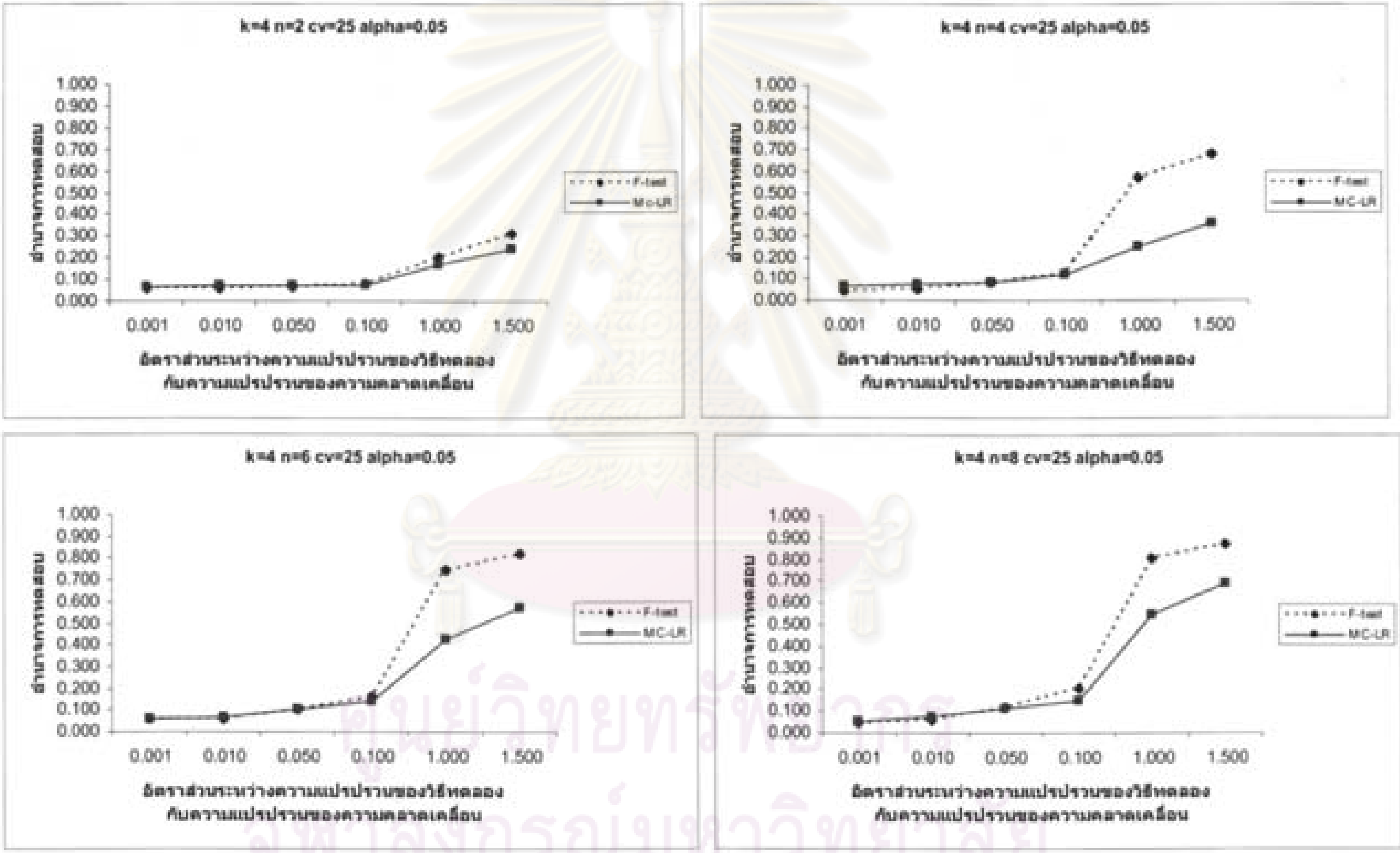
รูปที่ 4.3 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 C.V.=15% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



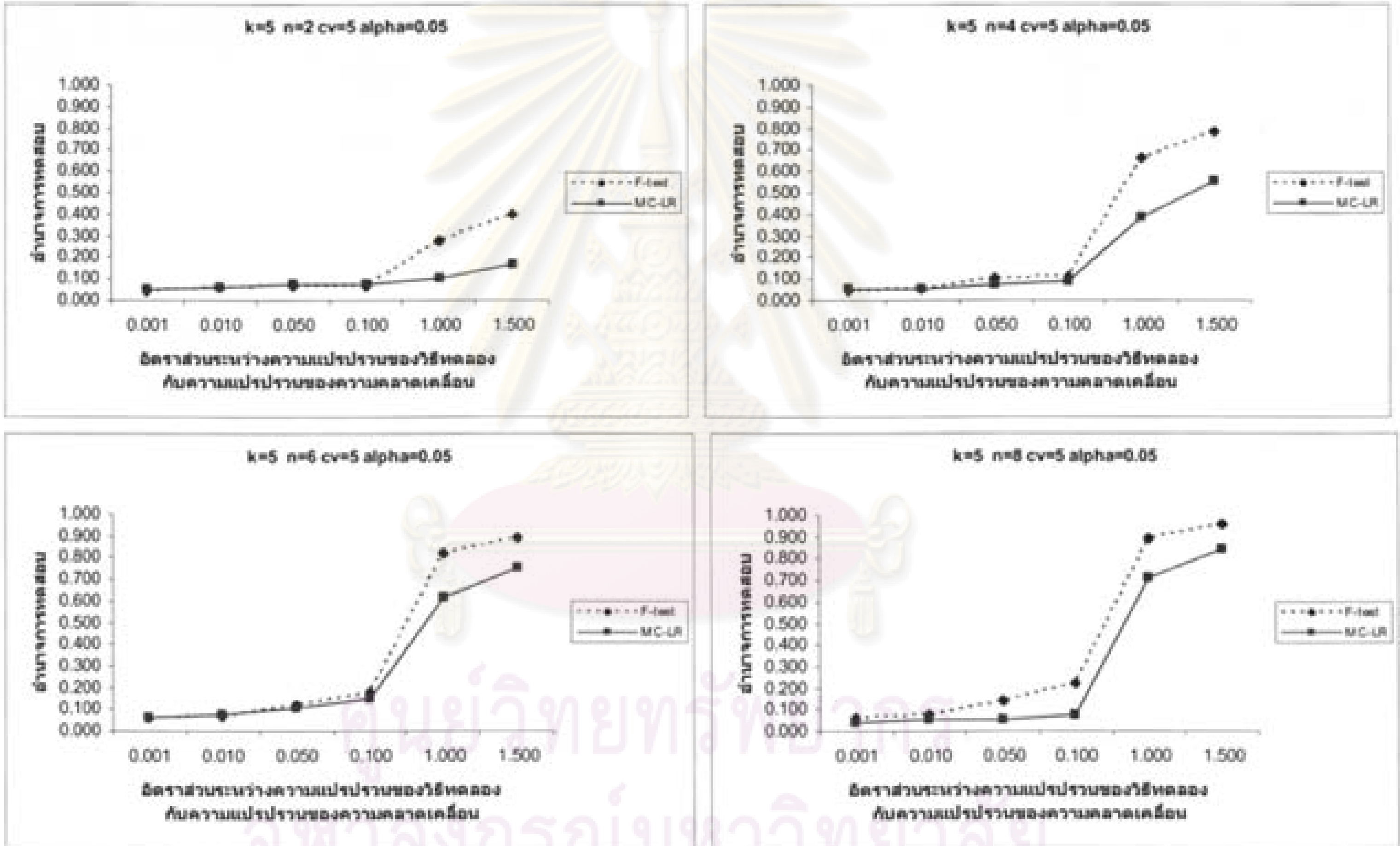
รูปที่ 4.3 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 C.V.=20% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



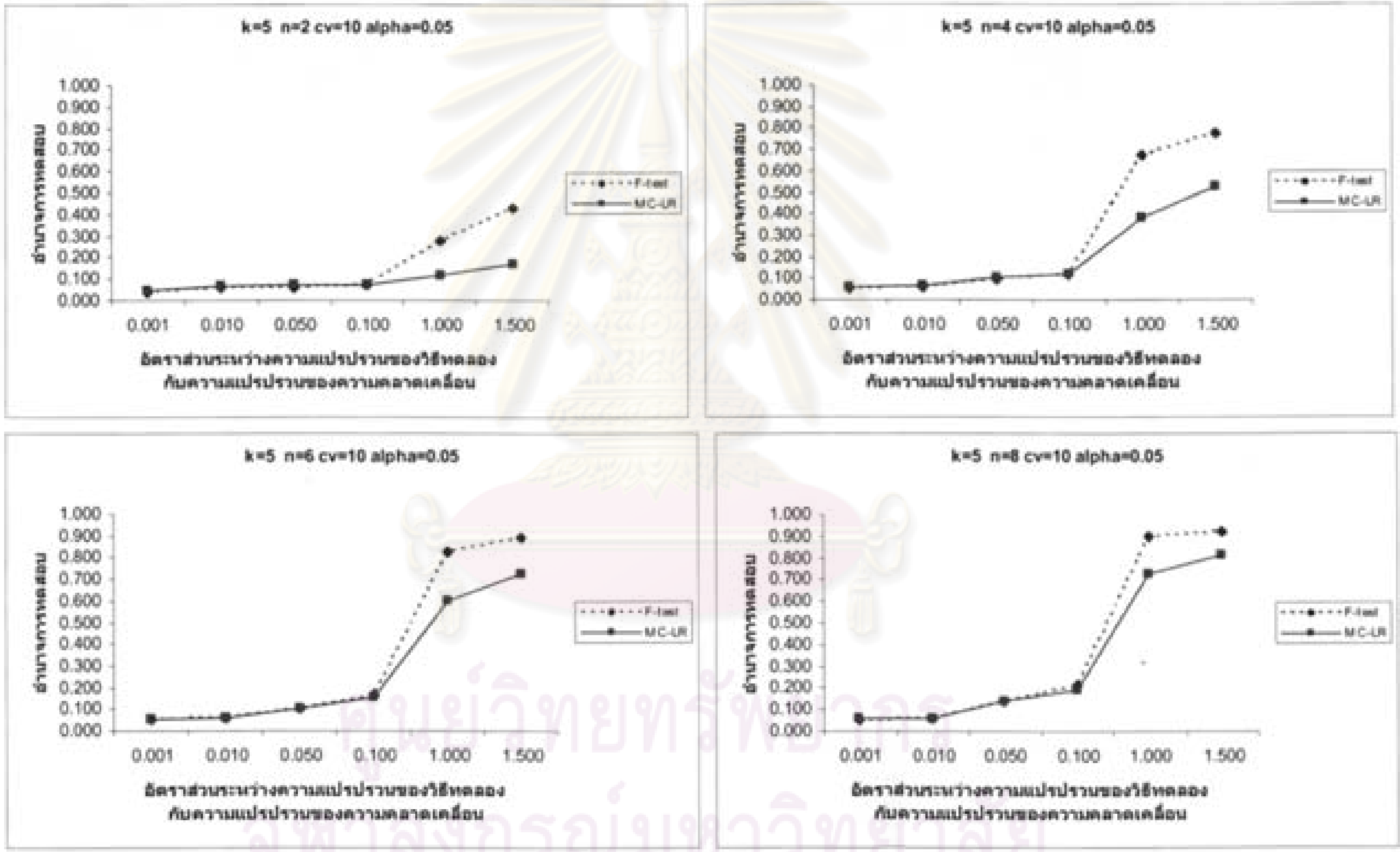
รูปที่ 4.3 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 4 C.V.=25% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 C.V.=5% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

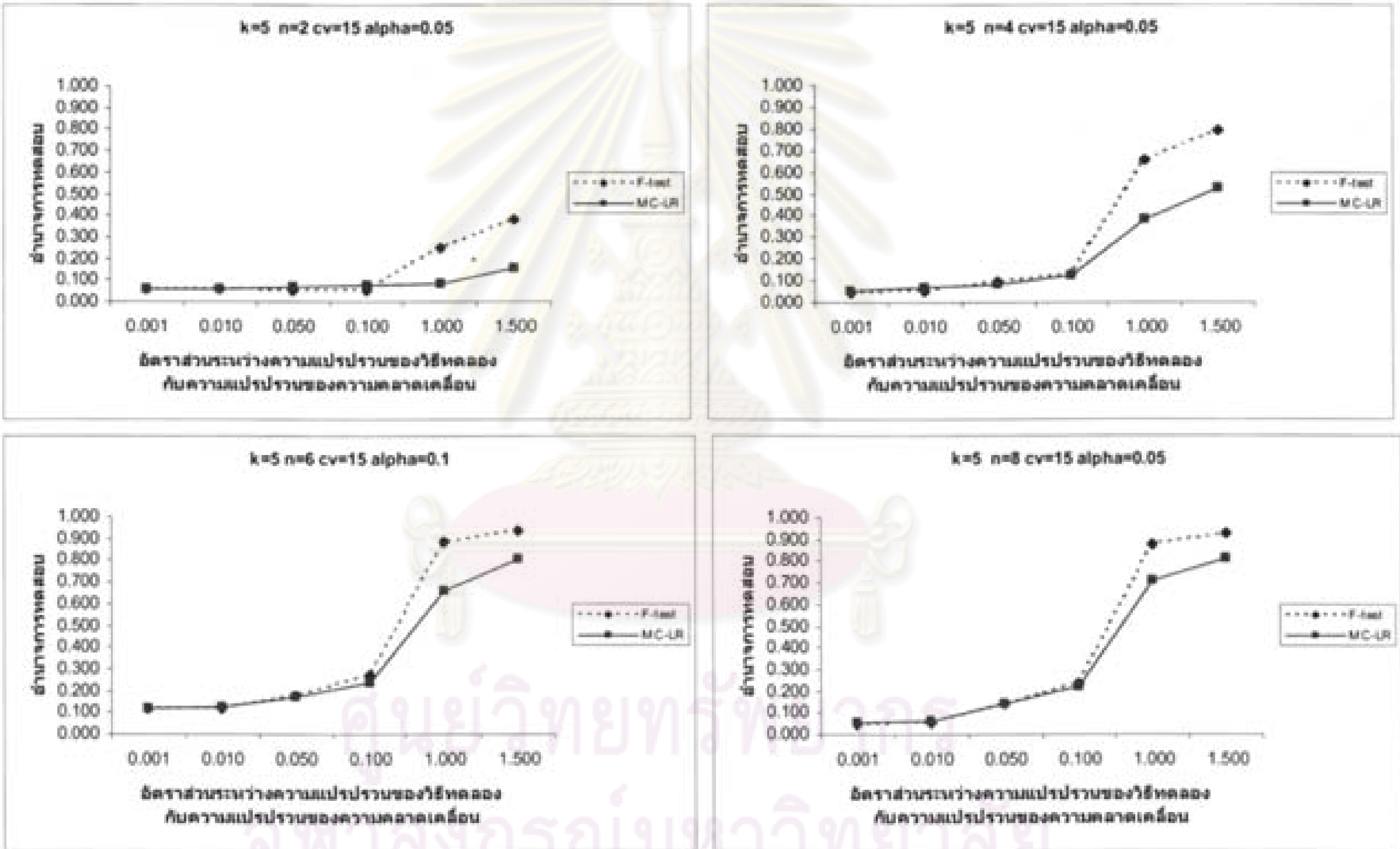


รูปที่ 4.4 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 C.V.=10% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



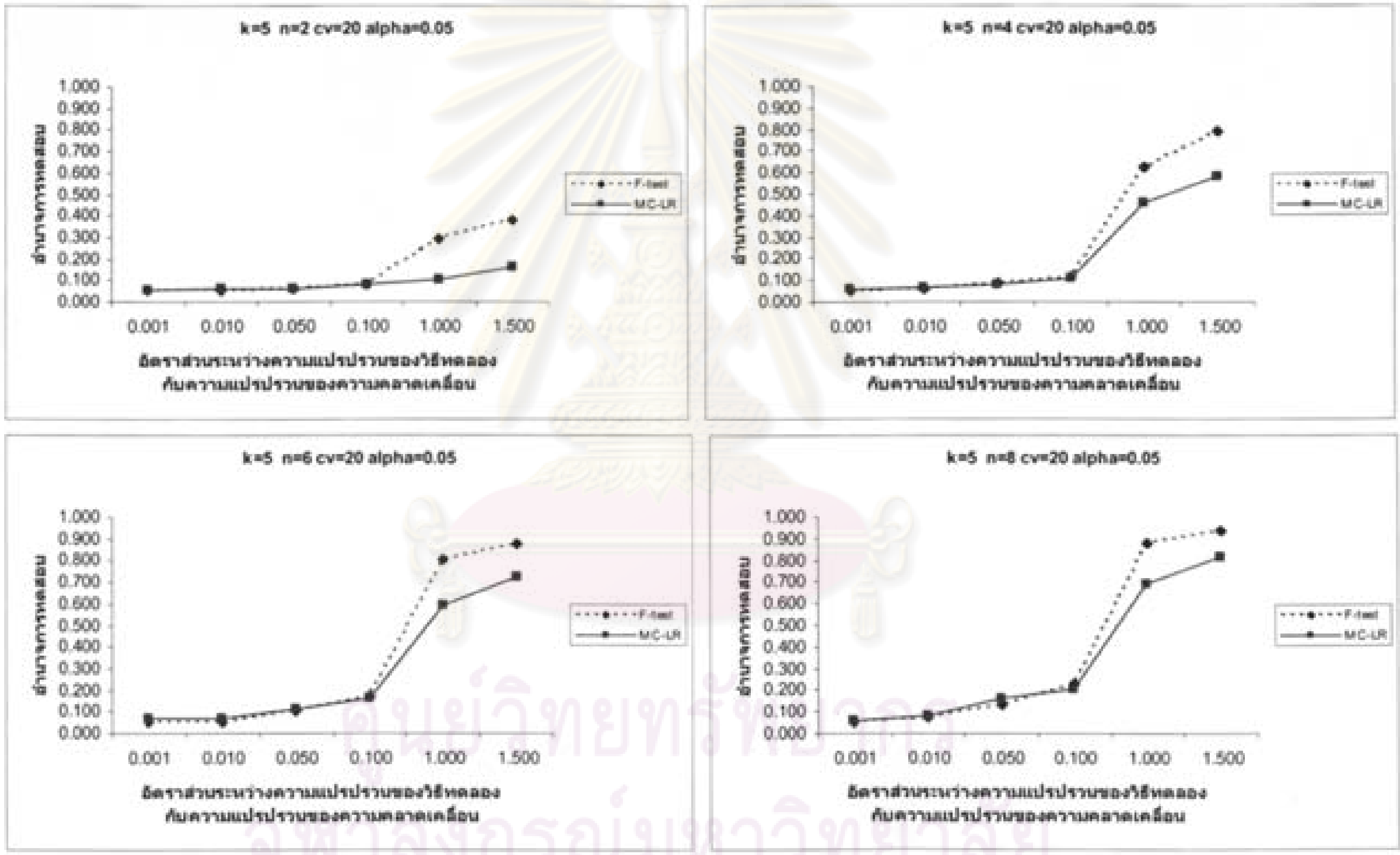
96

รูปที่ 4.4 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 C.V.=15% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

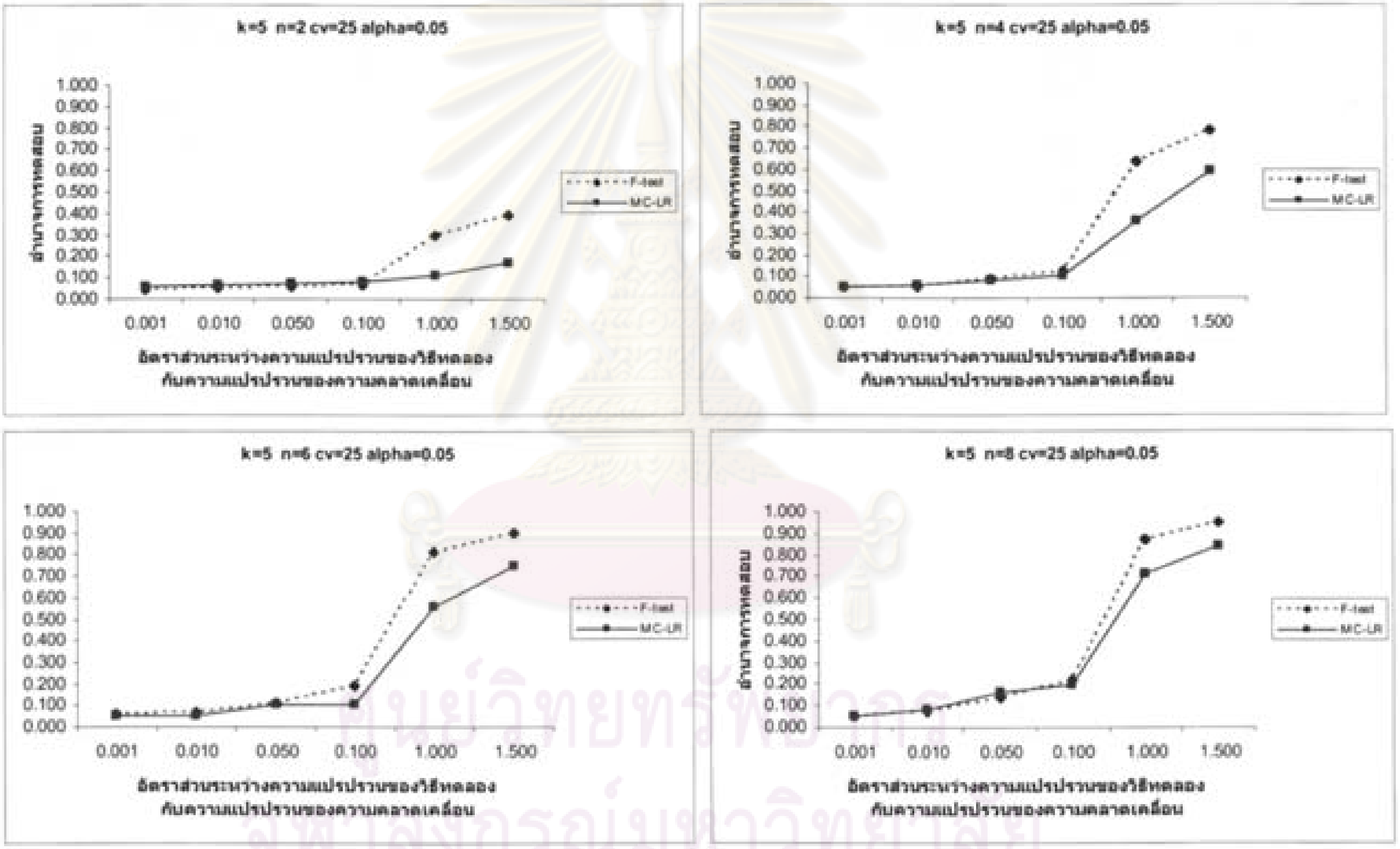


รูปที่ 4.4 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5

C.V.=20% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 4.4 (ต่อ) เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น เมื่อจำนวนวิธีทดลอง เท่ากับ 5 C.V.=25% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้จัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น (MC-LR) ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลองโดยทำการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบเอฟ (F) ผลสรุปที่ได้จากการวิจัยพบว่าทุกระดับนัยสำคัญของการทดสอบทางสถิติมีกรณีที่ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้ค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ซึ่งตัวสถิติทั้งสองตัวสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณีการทดสอบ และเมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (r) มีค่าน้อยกว่า 1 (r = 0.001,0.01 และ0.05) ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ เมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (r) มีค่าเข้าใกล้ 1 หรือมากกว่า (r = 0.1,1 และ1.5) ตัวสถิตทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่า ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟเป็นบางกรณีเท่านั้น ทำให้สรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบทั้งสองวิธีนั้นไม่มีตัวสถิติทดสอบใดเป็นตัวสถิติทดสอบสมมติฐานที่ดีที่สุด

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเฉพาะแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ที่มีปัจจัยทดลองสุ่ม กรณีขนาดตัวอย่างของแต่ละวิธีทดลองเท่ากัน ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นดังนี้

- ค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากันทุกกลุ่ม คือ 50
- ค่าองค์ประกอบความแปรปรวน ซึ่งในที่นี้จะกำหนดในรูป

  $$\frac{\sigma_t^2}{\sigma_e^2} = r$$

  โดย กำหนดให้ r เป็น 0.001 , 0.01 , 0.05 , 0.1 , 1 และ 1.5

  นั่นคือ $\sigma_t^2 = r \times \sigma_e^2$
- จำนวนวิธีทดลองในแผนการทดลอง คือ 2 3 4 และ 5
- จำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง คือ 2 4 6 และ 8
- การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่ศึกษาในแผนการทดลอง มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวน เท่ากับ σ_e^2
- การแจกแจงของวิธีทดลองที่ศึกษาในแผนการทดลอง มีการแจกแจงแบบ

ปกติและเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวน σ_r^2

- ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation) 6 ระดับ คือ 5% 10% 15% 20% และ 25% นั่นคือ $C.V. = \dfrac{\sqrt{\sigma_\tau^2 + \sigma_\varepsilon^2}}{\mu}$
- ระดับนัยสำคัญของการทดสอบในแผนการทดสอง คือ $\alpha = 0.01$ $\alpha = 0.05$ และ $\alpha = 0.1$

ในการพิจารณาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีนั้น จะพิจารณาโดยการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และพิจารณาจากค่าอำนาจการทดสอบที่สูงกว่าก็จะถือว่าตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลองดังกล่าวนั้นจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมกว่า รายละเอียดของผลการวิจัยจะแบ่งการ พิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ผลการวิจัยพบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จำนวนวิธีทดลองและค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันไม่มีผลต่อค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ตัวสถิติทั้งสองสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ผลที่ได้มานั้นยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่าตัวสถิติทดสอบตัวใดเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีกว่ากัน เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณีแล้วจึงพิจารณาอำนาจการทดสอบต่อไป

5.1.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ

ผลการวิจัยเกี่ยวกับค่าอำนาจการทดสอบพบว่า เมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (r) มีค่ามากขึ้น อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีจะสูงขึ้น เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (r) มีค่ามากขึ้นทำให้ความแปรปรวนของวิธีทดลองเพิ่มขึ้นด้วยมีผลทำให้โอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้อำนาจการทดสอบสูงขึ้น เมื่อจำนวน

วิธีทดลองเพิ่มขึ้น ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น และสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงขึ้น อำนาจการทดสอบไม่เห็นแนวโน้มชัดเจนนัก โดยที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้นทำให้โอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเพิ่มขึ้น ค่า Type I error เพิ่มขึ้น ค่า Type II error ลดลง ดังนั้นส่งผลทำให้อำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วย

ผลการวิจัยเกี่ยวกับค่าอำนาจการทดสอบ พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 เมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (r) มีค่าน้อยกว่า 1 (r = 0.001,0.01 และ0.05) ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ เมื่ออัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (r) มีค่าเข้าใกล้ 1 หรือมากกว่า (r = 0.1,1 และ 1.5) ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟ แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้งสอง พบว่าตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟเป็นบางกรณีเท่านั้น

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย ในการเปรียบเทียบตัวสถิติทั้ง 2 วิธีพบว่าสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี วิธีการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีกว่าในกรณีที่อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่า 1 (r = 0.001,0.01 และ0.05) นั่นก็คือในกรณีที่ความแปรปรวนของวิธีทดลองมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน และถ้าอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าใกล้เคียง 1 หรือมากกว่า 1 (r = 0.1,1 และ1.5) นั่นก็คือ ในกรณีที่ความแปรปรวนของวิธีทดลองมีค่ามากกว่าหรือใกล้เคียงกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน การคำนวณวิธีการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบเอฟจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีกว่า พิจารณาโดยรวมแล้วพบว่า ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบเอฟเป็นบางกรณีเท่านั้น ทำให้สรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบทั้งสองวิธีนั้นไม่มีตัวสถิติทดสอบใดเป็นตัวสถิติทดสอบสมมติฐานที่ดีที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ด้านการนำไปใช้

จากผลการวิจัย ในการเปรียบเทียบตัวสถิติทั้ง 2 วิธีพบว่าสามารถควบคุมค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี และให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าในบางกรณี นั่นก็คือในกรณีที่อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่า 1 มากพอ ถ้าไม่มีข้อจำกัดในด้านเวลาและการคำนวณการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีการทดสอบด้วยตัวสถิติมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นก็น่าจะใช้แทนได้เนื่องจากเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีกว่าเพราะให้ค่าอำนาจการทดสอบที่มากกว่า แต่ถ้าในกรณีที่อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าใกล้เคียงหรือมากกว่า 1 การทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบเอฟจะเป็นตัวสถิติทดสอบที่ดีกว่า

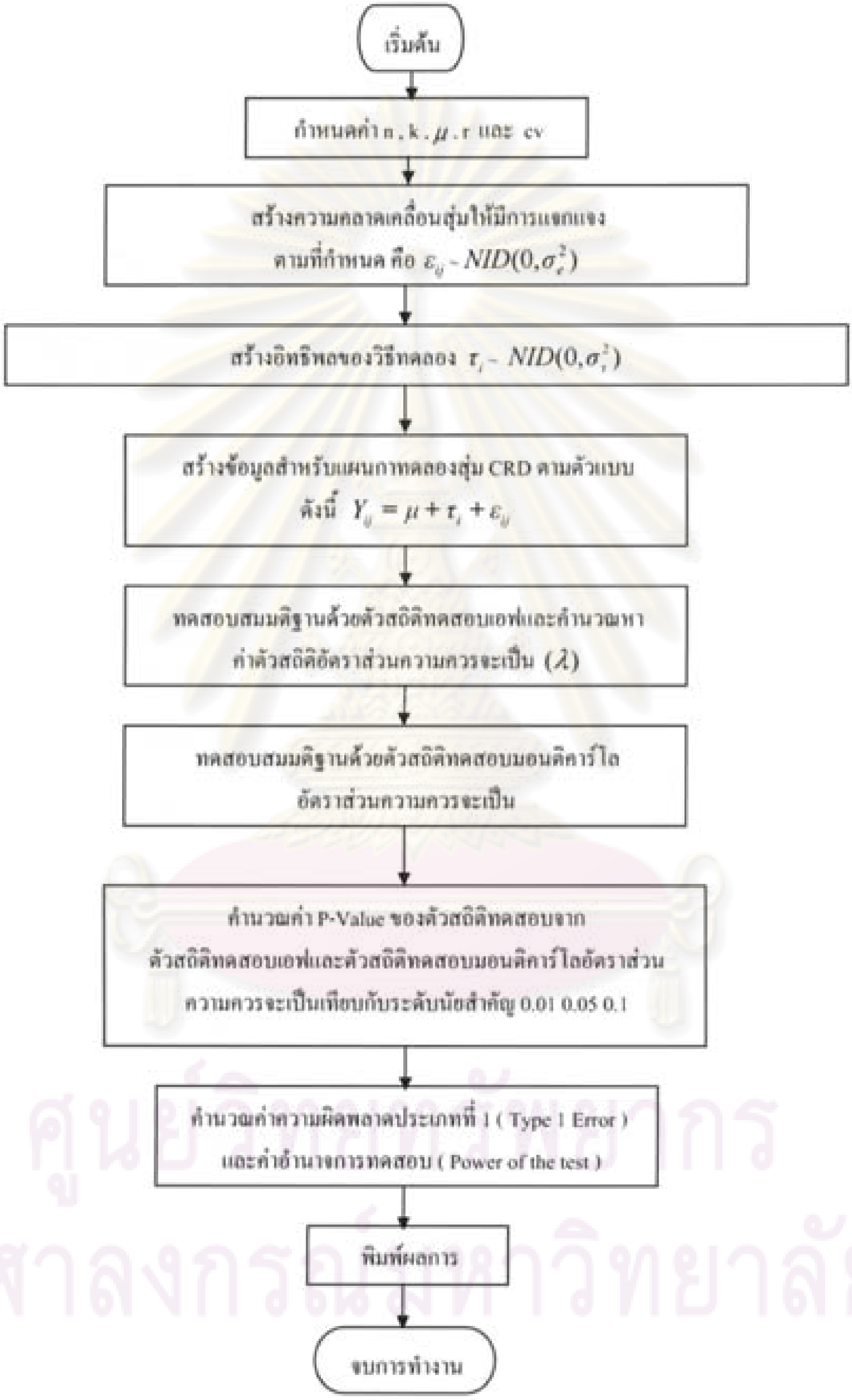
5.2.2 ด้านการศึกษาวิจัย

5.2.2.1 ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลองโดยใช้ตัวสถิติมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นกับตัวสถิติทดสอบเอฟ ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่ปัจจัยทดลองสุ่ม ในงานวิจัยครั้งต่อไปจึงอาจจะทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวสถิติทดสอบอื่น ๆ เพื่อที่จะหาตัวสถิติทดสอบที่ดีที่สุด

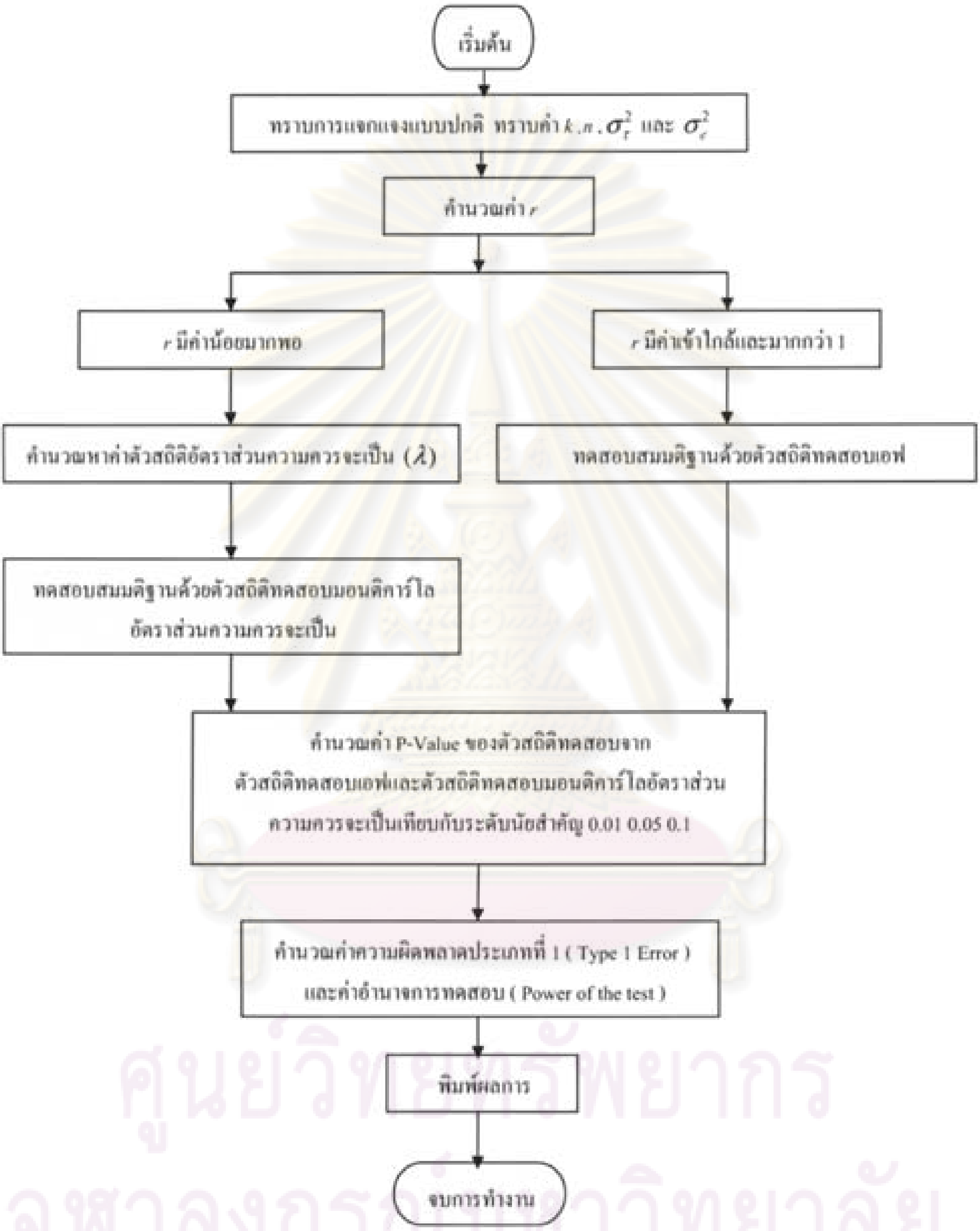
5.2.2.2 ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ข้อกำหนดเบื้องต้นให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้ ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะเปลี่ยนข้อกำหนดเบื้องต้นก็ได้ เช่น การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบอื่นๆ หรือ ข้อมูลที่มีความผิดปกติ

5.2.2.3 การศึกษาครั้งต่อไปอาจจะทำการทดสอบสมมติฐานโดยวิธีทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นในแผนการทดลองอื่นๆ ต่อไป

รูปที่ 5.1 แสดงผังงานการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลองในทางทฤษฎี



รูปที่ 5.2 แสดงผังงานการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของอิทธิพลของวิธีทดลองในทางปฏิบัติจริง



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ธีระพร วีระถาวร.(2536). การอนุมานเชิงสถิติขั้นกลาง: โครงสร้างและความหมาย(พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประชุม สุวัตถี.(2545). ทฤษฎีการอนุมานเชิงสถิติ(พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาดา กีระนันท์.(2545). การอนุมานเชิงสถิติขั้นต้น (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรไท สงวนสินธ์. (2545)การเปรียบเทียบการทดสอบเอฟและการทดสอบมอนติคาร์โลด้วยอัตราส่วน ภาวะน่าจะเป็นสำหรับแผนการทดลองสุ่มแบบสุ่มตลอดที่ปัจจัยทดลองคงที่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

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

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

Manly and Bryan F.J.(1997) Randomizeation Bootstrap and Monte Carlo method in Biology (2^{th} ed.). Chapmam&Hall

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

Shayle R. Searle George Casella Charles E. McCulloch.(1992).Variance Components. New York : John Wiley & Sons.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการตรวจสอบตัวสถิติอัตราส่วนความควรจะเป็น

เนื่องจากค่า $\lambda = \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})}$ ซึ่ง $L(\hat{\Omega})$ เป็นตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดของ $L(\Omega)$ ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของ Ω นั่นคือ $-\infty < \mu_i < \infty$, $0 < \sigma_e^{\,2} < \infty$ และ $0 < \sigma_t^{\,2} < \infty$ และ $L(\hat{\omega})$ เป็นตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดของ $L(\Omega)$ ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของสมมติฐานว่าง H_0 จุดวิกฤตหรือเกณฑ์การตัดสินใจ ในการทดสอบนี้จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $\lambda < \lambda_0$ โดยที่ λ_0 เป็นค่าคงที่ และ $0 < \lambda_0 < 1$ เพราะฉะนั้นจะทำการตรวจสอบว่า $0 \le \lambda \le 1$ หรือไม่

กำหนดให้ $$\lambda = [\frac{kn}{k(n-1)+(k-1)F}]^{\frac{kn}{2}}[\frac{(k-1)F}{k}]^{\frac{k}{2}} \qquad (1)$$

<u>พิสูจน์</u> จะแสดงว่า $0 \le \lambda \le 1$

พิจารณา ที่ค่า F ต่างๆ λ มีค่าเท่าไรบ้าง

เมื่อพิจารณา $F = 0$ แทน $F = 0$ ในสมการที่ (1)

$$\lambda = [\frac{kn}{k(n-1)+(k-1)0}]^{\frac{kn}{2}}[\frac{(k-1)0}{k}]^{\frac{k}{2}}$$

จะได้ $\lambda = 0$ (2)

เมื่อพิจารณา $F \to \infty$ แทน $F \to \infty$ ในสมการที่ (1)

จาก $$\lambda = [\frac{kn}{k(n-1)+(k-1)F}]^{\frac{kn}{2}}[\frac{(k-1)F}{k}]^{\frac{k}{2}}$$

หา limit ของ λ เมื่อ F เข้าใกล้ ∞

นั่นก็คือ $$\lim_{F \to \infty} \frac{(kn)^{\frac{kn}{2}}(k-1)^{\frac{k}{2}}/k^{\frac{k}{2}}}{(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}}}.(F^{\frac{1}{n}})^{\frac{kn}{2}}$$

$$= \lim_{F \to \infty}[(kn)^{\frac{kn}{2}}(k-1)^{\frac{k}{2}}/k^{\frac{k}{2}}][\frac{F^{\frac{1}{n}}}{k(n-1)+(k-1)F}]^{\frac{kn}{2}}$$

$$= \lim_{F \to \infty}[(kn)^{\frac{kn}{2}}(k-1)^{\frac{k}{2}}/k^{\frac{k}{2}}][\frac{\infty^{\frac{1}{n}}}{k(n-1)+(k-1)\infty}]^{\frac{kn}{2}}$$

$= 0$

จะได้ $\lambda = 0$ (3)

เมื่อพิจารณา หาอนุพันธ์ของ λ เพื่อที่จะหาค่าที่ทำให้ λ มีค่ามากที่สุด

เราจะได้ $\lambda_{max.} = \dfrac{\partial \lambda}{\partial F} = 0$ ซึ่ง $\lambda_{max.}$ มีค่าเท่ากับ

$$[(kn)^{\frac{kn}{2}}(k-1)^{\frac{k}{2}}/k^{\frac{k}{2}}][(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}}\frac{k}{2}F^{\frac{k}{2}-1}-F^{\frac{k}{2}}\frac{kn}{2}(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}-1}(k-1)]$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$[(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}}\frac{k}{2}F^{\frac{k}{2}-1}-F^{\frac{k}{2}}\frac{kn}{2}(k(n-1)+(k-1)F)^{\frac{kn}{2}-1}(k-1)]=0$$

นั่นก็คือ $\dfrac{k}{2}[k(n-1)+(k-1)F]^{\frac{kn}{2}-1}F^{\frac{k}{2}-1}[k(n-1)+(k-1)F-nF(k-1)]=0$

จะได้ $\dfrac{k}{2}[k(n-1)+(k-1)F]^{\frac{kn}{2}-1}F^{\frac{k}{2}-1}[k(n-1)+F(k-1)(1-n)]=0$

เพราะฉะนั้น $F = \dfrac{k(n-1)}{(k-1)(n-1)} = \dfrac{k}{k-1}$

นำไปแทนค่าใน λ

จะได้ $\lambda = [\dfrac{kn}{k(n-1)+k}]^{\frac{kn}{2}}[1]^{\frac{k}{2}} = [\dfrac{kn}{kn-k+k}]^{\frac{kn}{2}}[1]^{\frac{k}{2}} = 1$

จะได้ $\lambda = 1$ (4)

จาก (2) , (3) และ (4)

สรุปได้ว่า $0 \le \lambda \le 1$

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างโปรแกรมทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนของวิธีทดลองของตัวสถิติทดสอบเอฟกับตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

```
(*การกำหนดค่าในสถานการณ์ต่าง ๆ ภายใต้สมมติฐานว่าง*)
k_5
n_6
u_50
sd_12.5
rounds_200
loops_1000

#Keep value of F-test
    p.value_array(,dim=c(1,loops))
#Keep value of monte carlo likehood ratio test
    mon.pval_array(,dim=c(1,loops))

for(l in 1:loops)
{
      (*สร้างความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติ*)
      er_array(rnorm(k*n,0,sd),dim=c(k,n))

      (*สร้างวิธีทดลองภายใต้สมมติฐานว่าง*)
      tr_array(c(0,0,0),dim=c(k))

      (*การทดสอบสมมติฐานโดยตัวสถิติทดสอบเอฟ*)

      #Generate y-value for random-effect
        y_array(,dim=c(k,n))
        uu_array(,dim=c(k,1))
        for(i in 1:k)
        {
                for(j in 1:n)
```

```
            {
                y[i,j]_u+tr[i]+er[i,j]
            }
            uu[i]_mean(y[i,])
    }

    sc_0
    for(i in 1:k)
    {
            for(j in 1:n)
            {
                sc_sc+y[i,j]
            }
    }
    sc_(sc^2)/(k*n)

    ss_0
    for(i in 1:k)
    {
            for(j in 1:n)
            {
                ss_ss+y[i,j]^2
            }
    }

    st_0
    str_0
    for(i in 1:k)
    {
        for(j in 1:n)
            {
```

```
                    str_str+y[i,j]
                }
            st_st+(str^2)
            str_0
    }
    st_st/n

#Compute sum of square
    sst_ss-sc
    sstr_st-sc
    sse_sst-sstr

#Compute degree of freedom
    vtr_k-1
    ver_k*(n-1)

#Compute mean square
    mstr_sstr/vtr
    mser_sse/ver

#Compute variance
    var_mser+(mstr-mser)/n
    s.var_sqrt(var)

#Compute p-value of  F test
    f.stat_mstr/mser
    f.stat_round(f.stat,dig=5)
    f.stat
    p.value[l]_round(1-pf(f.stat,vtr,ver),dig=5)
print(p.value[l])
(*การคำนวณค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นจากข้อมูลตัวสถิติทดสอบเอฟ*)
    equation1_k*(n-1)+((k-1)*f.stat)
```

```
        equation2_(k*n)/ equation1
        equation3_(k*n)/2
        equation4_ equation2^ equation3
        equation5_((k-1)*f.stat)/k
        equation6_k/2
        equation7_( equation5)^ equation6
        solution_ equation4* equation7
    li.ratio_round(solution,dig=10)
```

(*การทดสอบสมมติฐานโดยตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น*)

```
 #Monte carlo likelihood ratio test
    y.mon_array(,dim=c(k,n))
    li.ratio1_array(,dim=c(1,trials))

for(z in 1:rounds)
{
        for(i in 1:k)
        {
                for(j in 1:n)
                {
                    y.mon[i,j]_rnorm(1,uu,s.var)
                }
        }

         sc.mon_0
         for(i in 1:k)
         {
                for(j in 1:n)
                {
                    sc.mon_sc.mon+y.mon[i,j]
                }
         }
```

```
 sc.mon_(sc.mon^2)/(k*n)

 ss.mon_0
 for(i in 1:k)
 {
        for(j in 1:n)
        {
            ss.mon_ss.mon+(y.mon[i,j]^2)
        }
 }

 st.mon_0
 str.mon_0
 for(i in 1:k)
 {
        for(j in 1:n)
        {
            str.mon_str.mon+y.mon[i,j]
        }
        st.mon_st.mon+(str.mon^2)
        str.mon_0
 }
 st.mon_st.mon/n

#Compute sum of square
    sst.mon_ss.mon-sc.mon
    sstr.mon_st.mon-sc.mon
    sse.mon_sst.mon-sstr.mon

#Compute mean square
    mstr.mon_sstr.mon/vtr
    mse.mon_sse.mon/ver
```

```
#Compute p-value of  F test
     f.mon_mstr.mon/mse.mon

(*การคำนวณค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นจากข้อมูลตัวสถิติทดสอบเอฟ*)
        equations1_k*(n-1)+((k-1)*f.mon)
        equations2_(k*n)/ equations1
        equations3_(k*n)/2
        equations4_ equations2^ equations3
        equations5_((k-1)*f.mon)/k
        equations6_k/2
        equations7_( equations5)^ equations6
        solutions_ equations4* equations7
     li.ratio1[,z]_ solutions
  }
     #Compute p-value of  Monte carlo likelihood ratio test
        count_ifelse(li.ratio1<=li.ratio,1,0)
        sumli.ratio_sum(count)
        mon.pval[l]_round(sumli.ratio/trials,dig=15)
     print(mon.pval[l])
}

(*การคำนวณค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง*)

#Compute proportion p-value of  F test  at 0.01
     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)
     print(prob.f0.01)

#Compute proportion p-value of  F test  at 0.05
     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)
 print(prob.f0.05)

#Compute proportion p-value of  F test  at 0.1
 count.f0.1_ifelse(p.value<=0.1,1,0)
 sum.pval0.1_sum(count.f0.1)
 prob.f0.1_round(sum.pval0.1/loops,dig=5)
 print(prob.f0.1)


#Compute proportion p-value of  Monte carlo likelihood ratio test  at 0.01
 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)
 print(prob.monte0.01)

#Compute proportion p-value of  Monte carlo likelihood ratio test  at 0.05
 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)
 print(prob.monte0.05)

#Compute proportion p-value of  Monte carlo likelihood ratio test  at 0.1
 count.monte0.1_ifelse(mon.pval<=0.1,1,0)
 sum.monpval0.1_sum(count.monte0.1)
 prob.monte0.1_round(sum.monpval0.1/loops,dig=5)
 print(prob.monte0.1)
```

```
(*การกำหนดค่าในสถานการณ์ต่าง ๆ ภายใต้สมมติฐานแย้ง*)
k_3
n_6
u_50
cv_5
r_0.001
sd_sqrt((0.5*cv)^2/r+1)
sq_sqrt(r)*sd
rounds_200
loops_1000

#Keep value of F-test
    p.value_array(,dim=c(1,loops))
#Keep value of monte carlo likehood ratio test
    mon.pval_array(,dim=c(1,loops))

for(l in 1:loops)
{
      (*สร้างความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติ*)
      er_array(rnorm(k*n,0,sd),dim=c(k,n))

      (*สร้างวิธีทดลองภายใต้สมมติฐานแย้ง*)
      tr_array(rnorm(k,0,sq),dim=c(k))

     (*การทดสอบสมมติฐานโดยตัวสถิติทดสอบเอฟ*)

      #Generate y-value for random-effect
        y_array(,dim=c(k,n))
        uu_array(,dim=c(k,1))

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

```
            for(j in 1:n)
            {
                y[i,j]_u+tr[i]+er[i,j]
            }
            uu[i]_mean(y[i,])
}

sc_0
for(i in 1:k)
{
        for(j in 1:n)
        {
            sc_sc+y[i,j]
        }
}
sc_(sc^2)/(k*n)

ss_0
for(i in 1:k)
{
        for(j in 1:n)
        {
            ss_ss+y[i,j]^2
        }
}

st_0
str_0
for(i in 1:k)
{
        for(j in 1:n)
```

```
                }
                    str_str+y[i,j]
                }
            st_st+(str^2)
            str_0
  }
  st_st/n

#Compute sum of square
    sst_ss-sc
    sstr_st-sc
    ssc_sst-sstr

#Compute degree of freedom
    vtr_k-1
    ver_k*(n-1)

#Compute mean square
    mstr_sstr/vtr
    mser_sse/ver

#Compute variance
    var_mser+(mstr-mser)/n
    s.var_sqrt(var)
#Compute p-value of  F test
    f.stat_mstr/mser
    f.stat_round(f.stat,dig=5)
    f.stat
    p.value[l]_round(1-pf(f.stat,vtr,ver),dig=5)
print(p.value[l])
```

(*การคำนวณค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นจากข้อมูลตัวสถิติทดสอบเอฟ*)

```
        equation1_k*(n-1)+((k-1)*f.stat)
        equation2_(k*n)/ equation1
        equation3_(k*n)/2
        equation4_ equation2^ equation3
        equation5_((k-1)*f.stat)/k
        equation6_k/2
        equation7_( equation5)^ equation6
        solution_ equation4* equation7
    li.ratio_round(solution,dig=10)
```

(*การทดสอบสมมติฐานโดยตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น*)

```
 #Monte carlo likelihood ratio test
    y.mon_array(,dim=c(k,n))
    li.ratio1_array(,dim=c(1,trials))


for(z in 1:rounds)
{
        for(i in 1:k)
        {
                for(j in 1:n)
                {
                    y.mon[i,j]_rnorm(1,uu,s.var)
                }
        }


        sc.mon_0
        for(i in 1:k)
        {
                for(j in 1:n)
                {
                    sc.mon_sc.mon+y.mon[i,j]
```

```
        }
  }
  sc.mon_(sc.mon^2)/(k*n)


  ss.mon_0
  for(i in 1:k)
  {
        for(j in 1:n)
        {
              ss.mon_ss.mon+(y.mon[i,j]^2)
        }
  }


  st.mon_0
  str.mon_0
  for(i in 1:k)
  {
        for(j in 1:n)
        {
              str.mon_str.mon+y.mon[i,j]
        }
        st.mon_st.mon+(str.mon^2)
        str.mon_0
  }
  st.mon_st.mon/n

#Compute sum of square
  sst.mon_ss.mon-sc.mon
  sstr.mon_st.mon-sc.mon
  sse.mon_sst.mon-sstr.mon

#Compute mean square
```

```
            mstr.mon_sstr.mon/vtr
            mse.mon_sse.mon/ver

        #Compute p-value of  F test
            f.mon_mstr.mon/mse.mon
```

(*การคำนวณค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นจากข้อมูลตัวสถิติทดสอบเอฟ*)

```
            equations1_k*(n-1)+((k-1)*f.mon)
            equations2_(k*n)/ equations1
            equations3_(k*n)/2
            equations4_ equations2^ equations3
            equations5_((k-1)*f.mon)/k
            equations6_k/2
            equations7_( equations5)^ equations6
            solutions_ equations4* equations7
        li.ratio1[,z]_ solutions
    }
        #Compute p-value of  Monte carlo likelihood ratio test
            count_ifelse(li.ratio1<=li.ratio,1,0)
            sumli.ratio_sum(count)
            mon.pval[l]_round(sumli.ratio/trials,dig=15)
        print(mon.pval[l])
}
```

(*การคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ*)

```
  #Compute proportion p-value of  F test  at 0.01
      count.f0.01_ifelse(p.value<=0.01,1,0)
      sum.pval0.01_sum(count.f0.01)
      power.f0.01_round(sum.pval0.01/loops,dig=5)
      print(power.f0.01)
```

```
#Compute proportion p-value of  F test  at 0.05
    count.f0.05_ifelse(p.value<=0.05,1,0)
    sum.pval0.05_sum(count.f0.05)
    power.f0.05_round(sum.pval0.05/loops,dig=5)
    print(power.f0.05)

#Compute proportion p-value of  F test  at 0.1
    count.f0.1_ifelse(p.value<=0.1,1,0)
    sum.pval0.1_sum(count.f0.1)
    power.f0.1_round(sum.pval0.1/loops,dig=5)
    print(power.f0.1)


#Compute proportion p-value of  Monte carlo likelihood ratio test  at 0.01
    count.monte0.01_ifelse(mon.pval<=0.01,1,0)
    sum.monpval0.01_sum(count.monte0.01)
    power.monte0.01_round(sum.monpval0.01/loops,dig=5)
    print(power.monte0.01)

#Compute proportion p-value of  Monte carlo likelihood ratio test  at 0.05
    count.monte0.05_ifelse(mon.pval<=0.05,1,0)
    sum.monpval0.05_sum(count.monte0.05)
    power.monte0.05_round(sum.monpval0.05/loops,dig=5)
    print(power.monte0.05)

#Compute proportion p-value of  Monte carlo likelihood ratio test  at 0.1
    count.monte0.1_ifelse(mon.pval<=0.1,1,0)
    sum.monpval0.1_sum(count.monte0.1)
    power.monte0.1_round(sum.monpval0.1/loops,dig=5)
    print(power.monte0.1)
```

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างของการคำนวณตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

ตัวอย่าง ข้อมูลต่อไปนี้ได้จากสร้างตัวอย่างสุ่มภายใต้สมมติฐานว่าง H_0 ของตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น โดยที่จำนวนวิธีทดลองที่ใช้การทดลองเท่ากับ 4 จำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองเท่ากับ 3 และ สัมประสิทธิ์ความแปรผัน เท่ากับ 5

วิธีทดลอง	ขนาดตัวอย่าง		
	1	2	3
1	y_{11} =49.47016	y_{12} =54.11862	y_{13} =52.86676
2	y_{21} =47.86698	y_{22} =52.90315	y_{23} =55.08154
3	y_{31} =50.95224	y_{32} =46.22355	y_{33} =53.95231
4	y_{41} =49.61004	y_{42} =54.6341	y_{43} =50.1002

สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังนี้

$$\text{SSTr} = n\sum_{i=1}^{k}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 = 26.28623$$

$$\text{SSE} = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2 = 64.05893$$

$$\text{MSTr} = \frac{SSTr}{k-1} = 13.14312$$

$$\text{MSE} = \frac{SSE}{k(n-1)} = 7.117659$$

$$\text{Variance} = 3.490394$$

และ $F = \dfrac{MSTr}{MSE} = 1.846550$

จากข้อมูลตัวอย่างข้างต้น สามารถนำมาสร้างข้อมูลตัวอย่างสุ่มโดยใช้ตัวสถิติทดสอบมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็นได้ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำข้อมูล $y_{11},...,y_{13},y_{21},...,y_{23},y_{31},...,y_{33},y_{41},...,y_{43}$ จากตารางมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย μ_{ij} และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{y}_{1.}$ =52.1520, $\bar{y}_{2.}$ = 51.9506, $\bar{y}_{3.}$ =50.3760, $\bar{y}_{..}$ =51.4481

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.86825

และคำนวณค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น

$$\lambda = [\frac{kn}{k(n-1)+(k-1)F}]^{\frac{kn}{2}}[\frac{(k-1)F}{k}]^{\frac{k}{2}}$$

$\lambda =$ 0.975183

ขั้นตอนที่ 2 จำลองข้อมูลตัวอย่างสุ่ม $y_{11},...,y_{13},y_{21},...,y_{23},y_{31},...,y_{33},y_{41},...,y_{43}$ จากค่าเฉลี่ยและ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลจะได้ชุดข้อมูลโดยยกตัวอย่างดังนี้

รอบที่ 1

วิธีทดลอง	ขนาดตัวอย่าง			
	1	2	3	
1	y^*_{11}=56.96746	y^*_{12}=50.9662	y^*_{13}=57.71582	SSTr = 8.491474
2	y^*_{21}=48.88311	y^*_{22}=56.69509	y^*_{23}=49.5937	SSE = 225.4949
3	y^*_{31}=44.45945	y^*_{32}=44.2872	y^*_{33}=48.98661	λ^*_1 = 0.170907
4	y^*_{41}=55.00353	y^*_{42}=49.11414	y^*_{43}=53.00719	

รอบที่ 2

วิธีทดลอง	ขนาดตัวอย่าง			
	1	2	3	
1	y^*_{11}=54.82746	y^*_{12}=50.86279	y^*_{13}=49.46664	SSTr = 21.45795
2	y^*_{21}=48.94362	y^*_{22}=51.5993	y^*_{23}=50.75983	SSE = 114.7813
3	y^*_{31}=48.5761	y^*_{32}=48.67333	y^*_{33}=43.95375	λ^*_1 = 0.843924
4	y^*_{41}=54.53444	y^*_{42}=53.7527	y^*_{43}=53.78697	

.

.

.

รอบที่ 200

วิธีทดลอง	ขนาดตัวอย่าง 1	2	3	
1	y^*_{11}=49.42295	y^*_{12}=54.3682	y^*_{13}=43.82828	SSTr = 62.99305
2	y^*_{21}=51.06899	y^*_{22}=52.52293	y^*_{23}=46.0152	SSE = 58.81916
3	y^*_{31}=53.21283	y^*_{32}=50.60867	y^*_{33}=49.84226	λ^*_1 = 0.41015
4	y^*_{41}=45.47365	y^*_{42}=52.39639	y^*_{43}=47.76936	

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า p-value ของตัวสถิติมอนติคาร์โลอัตราส่วนความควรจะเป็น

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

$$\text{P-Value} = \frac{5}{200}$$

P-Value = 0.0083

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาค่า p-value ที่ได้เทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1

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 0.1 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานว่าง H_0

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวภัทราพร ทองนิ่ม สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาคณิตศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2548 หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2549