การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นเชิงเดียว ด้วยวิธีเบส์และวิธีประมาณความควรจะเป็นสูงสุด

นางสาวรุ่งฤทัย ไทยสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1445-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PARAMETERS ESTIMATION IN SIMPLE LINEAR REGRESSION MODEL BY BAYESIAN METHOD AND MAXIMUM LIKELIHOOD METHOD

Miss Rungruthai Thaisom

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 974-53-1445-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นเชิงเดียวด้วยวิธีเบส์และวิธีประมาณความควรจะเป็นสูงสุด
โดย	นางสาวรุ่งฤทัย ไทยสม
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.อรุณี กำลัง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รุ่งฤทัย ไทยสม : การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นเชิงเดียวด้วยวิธีเบส์และวิธีประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (PARAMETERS ESTIMATION IN SIMPLE LINEAR REGRESSION MODEL BY BAYESIAN METHOD AND MAXIMUM LIKELIHOOD METHOD) อ.ที่ปรึกษา : รศ. รอ. มานพ วราภักดิ์ , 105 หน้า .ISBN 974-53-1445-5

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์ถดถอยของตัวแบบเชิงเส้นเชิงเดียว กรณีที่ให้ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติและกรณีที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มัลและแปลงเป็นการแจกแจงแบบปกติ โดยจะเปรียบเทียบวิธีการประมาณพารามิเตอร์การถดถอย 2 วิธี ได้แก่วิธีความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method (MLE)) และวิธีเบส์ (Bayesian Method (BAYES)) เมื่อกำหนดให้การแจกแจงก่อนของพารามิเตอร์การถดถอยเป็นแบบปกติสองตัวแปร เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพคือค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Average Mean Squares Error (AMSE)) สถานการณ์ที่ศึกษาคือตัวแปรอิสระ X_i จำลองมาจากการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10 การแจกแจงความคลาดเคลื่อนสุ่ม ε_i เป็นแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย $E(\varepsilon_i)$ เท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $SD(\varepsilon_i)$ เท่ากับ 1.0 3.0 5.0 7.0 และ 9.0 ค่า $\underline{\beta} = (1.0,1.0)'$ สำหรับการแจกแจงก่อนปกติสองตัวแปรของพารามิเตอร์การถดถอย $\underline{\beta}$ มีค่าเฉลี่ย $\underline{\mu} = \begin{pmatrix}0.5\\1.0\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}1.0\\2.0\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}2.0\\3.0\end{pmatrix}$, ความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 มีค่าสอดคล้องกับสัมประสิทธิ์ความแปรผัน $(C.V.)$ของการแจกแจงในระดับต่ำ กลาง สูง ซึ่งในที่นี้กำหนดเป็นค่า 0.6 1.3 และ 1.8 ตามลำดับ และค่าสหสัมพันธ์ (ρ)ระหว่างพารามิเตอร์มีค่า -0.3 -0.1 0.5 0.7 และ 0.9 และขนาดตัวอย่าง (n) ที่ศึกษาเท่ากับ 10 20 30 50 70 และ 90 จำลองสถานการณ์การทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลทำซ้ำ 500 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ของการทดลอง

ผลการวิจัยสามารถสรุป ได้ดังนี้

1. กรณีที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มัลและแปลงเป็นการแจกแจงแบบปกติ ให้ผลสรุปเหมือนกับกรณีที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งอธิบายตามกรณีของสหสัมพันธ์ระหว่าง β_0 และ β_1 ได้ดังนี้

1.1 เมื่อ β_0 และ β_1 มีสหสัมพันธ์ในระดับต่ำ ($-0.3 \le \rho \le 0.3$) เมื่อ $0 < SD(\varepsilon_i) \le 2.1$ ทุกค่า n และ $2.1 < SD(\varepsilon_i) < 8.2$, $n \ge 46$ จะได้ว่า MLE ให้ประสิทธิภาพในการประมาณมากที่สุด แต่ถ้า$2.1 < SD(\varepsilon_i) < 8.2$, $0 < n < 45$ และ $SD(\varepsilon_i) \ge 8.2$ ทุกค่า n จะได้ว่า BAYES ให้ประสิทธิภาพในการประมาณมากที่สุด

1.2 เมื่อ β_0 และ β_1 มีสหสัมพันธ์ในระดับปานกลาง ($-0.7 \le \rho < -0.3$ หรือ $0.3 < \rho \le 0.7$) เมื่อ $0 < SD(\varepsilon_i) \le 3.3$ ทุกค่า n และ $SD(\varepsilon_i) > 3.3$, $n \ge 27$ จะได้ว่า MLE ให้ประสิทธิภาพในการประมาณมากที่สุด แต่ถ้า $SD(\varepsilon_i) > 3.3$, $0 < n < 26$ จะได้ว่า BAYES ให้ประสิทธิภาพในการประมาณมากที่สุด

1.3 เมื่อ β_0 และ β_1 มีสหสัมพันธ์ในระดับสูง($\rho < -0.7$ หรือ $\rho > 0.7$) ที่ค่า $0 < SD(\varepsilon_i) \le 8.5$ ทุกค่า n และที่ค่า $SD(\varepsilon_i) \ge 8.5$, $n \ge 28$ จะได้ว่า MLE ให้ประสิทธิภาพในการประมาณมากที่สุด แต่ถ้า $SD(\varepsilon_i) \ge 8.5$, $0 < n < 27$ จะได้ว่า BAYES ให้ประสิทธิภาพในการประมาณมากที่สุด

2. เมื่อ $SD(\varepsilon_i), \sigma_1^2, \sigma_2^2$ หรือ ρ เพิ่มขึ้นค่า AMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ n เพิ่มขึ้นค่า AMSE มีแนวโน้มลดลง

ภาควิชา สถิติ
สาขาวิชา สถิติ
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต.....รุ่งฤทัย ไทยสม.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4482374726 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD : LINEAR REGRESSION / BAYES METHOD / MAXIMUM LIKELIHOOD METHOD

ROOGRUTHAI THAISOM : PARAMETERS ESTIMATION IN SIMPLE LINEAR REGRESSION MODEL BY BAYESIAN METHOD AND MAXIMUM LIKELIHOOD METHOD.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. CAPT. MANOP VARAPHAKDI , M.S. 105 pp.

ISBN 974-53-1445-5

The objective of this research is to compare the efficiency of regression – coefficient estimation in simple linear regression model under the normal and lognormal distributions of the dependent variable. The estimation methods are Maximum Likelihood Method (MLE) and Bayesian Method (Bayes). The measurement for the efficiency of the methods is Average Mean Square Error (AMSE). This research specified the parameter $\underline{\beta} = (1.0,1.0)'$. The observations of independent variable (X_i) are generated from the normal distribution with mean 50 and standard deviation 10. Random errors (ε_i) are independent and identically disdributed normal with mean zero and standard deviation 1.0, 3.0, 5.0, 7.0, and 9.0. The joint prior distribution of the parameters is bivariate normal distribution with mean vectors $\underline{\mu} = \begin{pmatrix}0.5\\1.0\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}1.0\\2.0\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}2.0\\3.0\end{pmatrix}$ and variances σ_1^2 and σ_2^2 which have the values according to the cofficient of variation that are low level, medium level and high level : 0.6, 1.3, and 1.8, respectively, and the level of correlation among parameters (ρ) are –0.3, -0.1, 0.5, 0.7, and 0.9. The sample sizes (n) are 10, 20, 30, 50, 70, and 90. The AMSE of the estimates are computed through the Monte Carlo Simulation method. The simulation is repeated 500 times in each situation.

The results of this research are as follows,

1. For the correlation among parameter β_0 and β_1 are $-0.3 \le \rho \le 0.3$ at $0 < SD(\varepsilon_i) \le 2.1$ for all n, and $2.1 < SD(\varepsilon_i) < 8.2$, $n \ge 46$, MLE is the most efficiency. But for $2.1 < SD(\varepsilon_i) < 8.2$, $0 < n < 45$, and $SD(\varepsilon_i) \ge 8.2$ for all n, BAYES is the most efficiency.

2. For the correlation among parameter β_0 and β_1 are $-0.7 \le \rho < -0.3$ or $0.3 < \rho \le 0.7$ at $0 < SD(\varepsilon_i) \le 3.3$ for all n, and at $SD(\varepsilon_i) > 3.3$, $n \ge 27$, MLE is the most efficiency. But for $SD(\varepsilon_i) > 3.3$, $0 < n < 26$, BAYES is the most efficiency.

2. For the correlation among parameter β_0 and β_1 are $\rho > 0.7$ at $0 < SD(\varepsilon_i) \le 8.5$ for all n, and at $SD(\varepsilon_i) \ge 8.5$, $n \ge 28$, MLE is the most efficiency. But at $SD(\varepsilon_i) \ge 8.5$, $0 < n < 27$, BAYES is the most efficiency.

4. The value of AMSE increases while the value of $SD(\varepsilon_i)$, σ_1^2, σ_2^2 or ρ increases. But the value of AMSE decreases while the sample size n increases.

Department Statistics
Field of study Statistics
Academic 2004

Student 's signature....รู้เกฤษ ไทยสม.....
Advisor 's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความพยายามและความอดทน รวมทั้งความกรุณาและเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งของ รองศาสตรจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการให้คำปรึกษาและชี้แนะตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณด้วยความซาบซึ้งและสำนึกในพระคุณอันนี้ไว้ ณ ที่นี้ และตลอดไป

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา และอาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง ในฐานะประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่คอยประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย โดยเฉพาะ ดร.กฤษณะ เนียมมณี ในฐานะเป็นผู้จุดความชอบในสาขาสถิติแก่ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี ที่ให้โอกาสทางการศึกษาและประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยตลอดจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา และขอขอบพระคุณผู้ทำงานทุกท่านของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชีในการให้ความสะดวกในเรื่องต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นกำลังใจ และเป็นกัลยาณมิตรที่ดีเยี่ยมตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณคุณกิตติพงษ์ ให้คำปรึกษาทางด้านคณิตศาสตร์ คุณวุฒิพงษ์ เตโชดมพันธ์ คุณอังคณา ฮึกหาญสู้ศัตรู และคุณจิตติมา ผสมญาติ สำหรับคำปรึกษาที่ดีด้านสถิติ และขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ นิสิตปริญญาโท ภาคสถิติทุกท่านที่เป็นกำลังใจและกัลยาณมิตรที่ดีเยี่ยมตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญภาพ.....ฎ

บทที่

1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.5 เกณฑ์ในการตัดสินใจ.....6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....7

2 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....8

2.1 ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติ : $Y_i \sim N\left(\underline{\beta}^{'}\underline{X}_i, \sigma^2\right)$,

$\underline{X}_i^{'} = (1, X_i)$, $\underline{\beta}^{'} = (\beta_0, \beta_1)$ 9

2.1.1 ตัวประมาณความควรจะเป็นสูงสุด.....9

2.1.2 ตัวประมาณเบส์.....11

2.2 ตัวแปรตามมีการแจกแจงล็อกนอร์มัล : $Y_i \sim LN\left(\underline{\beta}^{'}\underline{X}_i, \sigma^2\right)$,

$\underline{X}_i^{'} = (1, X_i)$, $\underline{\beta}^{'} = (\beta_0, \beta_1)$ 13

3 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 14

3.1 ข้อกำหนดในการทดลอง.....14

3.2 ขั้นตอนการวิจัย.....15

3.2.1 การสร้างข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย.....16

3.2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยด้วย

วิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีเบส์.....17

(1) ตัวแปรตามมีการแจกแจงปกติ.....17

(1.1) วิธีความควรจะเป็นสูงสุด เมื่อฟังก์ชันความหนาแน่นมีการ

หน้า

แจกแจงปกติ.....17
(1.2) วิธีเบส์ เมื่อใช้การแจกแจงก่อนของพารามิเตอร์เป็นปกติสอง ตัวแปรและฟังก์ชันความควรจะเป็นมีการแจกแจงปกติ.....18
(2) ตัวแปรตามมีการแจกแจงล็อกนอร์มัล..... 19
(1.3) วิธีความควรจะเป็นสูงสุด เมื่อฟังก์ชันความหนาแน่นมีการแจกแจงล็อกนอร์มัล.....19
(1.4) วิธีเบส์ เมื่อใช้การแจกแจงก่อนของพารามิเตอร์เป็นปกติสอง ตัวแปรและฟังก์ชันความควรจะเป็นมีการแจกแจงล็อกนอร์มัล..... 19
3.2.3 การหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณพารามิเตอร์ของการถดถอย..... 19
3.2.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ของการถดถอย..... 20
3.2.5 สรุปผลการวิจัยในแต่ละสถานการณ์..... 20
4 ผลการวิจัย..... 23
4.1 การเปรียบเทียบตัวประมาณพารามิเตอร์การถดถอยกรณีที่ $Y_i \sim N(\underline{\beta}' \underline{X}_i, \sigma^2)$, $\underline{X}_i' = (1, X_i)$, $\underline{\beta}' = (\beta_0, \beta_1)$ ด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด วิธีเชิงเบส์เมื่อใช้การแจกแจงก่อนร่วมของพารามิเตอร์ 2 ตัว..... 26
4.2 การเปรียบเทียบตัวประมาณพารามิเตอร์การถดถอยกรณีที่ตัวแปรตาม Y_i แปลงมาจากการแจกแจงล็อกนอร์มัลให้เป็นปกติ โดยอาศัยหลักการ $\ln Y_i$ ด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด วิธีเชิงเบส์เมื่อใช้การแจกแจงก่อนร่วมของพารามิเตอร์2 ตัว.....38
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....50
5.1 สรุปผลการวิจัย.....52
5.2 ข้อเสนอแนะ.....53
5.2.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์..... 53
5.2.2 ด้านการศึกษาวิจัย.....54
รายการอ้างอิง..... 55
ภาคผนวก.....56
ภาคผนวก ก.....57

หน้า

ภาคผนวก ข.....61
ภาคผนวก ค.....97
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

4.1.1 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์การถดถอยด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด และวิธีเบส์เมื่อเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงก่อน $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 1.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติ.....27

4.1.2 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์การถดถอยด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด และวิธีเบส์เมื่อเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงก่อน $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 1.0 \\ 2.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติ.....31

4.1.3 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์การถดถอยด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด และวิธีเบส์เมื่อเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงก่อน $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 2.0 \\ 3.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติ.....35

4.1.4 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์การถดถอยด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด และวิธีเบส์เมื่อเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงก่อน $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 1.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มัล.....39

4.1.5 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์การถดถอยด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด และวิธีเบส์เมื่อเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงก่อน $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 1.0 \\ 2.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มัล.....43

4.1.6 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์การถดถอยด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด และวิธีเบส์เมื่อเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงก่อน $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 2.0 \\ 3.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มัล.....47

ข1 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์เมื่อ $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 1.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติ.....61

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ข2 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์เมื่อ $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 1.0 \\ 2.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติ.....67

ข3 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์เมื่อ $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 2.0 \\ 3.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติ.....73

ข4 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์เมื่อ $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 1.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มัล.....79

ข5 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์เมื่อ $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 1.0 \\ 2.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มัล.....85

ข6 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการประมาณพารามิเตอร์เมื่อ $\underline{\mu} = \begin{pmatrix} 2.0 \\ 3.0 \end{pmatrix}$ เมื่อตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มัล.....91

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

บทที่		หน้า
2.1	แผนผังงานขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์การถดถอยเมื่อตัวแปรตาม มีการแจกแจงแบบปกติ.....	21
2.2	แผนผังงานขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์การถดถอยเมื่อตัวแปรตาม มีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มัล.....	22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย