

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ
เมื่อเกิดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

นางสาวอังคณา อীগหาญผู้ศึตรู

ศูนย์วิทยพัทรพัยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4390-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 21601185

A COMPARISON ON PARAMETER - ESTIMATION METHODS IN MULTIPLE
REGRESSION ANALYSIS WITH EXISTENCE OF MULTICOLLINEARITY AMONG
INDEPENDENT VARIABLES



Miss Aungkana Hukharnsusatrue

ศูนย์วิทยพัทยากร

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 2003

ISBN 974-17-4390-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์
การถดถอยพหุคูณ เมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

โดย

นางสาวอังคณา ฮึกหาญผู้ศัตรู

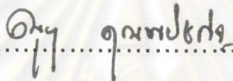
สาขาวิชา

สถิติ

อาจารย์ที่ปรึกษา


รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระพร วีระถาวร

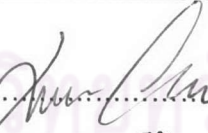
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระพร วีระถาวร)

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วรภักดิ์)

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อังกฤษ อีกหาญผู้ศรัทธา : การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (A COMPARISON ON PARAMETER – ESTIMATION METHODS IN MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS WITH EXISTENCE OF MULTICOLLINEARITY AMONG INDEPENDENT VARIABLES). อ. ทวีปรีक्षा : รศ.ดร. วีระพร วีระถาวร, 213 หน้า. ISBN 974-17-4390-4.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณเมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ โดยการเปรียบเทียบวิธีการกำลังสองน้อยสุด (Ordinary Least Squares method (OLS)) วิธีการกำลังสองน้อยสุดที่ถูกจำกัด (Restricted Least Squares method (RLS)) วิธีการรีดจ์เรกเรชันที่ถูกจำกัด (Restricted Ridge Regression method (RRR)) และวิธีการลิอูที่ถูกจำกัด (Restricted Liu method (RL)) เมื่อข้อจำกัดเป็นจริงและข้อจำกัดไม่เป็นจริง ในกรณีข้อจำกัดไม่เป็นจริงศึกษากรณีที่ความคลาดเคลื่อนของข้อจำกัดเท่ากับ 5% , 10% และ 15% ตามลำดับ เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจคือค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Average Mean Square Error (AMSE)) ซึ่งการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่ศึกษาคือการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1, 3 และ 5 ตามลำดับ โดยกำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30, 50 และ 100 ตามลำดับ ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 คือ ระดับต่ำ = (0.1,0.2,0.3) ระดับปานกลาง = (0.4,0.5,0.6) และระดับสูง = (0.7,0.8,0.9) จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 คือ ระดับต่ำ = (0.1,0.2,0.3,0.3) ระดับปานกลาง = (0.4,0.5,0.6,0.6) และระดับสูง = (0.7,0.8,0.9,0.9) ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการจำลองแบบด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลซึ่งกระทำซ้ำ 1,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ ผลของการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ข้อจำกัดเป็นจริง

ในทุกกรณี วิธี RRR และ RL จะให้ค่า AMSE น้อยกว่าวิธี OLS และ RLS ตามลำดับ โดยวิธี RRR ให้ค่า AMSE น้อยที่สุดเมื่อระดับความสัมพันธ์สูงและจะให้ค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกระดับความสัมพันธ์ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5 ส่วนวิธี RL จะให้ค่า AMSE น้อยที่สุดเมื่อระดับความสัมพันธ์ต่ำและปานกลาง ยกเว้นในกรณีที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3 ขนาดตัวอย่างน้อย วิธี RRR ให้ค่า AMSE น้อยที่สุด

ค่า AMSE แปรผันตามปัจจัยต่อไปนี้จากมากไปน้อยคือ ระดับความสัมพันธ์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวนตัวแปรอิสระ แต่แปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง

กรณีที่ 2 ข้อจำกัดไม่เป็นจริง

ในทุกกรณี วิธี RRR ให้ค่า AMSE น้อยที่สุด ยกเว้นในกรณีที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 ความคลาดเคลื่อนของข้อจำกัด 5% วิธี OLS จะให้ค่า AMSE น้อยที่สุดเมื่อระดับความสัมพันธ์ต่ำและปานกลาง ขนาดตัวอย่างมาก โดยที่ขนาดตัวอย่างน้อย วิธี RL จะให้ค่า AMSE น้อยที่สุด และเมื่อความคลาดเคลื่อนของข้อจำกัดเพิ่มขึ้น วิธี OLS จะให้ค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกระดับความสัมพันธ์ ทุกขนาดตัวอย่าง ยกเว้นที่ระดับความสัมพันธ์สูง ขนาดตัวอย่างน้อย ในกรณีที่วิธี OLS ให้ค่า AMSE น้อยที่สุด ส่วนใหญ่วิธี RLS จะให้ค่า AMSE รองลงมาเมื่อระดับความสัมพันธ์ต่ำและปานกลาง ขนาดตัวอย่างมาก

ค่า AMSE แปรผันตามปัจจัยต่อไปนี้จากมากไปน้อยคือ ความคลาดเคลื่อนของข้อจำกัด ระดับความสัมพันธ์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจำนวนตัวแปรอิสระ แต่แปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง ยกเว้นความคลาดเคลื่อนของข้อจำกัดไม่มีผลต่อค่า AMSE วิธี OLS

ภาควิชาสถิติ.....
สาขาวิชาสถิติ.....
ปีการศึกษา2546.....

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4482507926 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD : Multicollinearity / Ordinary Least Squares / Restricted Least Squares / Restricted Ridge Regression / Restricted Liu

AUNGKANA HUKHARNUSATRU : A COMPARISON ON PARAMETER-ESTIMATION METHODS IN MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS WITH EXISTENCE OF MULTICOLLINEARITY AMONG INDEPENDENT VARIABLES.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THEERAPORN VERATHAWORN, Ph.D. 213 pp. ISBN 974-17-4390-4.

The objective of this research is to compare multiple regression coefficients estimating methods with existence of multicollinearity among independent variables. The estimation methods are Ordinary Least Squares method (OLS), Restricted Least Squares method (RLS), Restricted Ridge Regression method (RRR) and Restricted Liu method (RL) when restrictions are true and restrictions are not true. In case restrictions are not true, error of restrictions is equal to 5%, 10% and 15%, respectively. The Average Mean Square Error (AMSE) was used as the criteria in the project. The distribution of error is normal distribution with mean equal to 0 and standard deviation equal to 1, 3 and 5, respectively. This size of the samples was vary, which composed of 30, 50 and 100 samples. The level of correlations among the independent variables, the case of 3 independent variables could be classified into 3 levels for which low levels equal to (0.1,0.2,0.3), middle levels equal to (0.4,0.5,0.6) and high levels equal to (0.7,0.8,0.9). In the case of 5 independent variables could be classified into 3 levels for which low levels equal to (0.1,0.2,0.3,0.3), middle levels equal to (0.4,0.5,0.6,0.6) and high levels equal to (0.7,0.8,0.9,0.9). The study used the Monte Carlo Simulation method. The experiment was repeated 1,000 times under each situation. The analyzed results of the data were demonstrated as follow.

CASE 1: The restrictions are true.

In all cases, RRR and RL methods have a smaller AMSE than OLS and RLS method, respectively. RRR method provides the smallest AMSE when the level of correlations is high and also provides the smallest AMSE for all level of correlations and all sample sizes when standard deviation is equal to 5. However, RL method provides the smallest AMSE when the level of correlations is low and middle, except in the case of standard deviation equal to 3, small sample sizes, RRR method provides the smallest AMSE.

The AMSE varies with, most to least, respectively, level of correlations, standard deviation and number of independent variables but converses to sample sizes.

CASE 2: The restrictions are not true.

In all cases, RRR method provides the smallest AMSE, except in the case of standard deviation equal to 1 and error of restrictions equal to 5%, OLS method provides the smallest AMSE when the level of correlations is low or middle and large sample sizes but small sample sizes, RL method provides the smallest AMSE. In addition, when increase error of restrictions, OLS method provides the smallest AMSE for all level of correlations and all sample sizes, except the level of correlations is high and small sample sizes. Moreover, the case OLS method provides the smallest AMSE, the most RLS method has a smaller AMSE than RRR and RL methods when level of correlations is low or middle and large sample sizes.

The AMSE varies with, most to least, respectively, error of restrictions, level of correlations, standard deviation and number of independent variables but converses to sample sizes, except error of restrictions does not effect to AMSE of OLS method.

DepartmentStatistics.....

Field of studyStatistics.....

Academic year2003.....

Student's signature 

Advisor's signature 

Co-advisor's signature -

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์ ที่ได้คำแนะนำเกี่ยวกับการจำลองข้อมูลด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้สละเวลาตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนอาจารย์ภาควิชาสถิติทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ทำยนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือทางด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฅ
บทที่	
1. บทนำ	1
- ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
- สมมติฐานของการวิจัย	6
- ขอบเขตของการวิจัย	6
- เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ	7
- วิธีดำเนินการวิจัย	8
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
2. ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง	10
- การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด	10
- การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดที่ถูกจำกัด ..	13
- การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณด้วยวิธีวิธีดจ์รีเกรสชันที่ถูกจำกัด	17
- การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณด้วยวิธีลิวที่ถูกจำกัด	31
3. วิธีดำเนินการวิจัย	38
- แผนการทดลอง	38
- ขั้นตอนในการวิจัย	39
4. ผลการวิจัย	49
- การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	50
- การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อข้อจำกัดไม่เป็นจริง	77

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	147
- สรุปผลการวิจัย	147
- ข้อเสนอแนะ	156
รายการอ้างอิง	160
ภาคผนวก	161
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	213



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

๗

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงลักษณะการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัย	45
4.1.1 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma = 1$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	51
4.1.2 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma = 3$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	55
4.1.3 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma = 5$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	59
4.1.4 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma = 1$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	63
4.1.5 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma = 3$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	67
4.1.6 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma = 5$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	71
4.2.1 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 1$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 5%	78
4.2.2 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 3$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 5%	82
4.2.3 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 5$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 5%	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
เคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 1$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	122
4.2.14 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาด เคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 3$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	126
4.2.15 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาด เคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 5$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	130
4.2.16 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาด เคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 1$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	134
4.2.17 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาด เคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 3$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	138
4.2.18 การเปรียบเทียบตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณในกรณีที่มีความคลาด เคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 5$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	142

สารบัญรูป

ณ

รูปที่	หน้า
4.1.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu=0, \sigma=1$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	52
4.1.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu=0, \sigma=3$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	56
4.1.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu=0, \sigma=5$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	60
4.1.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu=0, \sigma=1$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	64
4.1.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu=0, \sigma=3$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	68
4.1.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu=0, \sigma=1$ เมื่อข้อจำกัดเป็นจริง	72
4.2.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu=0, \sigma=1$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 5%	79
4.2.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu=0, \sigma=3$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 5%	83
4.2.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu=0, \sigma=5$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 5%	87

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 1$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	123
4.2.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 3$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	127
4.2.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=3 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 5$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	131
4.2.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 1$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	135
4.2.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 3$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	139
4.2.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AMSE ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ=5 พารามิเตอร์ $\mu = 0, \sigma = 5$ เมื่อข้อจำกัดมีความคลาดเคลื่อน 15%	143