

ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวแบบแผนการทดลองจัดूरั้ละดิน



นางสาวขวัญชีวา พุทธเกษม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 947-17-6887-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ECONOMIC – BASED EFFICIENCY OF LATIN SQUARE DESIGN MODEL

Miss Kwancheewa Putthagasam

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Statistics

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6887-7

ขวัญชีวา พุทธเกษม : ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวแบบของแผนการทดลองจัตุรัสละติน.
(ECONOMIC - BASED EFFICIENCY OF LATIN SQUARE DESIGN MODEL)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล คุรงค์วัฒนา ISBN 974-17-6887-7, 281 หน้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของแผนการทดลอง 2 แผน คือ แผนการทดลองจัตุรัสละตินและแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการจำลองข้อมูลจากเทคนิคมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรม S-PLUS 2000 โดยกำหนดให้จำนวนวิธีทดลองที่ใช้ทดลองเท่ากับ 3 5 และ 7 และสัมประสิทธิ์ความแปรผันเท่ากับ 10% 20% และ 30% โดยที่ระดับนัยสำคัญที่ศึกษา คือ 0.01 และ 0.05 กำหนดให้ระดับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการหาหน่วยทดลอง ค่าใช้จ่ายในการให้วิธีทดลอง ค่าเสียโอกาสเมื่อปฏิเสธสิ่งที่ถูกต้อง และค่าเสียโอกาสเมื่อยอมรับสิ่งที่ผิด โดยให้แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ หมายถึง ค่าในตำแหน่ง คิวไทล์ที่ 1 และระดับสูง หมายถึง ค่าในตำแหน่ง คิวไทล์ที่ 3 ของช่วงค่าใช้จ่ายต่างๆ เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของแผนการทดลอง คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายในการทดลองที่ต่ำกว่า จะถือว่ามีประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์มากกว่า โดยทำการศึกษา 2 กรณี คือ เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริงและเมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง ได้ผลสรุปดังนี้

ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองเมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง พบว่าทุกกรณีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์น้อยกว่าแผนการทดลองจัตุรัสละติน เนื่องจากแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่มีความสม่ำเสมอมากกว่าแผนการทดลองจัตุรัสละติน

ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง พบว่าเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองแตกต่างกันน้อยและปานกลาง ทุกกรณีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลองจัตุรัสละตินมีแนวโน้มที่จะน้อยกว่าแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ เนื่องจากแผนการทดลองจัตุรัสละตินมีความละเอียดในการตรวจสอบความแตกต่างได้มากกว่าแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ จึงสามารถตรวจสอบความแตกต่างที่มีอยู่น้อยได้ดีกว่า และเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองมีความแตกต่างกันมาก ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของทั้ง 2 แผนการทดลองจะมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันเมื่อวิธีทดลองเท่ากับ 5 และ 7 เนื่องจากแผนการทดลองจัตุรัสละตินที่มีความละเอียดในการตรวจสอบมากหรือแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ที่มีความละเอียดในการตรวจสอบน้อยกว่า ต่างก็สามารถตรวจสอบความแตกต่างที่มีอยู่ได้ดีเท่าๆกัน และเมื่อวิธีทดลองเท่ากับ 3 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์จะมีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองมีแนวโน้มที่จะน้อยกว่าแผนการทดลองจัตุรัสละติน เนื่องจากแผนการทดลองจัตุรัสละตินมีระดับความเป็นเสรีของความคลาดเคลื่อนของการทดลองน้อยเกินไปจึงทำให้มีอำนาจการทดสอบน้อย

ภาควิชา สถิติ

สาขาวิชา สถิติ

ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิติ ขวัญชีวา พุทธเกษม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

4582172326 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD : LATIN SQUARE DESIGN / RANDOMIZED COMPLETELY BLOCK DESIGN / F-TEST / EXPECTATION OF COST OF EXPERIMENTAL DESIGN

KWANCHEEWA PUTTHAGASAM : ECONOMIC-BASED EFFICIENCY OF LATIN SQUARE DESIGN MODEL.THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. SUPOL DURONGWATTANA, Ph.D. 281pp.

The objective of this research is to study and compare economic – based efficiency of 2 designs, Latin Square Design and Randomized Completely Block Design. To generate the data for this study , the Monte Carlo simulation technique is done using S-PLUS 2000 Professional . The number of treatments are specified to be 3,5 and 7. The coefficients of variation are specified to be 10%, 20% and 30%. The significance levels for this study are 0.01 and 0.05. Cost of experimental design are cost of experimental unit, cost of treatment, opportunity cost when accept Ho but Ho is false, and opportunity cost when H₀ is rejected if it is true.Then 4 cost of experiment are set to have 2 levels, low and high. The low level is the 1st quartile and the high is the 3rd quartile of the interval of the cost of experiment. The lower expectation of cost of experimental designs is considered to be more effective economic than the higher one. The expectation of cost of experimental designs when the null hypothesis is true and false are a measure for comparison for both designs. The results of this study can be summarized as follows:

In all cases, the expectation of cost of experimental design when null hypothesis is true, Randomized Completely Block Design gives expectation of cost of experimental design less than Latin Square Design since Randomized Completely Block Design is appropriate for the data rather than Latin Square Design.

As for the expectation of cost of experimental design when null hypothesis is false, when the difference of treatment effects are less and medium, Latin Square Design gives the expectation of cost lower than Randomized Completely Block Design since the Latin Square Design is more precise than Randomized Block Design. When the difference of treatment effects is high, both design gives approximately the same expectation of cost at the number of treatment being 5 and 7, because both design can similarly check for the difference. But in case if the number of treatment is 3, Randomized Completely Block Design gives expectation of cost less than Latin Square Design since Latin Square Design renders too few degrees of freedom of error term.

Department Statistics Student's signature *Kwancheewa Putthagasam*
Field of study Statistics Advisor's signature..... *Supol Durongwattana*
Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร.สุพล คุรงค์วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยดีเสมอมา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระพร วีระถาวร ในฐานะประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา และประสิทธิประสาทความรู้ให้แก่ผู้เขียนจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา และขอบคุณเพื่อนๆที่ให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฅ |
| สารบัญภาพ..... | ถ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 2 |
| 1.3 ข้อยกเว้นเบื้องต้น..... | 3 |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... | 4 |
| 1.5 เกณฑ์ในการตัดสินใจ..... | 7 |
| 1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... | 7 |
| 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 8 |
| 1.8 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 8 |
| บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎี..... | 9 |
| 2.1 แผนการทดลองจัดรู้สถานะดิน..... | 9 |
| 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองจัดรู้สถานะดิน..... | 11 |
| 2.3 การหาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองสำหรับ แผนการทดลองจัดรู้สถานะดิน..... | 13 |
| 2.4 แผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์..... | 15 |
| 2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองสุ่มตลอด ในบล็อกสมบูรณ์..... | 16 |
| 2.6 การหาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองสำหรับแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์..... | 19 |

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย..... | 22 |
| 3.1 การจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล..... | 22 |
| 3.2 แผนการดำเนินการวิจัย..... | 23 |
| 3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย..... | 24 |
| 3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน..... | 30 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย..... | 35 |
| 4.1 ผลการวิจัยของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนการทดลอง ที่ใช้ในการทดสอบโดยการพิจารณาจากค่าสัดส่วนของการ ปฏิเสธสมมติฐานว่าง..... | 38 |
| 4.2 ผลการวิจัยของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนการทดลอง ที่ใช้ในการทดสอบโดยการพิจารณาจากค่าอำนาจการทดสอบ..... | 41 |
| 4.3 ผลการวิจัยของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ ของแผนการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง โดยพิจารณา จากค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง..... | 46 |
| 4.4 ผลการวิจัยของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ ของแผนการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง โดยพิจารณา จากค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง..... | 60 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 147 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 149 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 151 |
| รายการอ้างอิง..... | 153 |
| บรรณานุกรม..... | 154 |
| ภาคผนวก..... | 155 |
| ภาคผนวก ก..... | 156 |
| ภาคผนวก ข..... | 253 |
| ภาคผนวก ค..... | 258 |
| ภาคผนวก ง..... | 261 |
| ภาคผนวก จ..... | 265 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 281 |

สารบัญตาราง

| ตาราง | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ลักษณะของข้อมูลจากแผนการทดลองจัดรีสละดิน..... | 10 |
| 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองจัดรีสละดิน..... | 11 |
| 2.3 ผลการทดสอบสมมติฐานและความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน..... | 13 |
| 2.4 ลักษณะของข้อมูลจากแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกรวมบูรณ์..... | 16 |
| 2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกรวมบูรณ์..... | 17 |
| 2.6 ผลการทดสอบสมมติฐานและความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน..... | 20 |
| 4.1 เปรียบเทียบค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่างของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกรวมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... | 39 |
| 4.2 เปรียบเทียบค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่างของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกรวมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ 0.05 | 39 |
| 4.3 เปรียบเทียบค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่างของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกรวมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... | 39 |
| 4.4 เปรียบเทียบค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่างของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกรวมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... | 40 |
| 4.5 เปรียบเทียบค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่างของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกรวมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 7 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... | 40 |
| 4.6 เปรียบเทียบค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่างของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกรวมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 7 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... | 40 |
| 4.7 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกรวมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน เมื่อจำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... | 43 |

| ตาราง | หน้า | |
|-------|--|----|
| 4.24 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Column จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 7 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... | 59 |
| 4.25 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row,จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 C.V%= 10 และระดับนัยสำคัญ 0.01 | 63 |
| 4.26 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 10 และระดับนัยสำคัญ0.05..... | 68 |
| 4.27 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... | 73 |
| 4.28 | สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V%=20 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... | |
| 4.29 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่าMSEของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อก สมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... | 83 |

| ตาราง | หน้า |
|-------|---|
| 4.30 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... 88 |
| 4.31 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 C.V%= 10 และระดับนัยสำคัญ0.01..... 93 |
| 4.32 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ5 C.V% = 10 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... 98 |
| 4.33 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ5 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 103 |
| 4.34 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ0.05..... 108 |
| 4.35 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 113 |

| ตาราง | หน้า | |
|-------|---|-----|
| 4.36 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ0.05..... | 118 |
| 4.37 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ7 C.V%=10 และระดับนัยสำคัญ0.01..... | 123 |
| 4.38 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ7 C.V% = 10 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... | 124 |
| 4.39 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ7 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... | 125 |
| 4.40 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ7 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ0.05..... | 126 |
| 4.41 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ7 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... | 127 |

| ตาราง | หน้า |
|-------|--|
| 4.42 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ7 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... 128 |
| 4.43 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Column จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 C.V%= 10 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 129 |
| 4.44 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 10 และระดับนัยสำคัญ 0.05 130 |
| 4.45 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 131 |
| 4.46 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ 0.05 132 |
| 4.47 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 133 |

| ตาราง | หน้า |
|--|------|
| 4.60 | |
| เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดสุ่มละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 7 $C.V\% = 30$ และระดับนัยสำคัญ 0.05..... | 146 |

สารบัญญภาพ

| รูป | | หน้า |
|-------|--|------|
| 3.4.1 | แผนผังการทำงานเกี่ยวกับประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของแผนการทดลอง..... | 31 |
| 3.4.2 | แผนผังการทำงานของแผนการทดลองจัตุรัสละติน..... | 32 |
| 3.4.3 | แผนผังการทำงานของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์..... | 33 |
| 3.4.4 | แผนผังการทำงานของโปรแกรมคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่าย ในการทดลองของ แผนการทดลองจัตุรัสละตินและ แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์..... | 34 |
| 4.1 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 C.V%=10 และระดับนัยสำคัญ0.01..... | 64 |
| 4.2 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ3 C.V% =10 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... | 69 |
| 4.3 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ3 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ0.01..... | 74 |
| 4.4 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ0.05..... | 79 |

| รูป | หน้า |
|------|--|
| 4.5 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V%=30 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 84 |
| 4.6 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ3 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.05 89 |
| 4.7 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Row จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 5 C.V%= 10 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 94 |
| 4.8 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 C.V% = 10 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... 99 |
| 4.9 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 104 |
| 4.10 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 5 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... 109 |

| รูป | หน้า |
|------|--|
| 4.17 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 7 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 173 |
| 4.18 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง เมื่อประมาณค่า MSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE-Row จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 7 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... 177 |
| 4.19 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบMSE-Column จำนวนวิธีทดลองเท่ากับ 3 C.V%= 10 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 181 |
| 4.20 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 10 และระดับนัยสำคัญ 0.05 185 |
| 4.21 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 189 |
| 4.22 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัตุรัสละติน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3 C.V% = 20 และระดับนัยสำคัญ 0.05 193 |

| รูป | หน้า |
|------|--|
| 4.35 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 7 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.01..... 245 |
| 4.36 | เปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลอง สุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์และแผนการทดลองจัดรีสละดิน กรณีสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริงเมื่อประมาณค่าMSE ของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ แบบ MSE- Column จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 7 C.V% = 30 และระดับนัยสำคัญ 0.05..... 249 |