

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับแผนการทดลองจัดสุ่มละดินที่มีอิทธิพลปัจจัยคงที่
ด้วยข้อมูลระยะยาว



นายประหยัด แสงงาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

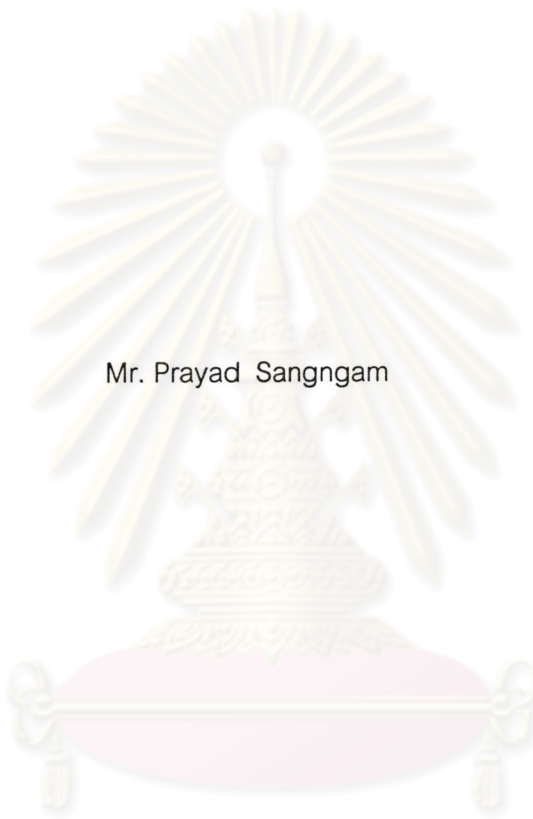
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6785-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PARAMETER ESTIMATION METHODS FOR FIXED-EFFECT LATIN SQUARE
DESIGN WITH LONGITUDINAL DATA

Mr. Prayad Sangngam



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 974-17-6785-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับแผนการทดลองจัดสุ่มละตินที่มี
อิทธิพลปัจจัยคงที่ ด้วยข้อมูลระยะยาว

โดย

นายประหยัด แสงงาม

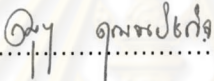
สาขาวิชา

สถิติ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา


คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต


.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดนุชา คุณพนิชกิจ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์)

ประหยัด แสงงาม : วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับแผนการทดลองจัตุรัสละติจูดที่มีอิทธิพล
 ปัจจัยคงที่ ด้วยข้อมูลระยะยาว (PARAMETER ESTIMATION METHODS FOR FIX-EFFECT LATIN
 SQUARE DESIGN WITH LONGITUDINAL DATA) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุพล คุรงค์วัฒนา, 120 หน้า.
 ISBN 974-17-6785-4

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแผนแบบการทดลอง
 จัตุรัสละติจูดที่มีอิทธิพลปัจจัยคงที่ เมื่อทำการเก็บข้อมูลระยะยาว และความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันใน
 รูปแบบ อัตตสัมพันธ์อันดับที่หนึ่ง (First Order Autoregressive Model (AR1)) 2 วิธี คือ วิธีความควรจะเป็น
 สูงสุด (Maximum Likelihood Method (MLE)) และวิธีการประมาณแบบสองขั้น (Two-Stage Method (TS))
 เปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไข ข้อมูลแต่ละหน่วยทดลอง มีการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร (Multivariate Normal
 Distribution) ที่เวกเตอร์ค่าเฉลี่ย μ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม V_h กำหนดอัตรสัมพันธ์เป็น $\pm 0.1 \pm 0.2$
 $\pm 0.3 \pm 0.4 \pm 0.5 \pm 0.6 \pm 0.7 \pm 0.8$ และ ± 0.9 สัมประสิทธิ์ความผันแปร 10% 20% และ 30% ระยะเวลาการเก็บ
 ซ้ำ 3 4 6 และ 9 ขนาดของแผนการทดลอง 3x3 4x4 และ 5x5 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้จากการจำลองข้อมูลด้วย
 เทคนิคมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรม S-PLUS 2000 ทำการทดลองซ้ำ ๆ กัน 500 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด
 ทำการเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยพิจารณาจากค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
 เฉลี่ย (Root Mean Squares Error) โดยวิธีใดให้ค่าน้อยกว่าแสดงว่าเหมาะสมกับการประมาณค่าพารามิเตอร์

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

วิธีความควรจะเป็นสูงสุดเหมาะสมกับการประมาณค่าพารามิเตอร์มากกว่าวิธีการประมาณ แบบสองขั้น
 ในทุก ๆ สถานการณ์ที่กำหนด โดยความผิดพลาดในการประมาณค่าพารามิเตอร์จะแตกต่างกันมากขึ้น เมื่อค่า
 สัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์อัตรสัมพันธ์มีค่าเพิ่มขึ้น ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ คือ ขนาดของ
 แผนการทดลอง ระยะเวลาการเก็บข้อมูลซ้ำ และ สัมประสิทธิ์ความผันแปร กล่าวคือ

1. ความผิดพลาดในการประมาณค่าจะแปรผกผันกับขนาดของแผนการทดลอง คือ เมื่อขนาดของ
 แผนการทดลองใหญ่ขึ้น ทำให้ความผิดพลาดในการประมาณค่าลดลง
2. ความผิดพลาดในการประมาณค่าจะแปรผกผันกับระยะเวลาการเก็บข้อมูลซ้ำ คือ เมื่อระยะเวลา
 การเก็บข้อมูลซ้ำเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความผิดพลาดในการประมาณค่าลดลง
3. ความผิดพลาดในการประมาณค่าจะแปรผันตรงกับสัมประสิทธิ์ความผันแปร คือ เมื่อสัมประสิทธิ์
 ความผันแปรเพิ่มขึ้น ทำให้ความผิดพลาดในการประมาณค่าเพิ่มขึ้น

ภาควิชา..... สถิติ..... ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา..... สถิติ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ปีการศึกษา..... 2547.....

4582280426 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD: LONGITUDINAL DATA / AUTOREGRESSIVE / MAXIMUM LIKELIHOOD / TWO-STAGE

PRAYAD SANGNGAM: PARAMETER ESTIMATION METHODS FOR FIX-EFFECT LATIN SQUARE DESIGN WITH LONGITUDINAL DATA. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SUPOL DURONGWATTANA Ph.D. 120 pp. ISBN 974-17-6785-4

The objective of this research is to compare the value of the parameter estimation in a fixed-effect Latin square design with longitudinal data when errors follow a first-order autoregressive model: AR(1), with the maximum likelihood method : MLE, and Two-Stage estimation method : TS. The comparison is under the term of observation data of subject having multivariate normal distribution with mean vector μ , covariance matrix V_h . The autoregressive relations are $\pm 0.1, \pm 0.2, \pm 0.3, \pm 0.4, \pm 0.5, \pm 0.6, \pm 0.7, \pm 0.8$ and ± 0.9 . The coefficients of variance are 10%, 20% and 30%. The periods of replication are 3, 4, 6 and 9. The sizes of experimental design are 3x3, 4x4 and 5x5. The data are derived from simulation by Monte Carlo technique with S- Plus program and repeated 500 times for each situation. The parameter estimation method is compared by considering root mean squares error: RMSE, the method with less assessment value than the other shows suitability for parameter estimation.

The conclusions of this research are as follow:

The maximum likelihood method is more suitable than the two-stage method in all situations. The root mean squares error is more different when the absolute value of autoregressive increases. The other factors with affect parameter estimations are size of experimental design, period of replication and coefficient of variance, namely:

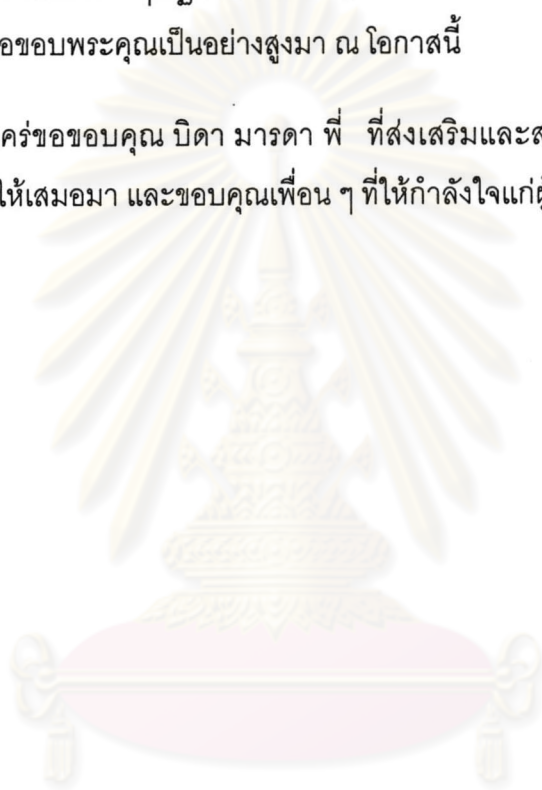
1. The error for estimation will inverse by size of experimental design which means that when the size of experimental design is larger, the error for estimation will decrease.
2. The error for estimation will inverse by periods of replication with means that when the periods of replication are more, the error for estimation will decrease.
3. The error for estimation will inverse directly with the coefficient of variance which means that when the coefficients of variance are more, the error for estimation will increase.

Department _____ Statistics _____ Student's signature _____
 Field of study _____ Statistics _____ Advisor's signature _____
 Academic year _____ 2004 _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยดีตลอดมา รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร ประธานสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำช่วยเหลือด้านทฤษฎีทางสถิติ ทฤษฎีการจำลอง และตรวจสอบแก้ไขจนวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ บิดา มารดา พี่ ที่ส่งเสริมและสนับสนุนด้านการเรียนของผู้วิจัยและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 ข้อยกเว้นเบื้องต้น	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.6 เกณฑ์ในการตัดสินใจ.....	6
1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	6
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.9 สัญลักษณ์ในการวิจัย.....	7
บทที่ 2 ข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 ตัวแบบที่ทำการศึกษา.....	8
2.2 คุณสมบัติของความคลาดเคลื่อน.....	9
2.2.1 ค่าคาดหวังของความคลาดเคลื่อน.....	10
2.2.2 ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน.....	10
2.2.3 ความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อน.....	11
2.2.4 การหาอินเวอร์สของเมทริกซ์.....	14
2.3 วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์.....	15
2.3.1 วิธีความควรจะเป็นสูงสุด.....	15
2.3.2 วิธีการประมาณแบบสองขั้น.....	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	31
3.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์.....	31
3.2 การจำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร.....	36
3.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์.....	37
3.3.1 วิธีการประมาณแบบสองชั้น.....	38
3.3.2 วิธีความควรจะเป็นสูงสุด.....	39
3.4 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์.....	40
3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานของโปรแกรม.....	41
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	46
4.1 ผลการเปรียบเทียบเมื่อสัมประสิทธิ์อัตราผลตอบแทนมีทิศทางเดียวกัน.....	47
4.2 ผลการเปรียบเทียบเมื่อสัมประสิทธิ์อัตราผลตอบแทนมีทิศทางตรงข้าม.....	73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	98
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	98
5.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์.....	99
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	101
รายการอ้างอิง.....	102
ภาคผนวก.....	103
ภาคผนวก ก.....	104
ภาคผนวก ข.....	108
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	120

ตาราง	หน้า	
4.1.1	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 3x3 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 3 และ 4 ระยะเวลา เมื่ออัตราสหสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	50
4.1.2	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 3x3 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 6 และ 9 ระยะเวลา เมื่ออัตราสหสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	51
4.1.3	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 4x4 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 3 และ 4 ระยะเวลา เมื่ออัตราสหสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	57
4.1.4	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 4x4 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 6 และ 9 ระยะเวลา เมื่ออัตราสหสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	58
4.1.5	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 3 และ 4 ระยะเวลา เมื่ออัตราสหสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	64
4.1.6	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 6 และ 9 ระยะเวลา เมื่ออัตราสหสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	65
4.1.7	การทดสอบสมมติฐานปัจจัยที่มีผลต่อค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยกรณีสัมพันธ์อัตราสหสัมพันธ์ทิศทางเดียวกัน.....	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ญ

ตาราง	หน้า
4.2.1	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 3x3 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 3 และ 4 ระยะเวลา เมื่ออัตราสลับพันธุ์มีทิศทางตรงข้าม.....75
4.2.2	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 3x3 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 6 และ 9 ระยะเวลา เมื่ออัตราสลับพันธุ์มีทิศทางตรงข้าม.....76
4.2.3	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 4x4 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 3 และ 4 ระยะเวลา เมื่ออัตราสลับพันธุ์มีทิศทางตรงข้าม.....82
4.2.4	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 4x4 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 6 และ 9 ระยะเวลา เมื่ออัตราสลับพันธุ์มีทิศทางตรงข้าม.....83
4.2.5	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 3 และ 4 ระยะเวลา เมื่ออัตราสลับพันธุ์มีทิศทางตรงข้าม.....89
4.2.6	เปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีการประมาณแบบสองชั้น ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 6 และ 9 ระยะเวลา เมื่ออัตราสลับพันธุ์มีทิศทางตรงข้าม.....90
4.2.7	การทดสอบสมมติฐานปัจจัยที่มีผลต่อค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยกรณีสลับประสิทธิ์อัตราสลับพันธุ์มีทิศทางตรงข้าม.....96

รูป	หน้า
4.1.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 4x4 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 9 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	62
4.1.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 3 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	66
4.1.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 4 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	67
4.1.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 6 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	68
4.1.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 9 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางเดียวกัน.....	69
4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 3x3 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 3 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางตรงข้าม.....	77
4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 3x3 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 4 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางตรงข้าม.....	78

รูป	หน้า
4.2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 4 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางตรงข้าม.....	92
4.2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 6 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางตรงข้าม.....	93
4.2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ในตัวแบบอัตราสัมพันธ์ ในแผนแบบการทดลองขนาด 5x5 จัตุรัสละติน กรณีเก็บข้อมูลซ้ำ 9 ระยะเวลา เมื่ออัตราสัมพันธ์มีทิศทางตรงข้าม.....	94