

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก



นายอุดมเดช เอกวรรณม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2725-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 22617 129

PARAMETER ESTIMATION OF MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS
WITH SMALL SAMPLE SIZE

Mr. Udomdech Ekvoratham

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Statistics

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

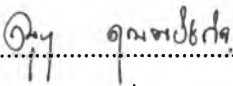
Chulalongkorn University

Academic Year 2005


ISBN 974-53-2725-5

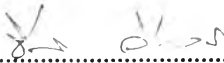
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณเมื่อ
ตัวอย่างมีขนาดเล็ก
โดย นายอุดมเดช เอกวรรณม
สาขาวิชา สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร

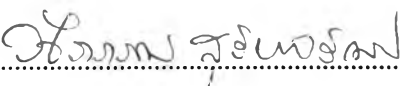
คณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับ
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ


..... คณบดีคณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณฐา คุณพนิชกิจ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล คุรงค์วัฒนา)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วีชราภรณ์ สุริยาภวัฒน์)

อุคมเดช เอกวรรณธรรม : การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก (PARAMETER ESTIMATION OF MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS WITH SMALL SAMPLE SIZE.) อ. ที่ปรึกษา: รศ. ดร. ชีระพร วีระถาวร, 135 หน้า. ISBN 974-53-2725-5

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ (สัมประสิทธิ์การถดถอย) ในสมการการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก ในที่นี้ทำการศึกษาวิธีการประมาณ 4 วิธีคือวิธีกำลังสองน้อยสุด (OLS) วิธีจุดสเตรป (BS) วิธีตัวประมาณ M เมื่อใช้เกณฑ์ความแกร่งของแรมเซย์ (M/R) และวิธีตัวประมาณ M เมื่อใช้เกณฑ์ความแกร่งของตุ๊กกี (M/T) ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ภายใต้สถานการณ์ต่างๆที่ศึกษา ดังนี้

ก) จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ 6

ข) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 15, 20, 25 และ 30 ตามลำดับ

ค) การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่ศึกษามี 3 การแจกแจงคือการแจกแจงปกติ การแจกแจงปกติปลอมปน และการแจกแจงแกมมา การแจกแจงปกติจะใช้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1, 2 และ 3 ส่วนการแจกแจงปกติปลอมปนจะใช้ค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ 25%, 50% และ 75% และการแจกแจงแกมมาจะใช้ค่าพารามิเตอร์เบต้าเท่ากับ 1 และค่าพารามิเตอร์แอลฟาเท่ากับ 0.5, 1, 2 และ 4 ตามลำดับ

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติ-คาร์โล ซึ่งกระทำซ้ำ 1,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรม S-PLUS2000 ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

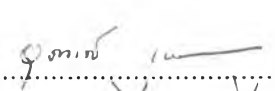
กรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ และการแจกแจงปกติปลอมปน วิธี BS มีค่า AMSE ต่ำกว่าวิธีอื่นเมื่อขนาดตัวอย่างน้อย (น้อยกว่า 20) แต่เมื่อขนาดตัวอย่างมากขึ้นและจำนวนตัวแปรอิสระมากขึ้น วิธี M/T จะมีค่า AMSE ต่ำสุด แต่เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแกมมาวิธี M/R มีค่า AMSE ต่ำสุดทุกระดับขนาดตัวอย่างและจำนวนตัวแปรอิสระ

โดยทั่วไปค่า AMSE จะแปรผันตามปัจจัยดังต่อไปนี้ เรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน จำนวนตัวแปรอิสระ และเปอร์เซ็นต์การปลอมปนของค่าผิดปกติในค่าความคลาดเคลื่อน แต่จะแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง

ภาควิชา สถิติ

สาขาวิชา สถิติ

ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

4682530426 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD : MULTIPLE REGRESSION / SMALL SAMPLE SIZE / ORDINARY LEAST SQUARES METHOD / M-ESTIMATOR / BOOTSTRAP METHOD

UDOMDECH EKVORATHAM : PARAMETER ESTIMATION OF MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS WITH SMALL SAMPLE SIZE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THEERAPORN VERATHAWORN , Ph.D. 135 pp. ISBN 974-53-2725-5

The objective of this research is to compare the estimation of parameters (regression coefficients) in the multiple linear regression with small sample size. In this study, the estimation methods are the Ordinary Least Square method (OLS), Bootstrap method (BS), M-estimator method using Ramsay’s robust criteria (M/R) and M-estimator method using Tukey’s robust criteria (M/T). They were compared by average of mean square error (AMSE). The comparison was done under several situations which are as follows :

- a) The number of independent variables are 3 and 6
- b) The sample sizes are 10, 15, 20, 25 and 30
- c) This study used three residual distributions which are normal distribution, scale-contaminated normal distribution and gamma distribution. For normal distribution, the means of 0 and 1, the standard deviations of 1, 2, and 3 are used. For scale-contaminated normal distribution, the scale factor of 10, the percent of contaminations of 25%, 50% and 75% are used. For gamma distribution, the beta parameter of 1, the alpha parameter of 0.5, 1, 2 and 4 are used.

The data for this research is simulated by using the Monte-Carlo simulation technique with 1,000 repetitions for each situation by S-PLUS 2000 program. The results of this research are as follows :

In case that residuals have normal distribution and scale-contaminated normal distribution, the AMSE of BS method is lower than the others when the sample sizes are small (lower than 20) but when the sample size and the number of independent variables are increased, the AMSE of M/T method is lower than the others. But in case that residuals have gamma distribution, the AMSE of M/R method is lower than the others every levels of the sample size and the number of independent variables.

In general, the AMSE varies with, most to least respectively, the variance of the residuals, the number of independent variables and the percent of contaminations of outliers in the residuals but coverse to sample size.

Department.....Statistics.....
 Field of study.....Statistics.....
 Academic year2005.....

Student’s signature*Udomdech Ekvoratham*.....
 Advisor’s signature*Theeraporn Verathaworn*.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ครุวงศ์วัฒนา ในฐานะประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ วัชรภรณ์ สุริยาภิวัฒน์ ในฐานะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำชี้แนะอันเป็นประโยชน์ในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูรณ์ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการจำลองข้อมูล นายสมลักษณ์ สิริชื่นวิจิตร และนายพรพล คงอ้อม นิสิตปริญญาโท ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมและการใช้โปรแกรม S-PLUS2000 ครูและอาจารย์ทุกท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ประจำภาควิชาสถิติที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยตั้งแต่การศึกษาขั้นต้นจนถึงปัจจุบัน

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์กิตติคุณ บัณฑิต กันตะบุตร ผู้ก่อตั้งภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ชาย ที่ส่งเสริมและสนับสนุนด้านการเรียนของผู้วิจัยและเป็นกำลังใจให้จนสำเร็จการศึกษา และขอขอบพระคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่และรุ่นน้องทุกคนที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉุ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	4
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ.....	8
1.7 วิธีดำเนินการวิจัย.....	9
1.8 คำจำกัดความต่างๆที่ใช้ในการวิจัย.....	10
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	11
บทที่ 2 ทฤษฎีและสถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	12
2.1 การประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด.....	12
2.2 การประมาณค่าด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด.....	13
2.3 การประมาณค่าด้วยวิธีตัวประมาณ M.....	16
2.4 การประมาณค่าด้วยวิธีบูตสเตรป.....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
3.1 แผนการทดลอง.....	29
3.2 ขั้นตอนการวิจัย.....	29
3.3 ขั้นตอนในการหาตัวประมาณ.....	32
3.4 โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย.....	36

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	37
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	86
5.1 ผลสรุปทางสถิติในเชิงพรรณนา.....	87
5.2 ผลสรุปทางสถิติในเชิงอนุมาน.....	89
5.3 ผลสรุปการเลือกวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก.....	90
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	93
รายการอ้างอิง.....	94
ภาคผนวก.....	96
ภาคผนวก ก.....	96
ภาคผนวก ข.....	122
ภาคผนวก ค.....	127
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	135

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงฟังก์ชันความแรงชนิดต่างๆ.....	25
4.1 แสดงค่า AMSE, SD ของค่า AMSE และค่า RDAMSE เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติ และจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ในแต่ละสถานการณ์.....	42
4.2 แสดงค่า AMSE, SD ของค่า AMSE และค่า RDAMSE เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติ และจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6 ในแต่ละสถานการณ์.....	50
4.3 แสดงค่า AMSE, SD ของค่า AMSE และค่า RDAMSE เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปโลมปนและจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ในแต่ละสถานการณ์.....	59
4.4 แสดงค่า AMSE, SD ของค่า AMSE และค่า RDAMSE เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปโลมปนและจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6 ในแต่ละสถานการณ์.....	65
4.5 แสดงค่า AMSE, SD ของค่า AMSE และค่า RDAMSE เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงแกมมา และจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ในแต่ละสถานการณ์.....	72
4.6 แสดงค่า AMSE, SD ของค่า AMSE และค่า RDAMSE เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงแกมมา และจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6 ในแต่ละสถานการณ์.....	78
ก1 ตารางการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	97
ก2 ตารางการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....	98
ก3 ตารางการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปโลมปนและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	99
ก4 ตารางการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปโลมปนและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....	101
ก5 ตารางการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงแกมมาและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	103
ก6 ตารางการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงแกมมาและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....	105
ก7 ตารางแสดงค่าสถิติเอฟและค่าระดับนัยสำคัญของค่าสถิติเอฟเมื่อค่าความ คลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	107

ตารางที่

หน้า

ก8 ตารางแสดงค่าสถิติเอฟและค่าระดับนัยสำคัญของค่าสถิติเอฟเมื่อค่าความ
คลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....109

ก9 ตารางแสดงค่าสถิติเอฟและค่าระดับนัยสำคัญของค่าสถิติเอฟเมื่อค่าความ
คลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปlomปนและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....111

ก10 ตารางแสดงค่าสถิติเอฟและค่าระดับนัยสำคัญของค่าสถิติเอฟเมื่อค่าความ
คลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปlomปนและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....112

ก11 ตารางแสดงค่าสถิติเอฟและค่าระดับนัยสำคัญของค่าสถิติเอฟเมื่อค่าความ
คลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแกมมาและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....113

ก12 ตารางแสดงค่าสถิติของบาวน์และค่าระดับนัยสำคัญของค่าสถิติของบาวน์
เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแกมมาเมื่อ $p = 3, \alpha = 0.5, \beta = 1$
และ $n = 30$114

ก13 ตารางแสดงค่าสถิติเอฟและค่าระดับนัยสำคัญของค่าสถิติเอฟเมื่อค่าความ
คลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแกมมาและมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....115

ก1 แสดงฟังก์ชันใน โปรแกรม S-PLUS2000 ทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัย.....127

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 การแจกแจงปกติ (เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0).....	5
1.2 การแจกแจงปกติ (เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1).....	6
1.3 การแจกแจงปกติปโลมปน.....	7
1.4 การแจกแจงแกมมา.....	8
2.1 ฟังก์ชันความคลาดเคลื่อน $\rho(z)$ ของแรมเซย์.....	21
2.2 ฟังก์ชันความแกร่ง $\psi(z)$ ของแรมเซย์.....	21
2.3 ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก $w(z)$ ของแรมเซย์.....	22
2.4 ฟังก์ชันความคลาดเคลื่อน $\rho(z)$ ของคูเกี.....	23
2.5 ฟังก์ชันความแกร่ง $\psi(z)$ ของคูเกี.....	24
2.6 ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก $w(z)$ ของคูเกี.....	24
3.1 ผลงานแสดงขั้นตอนการวิจัยในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน กำลังสองของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 4 วิธี.....	31
3.2 ผลงานแสดงขั้นตอนในการหาตัวประมาณบุคคลแปร.....	33
3.3 ผลงานแสดงขั้นตอนในการหาตัวประมาณ M.....	35
4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามขนาดตัวอย่างเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	44
4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามขนาดตัวอย่างเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	45
4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามค่าความแปรปรวนเมื่อค่าความคลาด เคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 กับ 1 และมีจำนวนตัวแปรอิสระ เท่ากับ 3.....	46
4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามขนาดตัวอย่างเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....	52
4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามขนาดตัวอย่างเมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....	53
4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามค่าความแปรปรวนเมื่อค่าความคลาด เคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 กับ 1 และมีจำนวนตัวแปรอิสระ เท่ากับ 6.....	54

รูปที่	หน้า
4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามขนาดตัวอย่าง เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปลอมปน ค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	60
4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามเปอร์เซ็นต์การปลอมปน เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	61
4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามขนาดตัวอย่าง เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปลอมปน ค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....	66
4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามเปอร์เซ็นต์การปลอมปน เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....	67
4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามขนาดตัวอย่าง เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงแกมมา ค่าพารามิเตอร์เบต้าเท่ากับ 1 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	73
4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามค่าพารามิเตอร์แอลฟา เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแกมมา ค่าพารามิเตอร์เบต้าเท่ากับ 1 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3.....	74
4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามขนาดตัวอย่าง เมื่อค่าความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงแกมมา ค่าพารามิเตอร์เบต้าเท่ากับ 1 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....	79
4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า AMSE ตามค่าพารามิเตอร์แอลฟา เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแกมมา ค่าพารามิเตอร์เบต้าเท่ากับ 1 และมีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 6.....	80
5.1 แสดงขั้นตอนสรุปเลือกวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้น พหุคูณเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็กในทางทฤษฎี.....	91
5.2 แสดงขั้นตอนสรุปเลือกวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้น พหุคูณเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็กในทางปฏิบัติ.....	92
ก1 แผนภาพค่าเฉลี่ยเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแกมมา ค่าพารามิเตอร์แอลฟาเท่ากับ 0.5 พารามิเตอร์เบต้าเท่ากับ 1 มีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20.....	116

