การเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบการถดถอยลอจิสติก ระหว่างวิธีบูทสแตรปและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก

ชนิภา วิจารณ์ประจักษ์เขตต์
ธมลวรรณ อยู่นัด
บุษกร เอื้อวัฒนกุลวิไล

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPARISON OF ESTIMATION METHODS FOR THE LOGISTIC REGRESSION COEFFICIENTS BETWEEN BOOTSTRAP AND WEIGHTED LEAST SQUARES METHODS

CHANIPA VIJANPRAJUKKET
TAMONWAN YOONUT
BUSSAKORN AUEWATTANAKULVILAI

A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED STATISTICS)
DEPARTMENT OF STATISTICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกระหว่างวิธีบูทสแตรปและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก Comparison of Estimation Methods for the Logistic Regression Coefficients between Bootstrap and Weighted Least Squares Methods
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ชนิภา วิจารณ์ประจักษ์เขตต์ รหัสนักศึกษา 58051206 นางสาว ธมลวรรณ อยู่นัด รหัสนักศึกษา 58051237 นางสาว บุษกร เอื้อวัฒนกุลวิไล รหัสนักศึกษา 58051256
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชา	สถิติ
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ยุวดี กล่อมวิเศษ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ สายชล สินสมบูรณ์ทอง ประธานกรรมการ	
ดร.บุญญสิทธิ์ วรจันทร์ กรรมการ	
ดร.ยุวดี กล่อมวิเศษ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกระหว่างวิธีบูทสแตรปและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ชนิภา วิจารณ์ประจักษ์เขตต์ รหัสนักศึกษา 58051206 นางสาว ธมลวรรณ อยู่นัด รหัสนักศึกษา 58051237 นางสาว บุษกร เอื้อวัฒนกุลวิไล รหัสนักศึกษา 58051256
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชา	สถิติ
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ยุวดี กล่อมวิเศษ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบการถดถอยลอจิสติก 2 วิธีคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก และวิธีบูทสแตรปไม่อิงพารามิเตอร์ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) โดยในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษากรณีที่ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกมีตัวแปรอิสระ 1 ตัว เมื่อกำหนดให้ (β_0,β_1) = {(1.5,0.5),(1,2),(1,-3),(0.25,-0.33) }กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว เมื่อกำหนดให้ $(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$ = {(1.5,0.5,3),(1,2,-3),(1,-3,3),(0.25,-0.33, -3)} กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัว เมื่อกำหนดให้ $(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$ = {(1.5,0.5,3,-1.7),(1,2,-3,0.7),(1,-3,-1.7,0.7),(0.25,-0.33,-1.7,0.7)} ตามลำดับ สำหรับการประมาณค่าแบบบูทสแตรปกำหนดให้สุ่มซ้ำ 5000 ครั้ง แต่ละสถานการณ์ผู้วิจัยทำซ้ำ 1000 ครั้ง และกำหนดให้ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 20, 40, 60, 80 และ 100 จากการศึกษาโดยการจำลองข้อมูล สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ กรณีตัวแปรอิสระมีการแจกแจงปรกติ พบว่าค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าแบบวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบถดถอยลอจิสติกมีค่าน้อยกว่าวิธีบูทสแตรปในทุกกรณี ยกเว้นกรณีที่ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 20 และ (β_0,β_1) = {(1,3)}, $(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$ = {(1.5,0.5,3), (1,2,-3), (1,-3,3)} , $(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$ = {(1.5,0.5,3,-1.7), (1,-3,-1.7,0.7)} และกรณีที่ n มีขนาด 40 ดังนี้ $(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$ = {(1,-3,3)} และ $(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$ = {(1,-3,-1.7,0.7)} ส่วนในการแจกแจงเลขชี้กำลัง พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกมีค่าน้อยกว่าวิธีบูทสแตรปในทุกกรณี ยกเว้นกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ดังนี้ (β_0,β_1) = {(1.5,0.5), (1,-3)}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$,(\beta_0,\beta_1,\beta_2)=\{(1.5,0.5,3)\}$ นอกจากนี้ ผู้วิจัยพบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบูทสแตรปมีค่าน้อยลงเมื่อ n มีขนาดมากขึ้น

คำสำคัญ : การถดถอยลอจิสติก วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก วิธีบูทสแตรปไม่อิงพารามิเตอร์ การจำลองข้อมูล โปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Comparison of Estimation Methods for the Logistic Regression Coefficients between Bootstrap and Weighted Least Squares Methods
Students	Miss Chanipa Vijanprajukket Student ID 58051206
	Miss Tamonwan Yoonut Student ID 58051237
	Miss Bussakorn Auewattanakulvilai Student ID 58051256
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)
Department	Statistics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Dr.Yuwadee Klomwises

Abstract

This research aims to compare the estimation methods of logistic regression model which are the least squares method and the non-parametric bootstrap method. The criterion is the average mean squared error (AMSE) and the root mean square error (RMSE). In this study, we consider logistic regression model in case of single dependence variable, two dependence variables, and three dependence variables, where $(\beta_0,\beta_1)=\{(1.5,0.5),(1,2),(1,-3),(0.25,-0.33)\}$, $(\beta_0,\beta_1,\beta_2)=\{(1.5,0.5,3),(1,2,-3),(1,-3,3),(0.25,-0.33,-3)\}$, and $(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)=\{(1.5,0.5,3,-1.7),(1,2,-3,0.7),(1,-3,-1.7,0.7),(0.25,-0.33,-1.7,0.7)\}$respectively. In each scenario, we performed 1000 iterations and considered sample size of 20, 40, 60, 80 and 100, where bootstrap method was conducted based on 5000 repetitions. From simulation study, the research results can be summarized as follows. For independent variable distributed as the normal, it was found that the root mean square error (RMSE) and the average mean squared error (AMSE) from the least squares estimation method is less than those values of the bootstrap method in all cases except for the cases where sample size of 20 with $(\beta_0,\beta_1)=(1,3)$, $(\beta_0,\beta_1,\beta_2)=\{(1.5,0.5,3),(1,2,-3),(1,-3,3)\}$ and $(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)=\{(1.5,0.5,3,-1.7),(1,-3,-1.7,0.7)\}$ and sample size of 40 with $(\beta_0,\beta_1,\beta_2)=(1,-3,3)$ และ $(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)=(1,-3,-1.7,0.7)$. Besides, when independence variables have the exponential distribution, it can be concluded that the root mean square error (RMSE) and the average mean squared error (AMSE) from the least squares estimation method is less than those values of bootstrap in all cases except for cases where sample size is 20 with

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(\beta_0, \beta_1) = \{(1.5,0.5),(1,-3)\}$ $(\beta_0, \beta_1, \beta_2) = (1.5,0.5,3)$. Moreover, we found that the root mean square error (RMSE) and the average mean squared error (AMSE) from the least squares estimation method and bootstrap method tend to decrease when sample size is increase.

Keywords : Logistic Regression, Weighted Least Squares Methods, Non-parametric Boostrap, Simulation, R program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและร่วมมือของทุกๆท่าน ขอขอบพระคุณ ดร.ยุวดี กล่อมวิเศษ ที่คอยให้คำปรึกษาดูแลอย่างใกล้ชิดและให้ความช่วยเหลือแนะนำที่ดีในการปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำปัญหาพิเศษและขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษนี้ คือ รศ.สายชล สินสมบูรณทอง และดร.บุญญสิทธิ์ วรจันทร์ ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสถิติและเจ้าหน้าที่ห้องธุรการสาขาวิชาสถิติที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษให้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้ได้รับการศึกษา ตลอดจนคอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจเป็นแรงผลักดันในการทำปัญหาพิเศษให้ลุล่วงไปด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆและบุคคลอื่นๆที่ได้กล่าวมา ผู้จัดทำปัญหาพิเศษขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ชนิภา วิจารณ์ประจักษ์เขตต์
ธมลวรรณ อยู่นัด
บุษกร เอื้อวัฒนกุลวิไล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขต 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 การถดถอยลอจิสติก 3
2.2 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด 6
2.3 วิธีบูทสแตรปไม่อิงพารามิเตอร์ 10
2.4 การแจกแจงที่นำมาใช้ในงานวิจัย 13
2.4.1 การแจกแจงปรกติ 13
2.4.2 การแจกแจงเลขชี้กำลัง 13
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 16
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 20
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 68
เอกสารอ้างอิง 71
ภาคผนวก 73
ภาคผนวก ก 74
ภาคผนวก ข 145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงชุดตัวอย่างและค่าประมาณ 11

3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์กรณีตัวแปรอิสระ 1ตัวแปร 16

3.2 แสดงค่าพารามิเตอร์กรณีตัวแปรอิสระ 2ตัวแปร 16

3.3 แสดงค่าพารามิเตอร์กรณีตัวแปรอิสระ 3ตัวแปร 17

4.1 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20,40,60,80 และ 100 21

4.2 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20,40,60,80 และ 100 27

4.3 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติที่ขนาดตัวอย่าง 20,40,60,80 และ 100 34

4.4 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลังที่ขนาดตัวอย่าง 20,40,60,80 และ 100 45

4.5 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขกำลังที่ขนาดตัวอย่าง 20,40,60,80 และ 100 51

4.6 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขกำลังที่ขนาดตัวอย่าง 20,40,60,80 และ 100 58

5.1 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัว ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE)และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 68

5.2 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE)และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 68

5.3 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE)และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัว ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงเลขชี้กำลัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE)และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ..... 69
5.5 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงเลขชี้กำลัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE)และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ..... 69
5.6 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงเลขชี้กำลัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE)และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ..... 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงเส้นโค้งของฟังก์ชันลอจิสติก 4
2.2 จุดตัวอย่าง เส้นถดถอยที่ประมาณได้ และ ส่วนเหลือ 8
2.3 แผนผังแสดงลำดับการทำงานบูทแสตรปไม่อิงพารามิเตอร์ 12
3.1 แผนผังแสดงลำดับการทำงานของโปรแกรม 19
4.1 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =0.25 , β_1 =-0.33... 23
4.2 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =2..... 23
4.3 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =-3..... 24
4.4 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5..... 24
4.5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5..... 25
4.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =2..... 25
4.7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =-3..... 26
4.8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =0.25 , β_1 =-0.33..... 26
4.9 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =0.25 ,
β_1 =-0.33 , β_2 = -3..... 30
4.10 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =2 ,
β_2 = -3..... 30
4.11 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =-3 ,
β_2 =3..... 31
4.12 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0
(ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5
, β_2 =3..... 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5 , β_2 =3..... 32
4.14 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =2 , β_2 =-3. 32
4.15 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =-3 , β_2 =3. 33
4.16 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0 , β_1 , β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =0.25 , β_1 =-0.33 , β_2 =-3..... 33
4.17 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =0.25 , β_1 =-0.33 , β_2 = -1.7 , β_3 = 0.7..... 39
4.18 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 = 1 , β_1 = 2 , β_2 = -3 , β_3 = 0.7..... 40
4.19 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =-3 , β_2 = -1.7 , β_3 = 0.7..... 41
4.20 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5 , β_2 = 3 , β_3 = -1.7..... 42
4.21 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5 , β_2 = 3 , β_3 = -1.7..... 43
4.22 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =2 , β_2 =- 3 , β_3 = 0.7..... 43
4.23 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =1 , β_1 =-3 , β_2 =- 1.7 , β_3 = 0.7..... 44
4.24 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ β_0 =0.25 , β_1 =-0.33 , β_2 =- 1.7 , β_3 = 0.7..... 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.25 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5 47
4.26 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1 , β_1 =2..... 47
4.27 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1 , β_1 =-3 ... 48
4.28 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =0.25 , β_1 =-0.33 48
4.29 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0 , β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5 49
4.30 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0 , β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1 , β_1 =2 49
4.31 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0 , β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1 , β_1 =-3 50
4.32 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0 , β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =0.25 , β_1 =-0.33 50
4.33 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5 , β_2 = 3..... 54
4.34 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1 , β_1 =2 , β_2 = -3..... 54
4.35 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1 , β_1 =-3 , β_2 = 3..... 55
4.36 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =0.25 , β_1 =-0.33 , β_2 =- 3..... 55
4.37 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0 , β_1 , β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ β_0 =1.5 , β_1 =0.5 , β_2 =3 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.38 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_2 = -3$. 56

4.39 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_2 = 3$. 57

4.40 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_2 = -3$ 57

4.41 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 3, \beta_3 = -1.7$ 62

4.42 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_2 = -3, \beta_3 = 0.7$ 63

4.43 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_2 = -1.7, \beta_3 = 0.7$ 64

4.44 กราฟแสดงค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_2 = -1.7, \beta_3 = 0.7$ 65

4.45 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 3, \beta_3 = -1.7$ 66

4.46 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_2 = -3, \beta_3 = 0.7$ 66

4.47 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_2 = -1.7, \beta_3 = 0.7$ 67

4.48 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_2 = -1.7, \beta_3 = 0.7$ 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การถดถอยลอจิสติกเป็นตัวแบบการถดถอยรูปแบบหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นสำหรับกรณีที่พิจารณาตัวแปรตามในรูปแบบของ ความสำเร็จ และความล้มเหลว โดยที่ ตัวแปรตามมีค่าเป็น 1 เมื่อพบความสำเร็จและตัวแปรตามมีค่าเป็น 0 เมื่อพบความความล้มเหลว ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านต่าง ๆ เช่น การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียว 6 สัปดาห์ (สุวรรณา , 2557) การคุมกำเนิดของมารดาวัยรุ่นที่มีบุตรคนแรกในระยะหลังคลอด (นาฏนฤมล , 2558) การตัดสินใจเลือกใช้บริการโรงแรมราคาประหยัดของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร (พงษ์สิทธิ์ , 2561) การผิดชำระหนี้เงินกู้กองทุนหมู่บ้าน (ชุติมา , 2554) ระยะเวลาการพำนักและการกลับมาท่องเที่ยวในเชียงคาน (อาร์ม และสุรชัย, 2556)

ในการทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับตัวแบบการถดถอย ทั้งตัวแบบการถอยถอยเชิงเส้น ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกและตัวแบบการถดถอยอื่น ๆ พบว่า มีงานวิจัยจำนวนมากทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยในสถาการณ์ต่าง ๆ เนื่องจากการเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์จะต้องคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นของแต่ละวิธีที่ใช้ด้วย เพราะจะทำให้ได้ตัวประมาณที่ดี มีประสิทธิภาพและให้ผลที่ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น กรรณิกา (2548) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบถดถอยลอจิสติก 4 วิธี ได้แก่ วิธีฟังก์ชันจำแนกประเภทของฟิชเชอร์ วิธีฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสูงสุดด้วยวิธีนิวตัน รัฟสัน วิธีควอดาติก วันเสต็ปบูทแสตรป และวิธีเอคแซคลอจิสติกรีเกรสชัน กุลพัชร (2551) เปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ โลจิท ตัวแบบโพรบิทและ ตัวแบบคอมพลีเมนทารี ล็อก-ล็อก ระหว่างวิธีกำลังสองน้อยสุดแบบถ่วงน้ำหนัก วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีไคกำลังสองต่ำสุด ณัฐาภาภรณ์ (2553) ได้ทำการเปรียบเทียบการประมาณตัวแบบการถดถอยเชิงเส้น 3 วิธี คือวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีบูทสแตรปแบบใช้พารามิเตอร์และไม่ใช้พารามิเตอร์

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวถึงข้างต้นหากแบ่งการประมาณค่าออกเป็นการประมาณแบบอิงพารามิเตอร์ และการประมาณแบบไม่อิงพารามิเตอร์ พบว่า เมื่อพิจารณาในสถานการณ์ที่แตกต่างกันวิธีประมาณค่าที่เหมาะสมนั้นอาจเป็นการประมาณแบบอิงพารามิเตอร์ หรือการประมาณแบบไม่อิงพารามิเตอร์ ดังนั้น ในงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกระหว่างวิธีอิงพารามิเตอร์คือวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก และ วิธีบูทสแตรปแบบไม่อิงพารามิเตอร์ โดยใช้การจำลองข้อมูล ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาวิธีประมาณค่าที่เหมาะสม ได้แก่ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาการประมาณค่าที่เกิดจากการนำวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบูทสแตรปมาใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบการถดถอยลอจิสติก

2) เปรียบเทียบค่าประมาณที่เกิดจากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบการถดถอยลอจิสติก ระหว่างวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบูทสแตรป

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร

$$P(\mathrm{Y}=1\,|\,\mathbf{X})=\frac{\exp(\beta_0+\beta_1\,\mathrm{x}_1)}{1+\exp(\beta_0+\beta_1\,\mathrm{x}_1)}$$

2) ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร

$$P(\mathrm{Y}=1\,|\,\mathbf{X})=\frac{\exp(\beta_0+\beta_1\,\mathrm{x}_1+\beta_2\,\mathrm{x}_2)}{1+\exp(\beta_0+\beta_1\,\mathrm{x}_1+\beta_2\,\mathrm{x}_2)}$$

3) ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

$$P(\mathrm{Y}=1\,|\,\mathbf{X})=\frac{\exp(\beta_0+\beta_1.\mathrm{x}_1+\beta_2\,\mathrm{x}_2+\beta_3\,\mathrm{x}_3)}{1+\exp(\beta_0+\beta_1\,\mathrm{x}_1+\beta_2\,\mathrm{x}_2+\beta_3\,\mathrm{x}_3)}$$

4) ตัวแปรต้น X_1, X_2, X_3 มีการแจกแจงปรกติ และ การแจกแจงเลขชี้กำลัง

5) กำหนดขนาดตัวอย่าง n = 20, 40, 60, 80 และ 100 ในแต่ละสถานการณ์ทำซ้ำ 1000 ครั้ง

6) เปรียบเทียบวิธีการประมาณค่า จากค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองและรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ทราบการนำวิธีบูทสแตรปและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักมาใช้ประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติก

2) ได้ทราบว่าวิธีการประมาณค่าที่เหมาะสมสำหรับสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบลอจิสติกในสถาการณ์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้มีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การถดถอยลอจิสติก

การถดถอยลอจิสติกเป็นการถดถอยที่มีตัวแบบที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 กับตัวแปรอิสระที่เป็นได้ทั้งชนิดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องและมีได้มากกว่า 1 ตัวแปร ซึ่งตัวแปรตามนี้จะเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (qualitative variable) ที่มีค่าเป็นไปได้ 2 ค่า โดยพิจารณาในรูปของ "ความสำเร็จ" และ "ความล้มเหลว" โดยที่ $Y=1$ เมื่อพบความสำเร็จ และ $Y=0$ เมื่อพบความล้มเหลว ตัวอย่างในงานวิจัยทางการแพทย์ เช่น การศึกษาการเสียชีวิตของผู้ป่วยภายในระยะเวลา 5 ปีหลังเข้ารับการรักษาโรคมะเร็ง กำหนดตัวแปรตามมีค่า 0 เมื่อผู้ป่วยรอดชีวิต และ 1 เมื่อผู้ป่วยเสียชีวิต สิ่งที่สนใจคือมีปัจจัยหรือตัวแปรอิสระใดบ้างที่สามารถใช้พยากรณ์ความน่าจะเป็นหรือความเสี่ยงที่ผู้ป่วยจะเสียชีวิต

ให้ Y_i เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเบอร์นูลลี โดยมีพารามิเตอร์เท่ากับ 1 และ p_i เมื่อ $i=1,2,\ldots,n$

$X_{1i},X_{2i},\ldots,X_{ri}$ เป็นตัวแปรอิสระร่วม r ตัว (r-covariate independent variable) เมื่อ $i=1,2,\ldots,n$

Y_i มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น ดังนี้

$$f(y_i) = p_i^{y_i}(1-p_i)^{1-y_i} \quad ; \quad y_i = 0,1 \quad 0<p_i<1$$

โดยที่

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{ด้วยความน่าจะเป็น } p_i \\ 0 & \text{ด้วยความน่าจะเป็น } (1-p_i) \end{cases}$$

พิจารณาค่าเฉลี่ยของ Y_i เมื่อกำหนด X_i

$$\begin{aligned} E(Y_i|X_i) &= \sum_{i=1}^{n} y_i P(Y_i=y_i) \\ &= (1\times p_i)+(0\times(1-p_i)) \\ &= p_i \end{aligned}$$

จะพบว่าค่าของ p_i จะอยู่ในช่วง $(0,1)$ ซึ่งแตกต่างจากตัวแบบถดถอยเชิงเส้นที่จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $(-\infty,\infty)$ ดังนั้นเพื่อใช้คุณลักษณะของตัวแบบเชิงเส้นต้องทำการแปลงค่า p_i ให้อยู่ในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(-\infty,\infty)$ ทั้งนี้มีผู้เสนอการแปลงไว้หลายวิธี เช่น การแปลงแบบโปรบิท (probit transformation) การแปลงแบบลอจิสติก (logistic transformation) เป็นต้น

สมการลอจิสติกเชิงเส้น (linear logistic model) สำหรับตัวแปรตาม อันเนื่องด้วยตัวแปรอิสระ r ตัว ณ ระดับ i คือ

$$\text{logit}(p_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \ldots \beta_r x_{ri}$$

เมื่อ $\text{logit}(p_i) = \ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right)$ เป็นฟังก์ชันการแปลงลอจิสติกของความน่าจะเป็น p_i ซึ่งจะแปลงค่า p_i จากช่วง $(0,1)$ เป็น $\text{logit}(p_i)$ ในช่วง $(-\infty,\infty)$ ดังนั้นจากฟังก์ชันการแปลงและสมการลอจิสติกจะได้ว่า

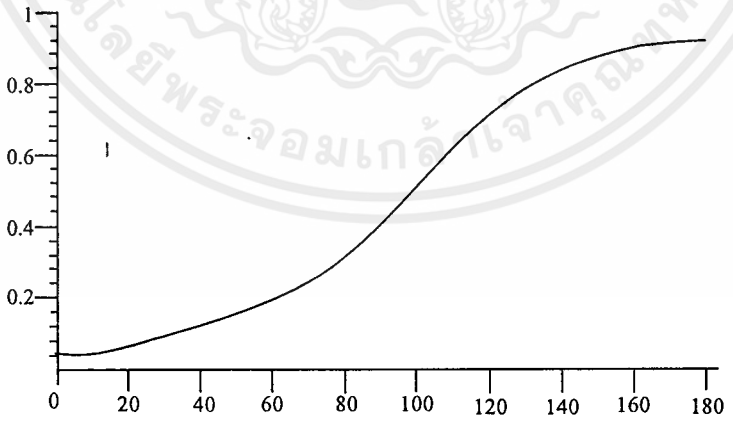
$$\ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \ldots + \beta_r x_{ri}$$

$$\frac{p_i}{1-p_i} = e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}$$

$$p_i = \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}$$

โดยที่ p_i คือ ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของ $Y_i = 1$ เมื่อกำหนด X ณ ระดับที่ i (กรรณิกา , 2548)

พิจารณาเส้นโค้งของฟังก์ชันลอจิสติก พบว่า มีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูปตัว S หรือเรียกว่าโค้งซิกมอยด์ (sigmoid curve) โดยที่ความสัมพันธ์มีลักษณะใกล้การถดถอยเชิงเส้น และเป็นเส้นตรงเมื่อ p_i อยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.8 ดังนั้นในการคำนวณใดๆ เกี่ยวกับสมการถดถอยลอจิสติก สามารถใช้คุณสมบัติของการถดถอยเชิงเส้นได้



รูปที่ 2.1 แสดงเส้นโค้งของฟังก์ชันลอจิสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอฮารา และคณะ(1982) กล่าวว่าเพื่อให้เหมาะสมตามทฤษฎี รูปแบบจริงของ p_i คือ $P(Y=1|x_i)$ ควรเขียนแทนด้วย $\pi(x_i)$ เพราะว่าเป็นฟังก์ชันของ x_i ดังนั้นฟังก์ชันลอจิสติกคือ

$$\pi(x_i) = \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}$$

และสมการถดถอยลอจิสติกเชิงเส้นคือ

$$\log it(p_i) = \beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri} \qquad (2.1)$$

เขียนสมการที่ (2.1) ในรูปของเมทริกซ์ ได้เป็น $G(\underline{X}) = X\underline{\beta}$

เมื่อ

$$G(\underline{X}) = \begin{bmatrix} \log it(\pi(x_1)) \\ \log it(\pi(x_2)) \\ \vdots \\ \log it(\pi(x_n)) \end{bmatrix}_{n\times 1}$$

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{r1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{r2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \\ 1 & x_{1i} & x_{2i} & \cdots & x_{ri} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \cdots & x_{rn} \end{pmatrix}_{n\times(r+1)}$$

และ $$\underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_r \end{bmatrix}_{(r+1)\times 1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นของตัวแบบถดถอยลอจิสติกคือ (กรรณิกา , 2548)

$$l(B) = \prod_{i=1}^{n} (\pi(\mathrm{x}_i))^{y_i} (1-\pi(\mathrm{x}_i))^{1-y_i}$$

ลอการิทึมธรรมชาติของฟังก์ชันความควรจะเป็น คือ

$$L(B) = \ln(l(B))$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \{\mathrm{y}_i \ln(\pi(\mathrm{x}_i)) + (1-\mathrm{y}_i)\ln(1-\pi(\mathrm{x}_i))\}$$

$$= \sum_{i=1}^{n} y_i \ln(\pi(x_i)) - \sum_{i=1}^{n} y_i \ln(1-\pi(x_i)) + \sum_{i=1}^{n} \ln(1-\pi(x_i))$$

$$= \sum_{i=1}^{n} y_i \ln\left(\frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}\right) - \sum_{i=1}^{n} y_i \ln\left(1-\frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}\right)$$
$$+\sum_{i=1}^{n} \ln\left(1-\frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}\right)$$

$$= \sum_{i=1}^{n} y_i \ln\left(\frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}\right) - \sum_{i=1}^{n} y_i \ln\left(\frac{1}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}\right)$$
$$+\sum_{i=1}^{n} \ln\left(\frac{1}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}+\ldots+\beta_r x_{ri}}}\right)$$

2.2 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด

วิธีกำลังสองน้อยที่สุด เรียกย่อๆ ว่า OLS (ordinary least square) เป็นเทคนิควิธีการหาค่าประมาณพารามิเตอร์ของสมการถดถอยที่ให้คุณสมบัติ 3 ประการ คือ มีความเป็นเส้นตรง (linear) เป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง (unbiased estimator) และมีความแปรปรวนต่ำที่สุด (minimum variance) ในบรรดาตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงอื่นๆ ดังนั้นจึงเป็นตัวประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเรียกว่าเป็น BLUE (a best linear unbiased estimator) แต่ทั้งนี้รูปแบบการถดถอยลอจิสติก (2.1) จะเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของ ε_i นั่นคือ ε_i เป็นอิสระกันและมีการแจกแจง $N(0,\sigma^2)$ ในที่นี้พิจารณาตัวแบบเชิงเส้น (Linear model) ในรูป

$$\underline{Y} = X\underline{\beta} + \underline{\varepsilon}$$

เมื่อ $\underline{Y}$ แทน เวกเตอร์ของตัวแปรตามขนาด $n\times 1$

X แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระขนาด $n\times k$

$\underline{\beta}$ แทน เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ในสมการถดถอยขนาด $k\times 1$; $\underline{\beta}' = (\beta_0,\beta_1,\ldots,\beta_k)$

$\underline{\varepsilon}$ แทน

n แทน จำนวนข้อมูลที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของความคลาดเคลื่อนคือ $\underline{\varepsilon} \sim N_n(0, \sigma^2 I_n)$ เมื่อ σ^2 เป็นค่าคงที่ที่มากกว่า 0

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นจะทำการหา β ซึ่งเป็นตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุดของ β ที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน $\sum_{i=1}^{n} \underline{\varepsilon}_i^2 = \underline{\varepsilon}' \underline{\varepsilon}$ มีค่าต่ำสุด จากตัวแบบในรูปเมทริกซ์ ได้ว่า $\underline{\varepsilon} = \underline{Y} - X\underline{\beta}$

ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนเขียนได้รูป

$$\begin{aligned}
\underline{\varepsilon}'\underline{\varepsilon} &= (\underline{Y} - X\underline{\beta})'(\underline{Y} - X\underline{\beta}) \\
&= (\underline{Y}' - \underline{\beta}'X')(\underline{Y} - X\underline{\beta}) \\
&= \underline{Y}'\underline{Y} - \underline{Y}'X\underline{\beta} - \underline{\beta}'X'\underline{Y} + \underline{\beta}'X'X\underline{\beta} \\
&= \underline{Y}'\underline{Y} - 2\underline{\beta}'X'\underline{Y} + \underline{\beta}'X'X\underline{\beta}
\end{aligned}$$

โดยการหาอนุพันธ์ของ $\underline{\varepsilon}'\underline{\varepsilon}$ เทียบกับ $\underline{\beta}$ แล้วกำหนดให้เท่ากับ 0 นั่นคือ

$$\therefore \frac{\partial}{\partial \underline{\beta}} \hat{\varepsilon}'\hat{\varepsilon} = \frac{\partial}{\partial \underline{\beta}} (\underline{Y}'\underline{Y} - 2\beta'X'\underline{Y} + \underline{\beta}'X'X\underline{\beta}) = 0$$

$$-2X'\underline{Y} + 2X'X\underline{\beta} = 0$$

ซึ่งทำให้ได้สมการปกติ (Normal Equation) ดังนี้

$$X'X\underline{\beta} = X'\underline{Y}$$

ในกรณีที่ $X'X$ ไม่ใช่เมทริกซ์เอกฐาน (Nonsingular matrix) นั่นคือสามารถหา $(X'X)^{-1}$ ได้ ดังนั้น

ตัวประมาณโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด คือ $\underline{\beta} = (X'X)^{-1}X'\underline{Y}$

พารามิเตอร์ β_0 และ β_1 เป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า ดังนั้นในการสร้างสมการถดถอย เราจะประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งสอง โดยอาศัยข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่าง สมมติว่าสุ่มข้อมูลมา n คู่ คือ $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \ldots, (X_n, Y_n)$ การประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดคือ การหาค่าประมาณของ β_0 และ β_1 ที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าสังเกต Y_i กับค่า $\hat{Y}_i$ บนเส้นถดถอยมีค่าน้อยที่สุด

จากฟังก์ชันถดถอย

$$\mu_y(x) = \beta_o + \beta_1 X$$

เราสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ได้โดยใช้ข้อมูลของตัวอย่าง ดังนี้

ให้สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายของตัวอย่างหรือที่จะประมาณ คือ

$$\hat{Y} = b_o + b_1 X$$

เมื่อ $\hat{Y}$ คือค่าประมาณของ $\mu_y(x)$ ซึ่งเป็นค่า Y บนเส้นถดถอยเมื่อกำหนดค่า X

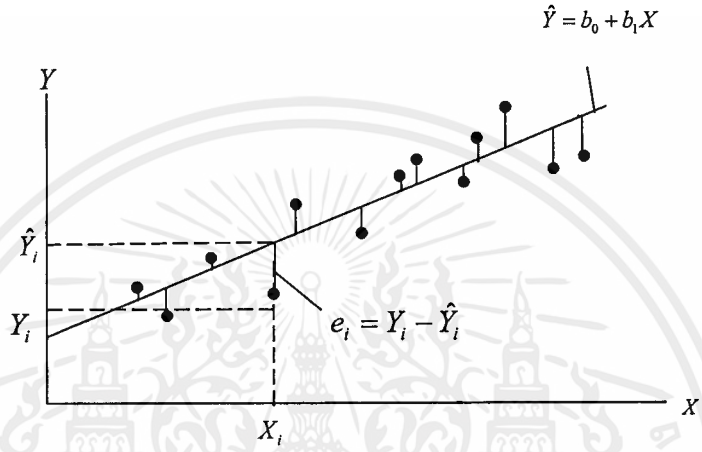
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b_0 และ b_1 คือค่าประมาณของ β_0 และ β_1 ตามลำดับ

ผลต่างระหว่างค่าสังเกต Y_i และ $\hat{Y}_i$ เขียนแทนด้วย e_i เรียก ส่วนเหลือ (residual) นั่นคือ

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

ส่วนเหลือ e_i สำหรับค่าสังเกตที่ i คือตัวประมาณค่าของความคลาดเคลื่อน ε_i เมื่อ $\varepsilon_i = Y_i - E(Y_i)$ รูปที่ 2.2 แสดงส่วนเหลือ ซึ่งทุกๆ ค่าสังเกต Y_i จะมีค่าประมาณ $\hat{Y}_i$ ที่สอดคล้องกัน



รูปที่ 2.2 จุดตัวอย่าง เส้นถดถอยที่ประมาณได้ และส่วนเหลือ

วิธีกำลังสองน้อยที่สุดคือ การหาค่า b_0 และ b_1 ที่ทำให้

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2 = \sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - b_0 - b_1 X_i\right)^2 \qquad \text{มีค่าน้อยที่สุด}$$

ให้ $$Q = \sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - b_0 - b_1 X_i\right)^2$$

วิธีหาค่า b_0 และ b_1 ที่ทำให้ Q มีค่าน้อยที่สุด ทำได้โดยการหาอนุพันธ์ย่อยของ Q เทียบกับ b_0 และ b_1 แล้วทำให้ผลลัพธ์เท่ากับศูนย์

$$\frac{\partial Q}{\partial b_0} = -2\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - b_0 - b_1 X_i\right)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial b_1} = -2X_i\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - b_0 - b_1 X_i\right)$$

ให้ $\dfrac{\partial Q}{\partial b_0} = 0$ และ $\dfrac{\partial Q}{\partial b_1} = 0$ จะได้

$$\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - b_0 - b_1 X_i\right) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i\left(Y_i - b_0 - b_1 X_i\right) = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดสมการใหม่ จะได้

$$nb_0 + b_1\sum_{i=1}^{n} X_i = \sum_{i=1}^{n} Y_i$$

$$b_0\sum_{i=1}^{n} X_i + b_1\sum_{i=1}^{n} X_i^2 = \sum_{i=1}^{n} X_iY_i \qquad (2.2)$$

เรียก (2.2) ว่าสมการปรกติ

เมื่อแก้สมการปรกติ สามารถหาค่า b_0 และ b_1 ที่ทำให้ $\sum_{i=1}^{n} e_i^2$ มีค่าน้อยที่สุดได้จากสมการดังนี้

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_iY_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)}{n}}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}{n}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i-\overline{X}\right)\left(Y_i-\overline{Y}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i-\overline{X}\right)^2}$$

และ $b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{X}$

เมื่อ $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$ และ $\overline{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}$

เพื่อความสะดวก จะได้

$$SS_{XY} = \sum_{i=1}^{n}\left(X_i-\overline{X}\right)\left(Y_i-\overline{Y}\right)$$

$$SS_X = \sum_{i=1}^{n}\left(X_i-\overline{X}\right)^2$$

$$SS_Y = \sum_{i=1}^{n}\left(Y_i-\overline{Y}\right)^2$$

ดังนั้น

$$b_1 = \frac{SS_{XY}}{SS_X}$$

แทนค่า $b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{X}$ ในสมการ $Y = b_0 + b_1X_i$ จะได้สมการถดถอยในรูป i

$$Y = \overline{Y} - b_1\overline{X} + b_1X_i = \overline{Y} + b_1\left(X_i-\overline{X}\right)$$

สูตรอื่นๆ สำหรับ SS_{XY}, SS_X และ SS_Y ซึ่งมีประโยชน์ ได้แก่

$$SS_{XY} = \sum_{i=1}^{n} X_iY_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)}{n} = \sum_{i=1}^{n} X_iY_i - n\overline{X}\overline{Y}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$SS_X = \sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}{n} = \sum_{i=1}^{n} X_i^2 - n\overline{X}^2$$

$$SS_Y = \sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)^2}{n} = \sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - n\overline{Y}^2$$

เส้นถดถอยที่ประมาณได้โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีสมบัติดังนี้

1. ผลรวมของส่วนเหลือเท่ากับศูนย์

$$\sum_{i=1}^{n} e_i = 0$$

2. ผลรวมของส่วนเหลือยกกำลังสองที่มีค่าน้อยที่สุด นั่นคือ $\sum_{i=1}^{n} e_i^2$ มีค่าน้อยที่สุด

3. ผลรวมของค่าสังเกต Y_i เท่ากับผลรวมของ Y_i เมื่อ Y_i คือค่าประมาณ Y บนเส้นถดถอย

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i = \sum_{i=1}^{n} Y_i$$

4. ผลรวมของส่วนเหลือที่ถ่วงน้ำหนักด้วย X_i มีค่าเท่ากับศูนย์

$$\sum_{i=1}^{n} X_i e_i = 0$$

5. ผลรวมของส่วนเหลือที่ถ่วงน้ำหนักด้วย $\hat{Y}_i$ มีค่าเท่ากับศูนย์

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i e_i = 0$$

2.3 วิธีบูทสแตรปไม่อิงพารามิเตอร์

ในปี ค.ศ.1979 Bradley Efron ได้เสนอวิธีการหาตัวประมาณของพารามิเตอร์บูทแสตรป โดยมีหลักเกณฑ์คือ สุ่มตัวอย่างแบบคืนที่ขนาด n จากตัวอย่างสุ่มชุดเดียวที่มี เพื่อสร้างชุดตัวอย่างขนาด n ที่เป็นไปได้ นั่นคือแทนที่จะสุ่มตัวอย่างซ้ำๆ จากประชากรที่มีฟังก์ชันการแจกแจง F โดยตรง จะใช้การสุ่มตัวอย่างจากฟังก์ชันการแจกแจงเชิงประจักษ์ (Empirical distribution function (F_n)) ของข้อมูลตัวอย่างโดยมีวิธีการดำเนินการดังนี้ (ณัฐภาภรณ์, 2553)

กำหนดให้เวกเตอร์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ คือ $Z_i^{'} = [Y_i, X_{i1}, ..., X_{ik}]$ ดังนั้นจะสามารถสุ่มค่า $Z_1^{'}, Z_2^{'}, ..., Z_n^{'}$ แบบคืนที่โดย $Z_i^{'}$ แต่ละเวกเตอร์จะมีความน่าจะเป็นที่ถูกสุ่มเท่ากัน คือ $\frac{1}{n}$

ขั้นที่ 1 สุ่มค่า $Z_1^{'}, Z_2^{'}, ..., Z_m^{'}$ แบบคืนที่ขนาด m ครั้ง จะได้ $Z_{11}^{'*}, Z_{12}^{'*}, ..., Z_{1m}^{'*}$

ขั้นที่ 2 คำนวณค่าประมาณของ $\beta = (\beta_0, \beta_1, ..., \beta_k)^{'}$ จะได้ค่าประมาณ คือ $b_{1j} = (b_{10}^{*}, b_{11}^{*}, b_{12}^{*}, ..., b_{1k}^{*})^{'}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำซ้ำขั้นที่ 1 และ 2 จำนวน B รอบ จะได้ชุดตัวอย่างและค่าประมาณดังตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงชุดตัวอย่างและค่าประมาณ

รอบที่	ชุดตัวอย่าง	ค่าประมาณ
1	$Z_{11}^{*}, Z_{12}^{*}, \ldots, Z_{1m}^{*}$	$b_{10}, b_{11}, b_{12}, \ldots, b_{1k}$
2	$Z_{21}^{*}, Z_{22}^{*}, \ldots, Z_{2m}^{*}$	$b_{20}, b_{21}, b_{22}, \ldots, b_{2k}$
⋮	⋮	⋮
b	$Z_{b1}^{*}, Z_{b2}^{*}, \ldots, Z_{bm}^{*}$	$b_{b0}, b_{b1}, b_{b}, \ldots, b_{bk}$
⋮	⋮	⋮
B	$Z_{B1}^{*}, Z_{B2}^{*}, \ldots, Z_{Bm}^{*}$	$b_{B0}, b_{B1}, b_{B2}, \ldots, b_{Bk}$

$\hat{b}_{0B}, \hat{b}_{1B}$ เป็นค่าประมาณของพารามิเตอร์ β_0, β_1 ตามลำดับ ด้วยวิธีบูทสแตรปและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานคือ

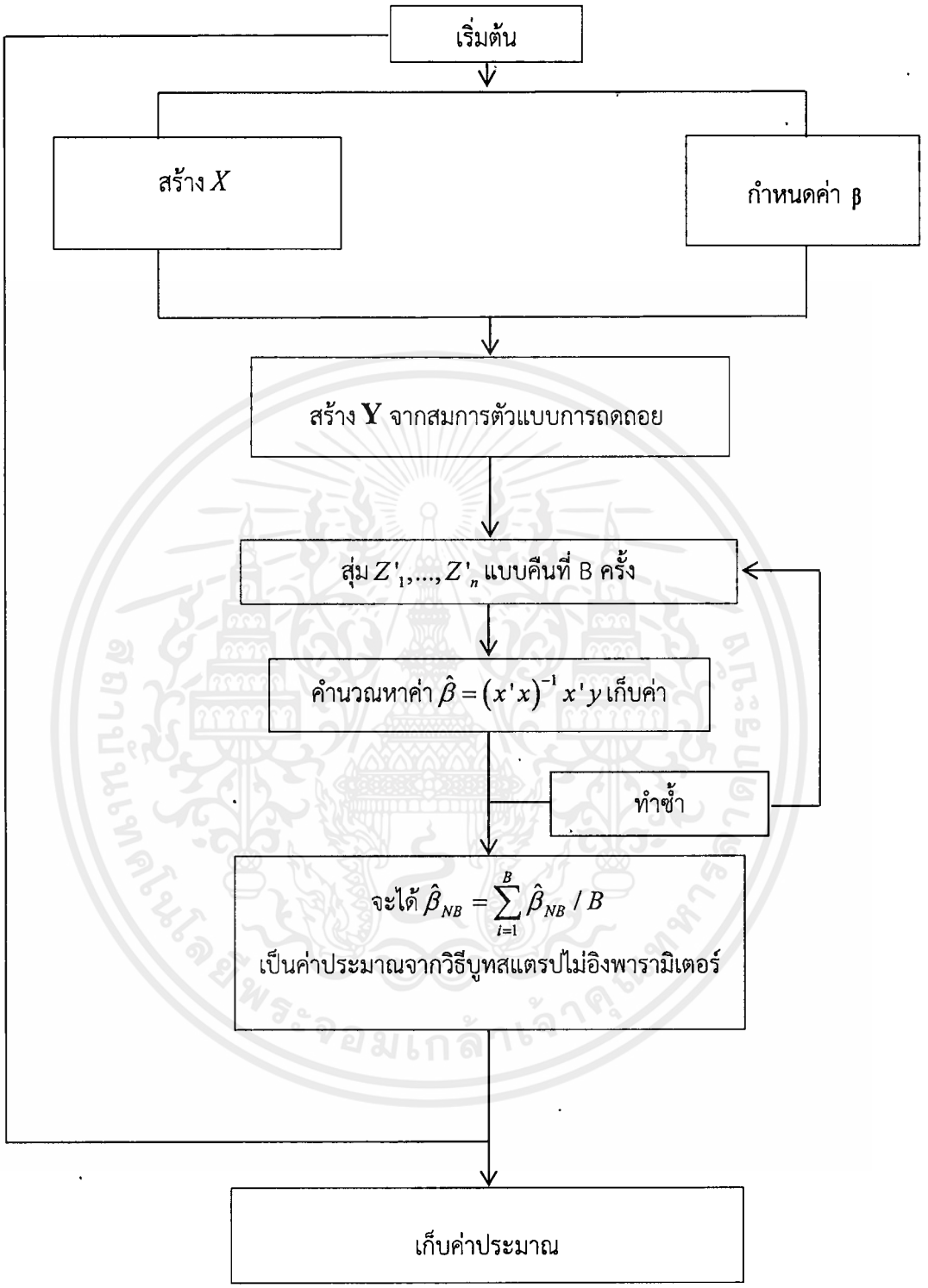
$$\hat{b}_{0B} = \frac{\sum_{i=1}^{B} b_{0i}}{B}$$

$$\hat{b}_{1B} = \frac{\sum_{i=1}^{B} b_{1i}}{B}$$

$$SE_{0B} = \sqrt{\frac{1}{1-B}\sum_{i=1}^{B}\left(b_{0i} - \hat{b}_{0B}\right)^2}$$

$$SE_{1B} = \sqrt{\frac{1}{1-B}\sum_{i=1}^{B}\left(b_{1i} - \hat{b}_{1B}\right)^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แผนผังแสดงลำดับการทำงานบูทแสตรปไม่อิงพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การแจกแจงที่นำมาใช้ในการวิจัย

2.4.1 การแจกแจงปรกติ (Normal Distribution)

เป็นการแจกแจงที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางและเป็นรูปแบบความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มต่อเนื่องที่สำคัญมากในวิชาสถิติ เนื่องจากข้อมูลต่างๆ ส่วนใหญ่มีการแจกแจงปรกติ เช่น คะแนนสอบ รายได้ โดยกราฟของฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปรกติมีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูประฆังคว่ำ (Bell-Shape) หรือเรียกว่าเส้นโค้งปรกติ (Normal Curve) กล่าวคือเป็นเส้นโค้งสมมาตร พื้นที่ใต้โค้งรวมกันเป็น 1

ให้ X เป็นตัวแปรสุ่มปรกติโดยมีค่าอยู่ในช่วงที่ไม่สิ้นสุด และมีค่าพารามิเตอร์คือ μ เรียกว่าค่าเฉลี่ย และค่า σ^2 เรียกว่าความแปรปรวน

ฟังก์ชันความหนาความแน่นความน่าจะเป็นของ X คือ (น้อมจิต, 2559)

$$f(x;\mu,\sigma^2)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}e^{\frac{-1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2};\ -\infty<x<\infty,\ -\infty<\mu<\infty,\ \sigma^2>0$$

ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $E(X)=\mu$ และความแปรปรวน $Var(X)=\sigma^2$

2.4.2 การแจงแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)

เป็นการแจกแจงของเวลากับเหตุการณ์หนึ่งๆ เมื่อความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์หนึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ถัดไปจะไม่แปรผันตลอดทั้งช่วงเวลา การแจกแจงนี้เป็นการแจกแจงของเวลาระหว่างการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ เมื่อจำนวนของการเกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาหนึ่งๆ มีการแจกแจงปัวซง

ฟังก์ชันความหนาความแน่นน่าจะเป็นของ X คือ (น้อมจิต, 2559)

$$f(x;\beta)=\frac{1}{\beta}e^{\frac{-x}{\beta}};\ -\infty<x<\infty,\ \beta>0$$

ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $E(X)=\beta$ และความแปรปรวน $Var(X)=\beta^2$

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กุลพัชร (2551) เปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ โลจิท ตัวแบบโพรบิท และ ตัวแบบคอมพลีเมนทารี ล็อก-ล็อก ระหว่างวิธีกำลังสองน้อยสุดแบบถ่วงน้ำหนัก (WLS) วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) และวิธีไคกำลังสองต่ำสุด (MCS) ในกรณีที่ตัวแปรตอบสนองมี 2 ค่า คือ 0 หรือ 1 และตัวแปรอธิบาย 1 ตัวแปร ตัวอย่างชุดที่ 1-3 เป็นข้อมูลทางการแพทย์ ตัวอย่างชุดที่ 4-6 เป็นข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) ตัวอย่างชุดที่ 8-9 เป็นข้อมูลทางด้านสังคมศาสตร์ วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล คือ การประมาณค่าตัวแบบโลจิท ตัวแบบโพรบิท และตัวแบบคอมพลีเมนทารี ล็อก-ล็อก ซึ่งใช้ตัวสถิติ Deviance ในการเปรียบเทียบ พบว่า ตัวแบบโลจิทภายใต้วิธี MLE ให้ค่า Deviance ต่ำสุด เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลตัวอย่างชุดที่ 4 ตัวแบบโพรบิทภายใต้วิธี MLE ให้ค่า Deviance ต่ำสุด เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลตัวอย่างชุดที่ 2 5 และ 9 ตัวแบบคอมพลีเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทารี ล็อก-ล็อก ภายใต้วิธี MLE ให้ค่า Deviance ต่ำสุด เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลตัวอย่างชุดที่ 3 และ 7

ณัฐาภาภรณ์ (2553) ได้ทำการเปรียบเทียบการประมาณตัวแบบการถดถอยเชิงเส้น 3 วิธี คือวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีบูทสแตรปแบบใช้พารามิเตอร์และไม่ใช้พารามิเตอร์ เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจงแจงปรกติ เอกรูป, ลอจิสติก ดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล SEV และ GEV โดยการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวน ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองและค่าประสิทธิภาพสัมพันธ์ เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประมาณค่าแบบจุด พบว่าเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจงแจงปรกติ ลอจิสติกและดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล วิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีประสิทธิภาพดีที่สุด และค่าสัมประสิทธ์ความเชื่อมั่นจากช่วงความเชื่อมั่นโดยวิธีการประมาณดังกล่าวเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประมาณค่าแบบช่วง พบว่าเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจงแจงปรกติ ลอจิสติก SEV และ GEV วิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับการแจกแจงเอกรูปและดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล วิธีบูทสแตรปอิงพารามิเตอร์มีประสิทธิภาพดีที่สุด

Puwasa, et al, (2016) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบจุดด้วยวิธีเบย์เซียน วิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีบูทสแตรปอิงพารามิเตอร์ ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่า คือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ 15, 30, 75 และ 100 การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม คือ การแจกแจงปรกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15, 0.5 และ 1 ตัวแปรอิสระเป็นค่าคงที่ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้จากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลกระทำซ้ำ 1000ครั้งในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ วิธีเบส์เซียนมีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับทุก ๆ สถานการณ์ที่กำหนด รองลงมาคือวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีบูทสแตรปอิงพารามิเตอร์มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

กรรณิกา (2548) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบถดถอยลอจิสติก 4 วิธี ได้แก่ วิธีฟังก์ชันจำแนกประเภทของฟิชเชอร์ วิธีฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสูงสุดด้วยวิธีนิวตัน รัฟสัน วิธีควอดาติก วันเสต็ป บูทแสตรป และวิธีเอคแซคลอจิสติก รีเกรสชัน เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ค่าเฉลี่ยของรากที่สองของความคาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) และค่าเฉลี่ยของสถิติเดเวียนซ์ (DV) ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนตัวแปรอิสระ 1 และ 2 ตัว โดยตัวแปรอิสระมีการแจกแจงแบบปรกติ ชี้กำลัง เบอร์นูลลี ปัวซง ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจง 2 แบบ คือ การแจกแจงปรกติ มีค่าเฉลี่ย 0 ความแปรปรวน 1 และการแจกแจงเอกรูปแบบไม่ต่อเนื่องมีค่าอยู่ในช่วง -1 และ 1 ขนาดตัวอย่าง 10, 40, 70 เฉพาะกรณีตัวแปรอิสระ 1 ตัว จะเพิ่มการวิจัยขนาดตัวอย่าง 100 และจำลองข้อมูลซ้ำ 400 ครั้ง พบว่า ผลวิจัยเมื่อมีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร 1) ใช้เกณฑ์ RMSE วิธีฟังก์ชันจำแนกประเภทของฟิชเชอร์เป็นวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด 2) ใช้เกณฑ์ DV วิธีเอคแซค ลอจิสติก รีเกรสชัน เป็นวิธีประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และผลวิจัยเมื่อมีตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระ 2 ตัวแปร 1) ใช้เกณฑ์ RMSE วิธีฟังก์ชันจำแนกประเภทของฟิชเชอร์เป็นวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด 2) ใช้เกณฑ์ DV วิธีนิวตัน รัฟสันเป็นวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

Maoon (1992) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณพารามิเตอร์ระหว่างวิธีกำลังสองน้อยที่สุดกับวิธีบูทสแตรปในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของวิธีการทั้ง 2 วิธี เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบหางยาวกว่าปกติ ได้แก่ การแจกแจงลอจิสติก ดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล และปรกติปลอมปน ซึ่งมีสเกลแฟคเตอร์ และเปอร์เซ็นต์ของการปลอมปน ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน และระดับนัยสำคัญ สำหรับข้อมูลนี้จะจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลกระทำซ้ำกัน 1000 ครั้ง ในแต่ละกรณี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 วิธีการทั้ง 2 วิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ครบทุกกรณีเมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นแบบลอจิสติกและดับเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล แต่ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ครบทุกกรณีเมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนแบบปกติปลอมปน วิธีการทั้ง 2 วิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีขึ้นเมื่อระดับนัยสำคัญ α และจำนวนตัวแปรร่วมมีค่าเพิ่มขึ้น 2.กำลังการทดสอบ ก) การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนเป็นปรกติปลอมปน ทุกค่าของจำนวนทรีตเมนต์ที่ศึกษา วิธีบูทสแตรปจะให้กำลังการทดสอบสูงกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างในแต่ละทรีตเมนต์มีต่ำ แต่วิธีบูทสแตรปจะให้กำลังการทดสอบต่ำกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างในแต่ละทรีตเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่จำนวนตัวแปรรวม สเกลแฟคเตอร์และเปอร์เซ็นต์ของการปลอมปนมีค่าต่ำ ส่วนการเพิ่มค่าสเกลแฟคเตอร์มีผลทำให้กำลังการทดสอบของวิธีการทั้ง 2 วิธีมีค่าลดลงมากกว่าการเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้จะทำการเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบถดถอยลอจิสติกที่ตัวแปรอิสระมีการแจกแจงปรกติและเลขชี้กำลัง ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบูทสแตรป โดยการจำลองข้อมูลตามขนาดตัวอย่างและค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม R โดยมีการวางแผนการวิจัยและมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การวางแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ในการศึกษาเปรียบเทียบ ดังนี้

3.1.1 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยลอจิสติก (β_0, β_1) และขนาดตัวอย่าง (n) สำหรับกรณีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์กรณีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร

n	ค่าพารามิเตอร์ β_0, β_1
20	(1.5,0.5)
40	(1,2)
60	(1,–3)
80	(0.25,–0.33)
100	

3.1.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยลอจิสติก $(\beta_0, \beta_1, \beta_2)$ และขนาดตัวอย่าง (n) สำหรับกรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร

n	ค่าพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2$
20	(1.5,0.5,3)
40	(1,2,–3)
60	(1,–3,3)
80	(0.25,–0.33,–3)
100	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยลอจิสติก $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3)$ และขนาดตัวอย่าง (n) สำหรับกรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าพารามิเตอร์กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

n	ค่าพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$
20	(1.5,0.5,3,–1.7)
40 60	(1,2,–3,0.7)
80	(1,–3,–1.7,0.7)
100	(0.25,–0.33,–1.7,0.7)

3.1.4 กำหนดการแจกแจงของตัวแปรอิสระของเป็นการแจกแจงปรกติและการแจกแจงเลขชี้กำลัง

3.1.5 กำหนดการทำซ้ำในการจำลองสถานการณ์จำนวน 1000 รอบ และกำหนดจำนวนการสุ่มซ้ำในการประมาณค่าโดยค่าบูทสแตรปแบบไม่อิงพาราเตอร์ (NB) จำนวน 5000 ครั้ง

3.1.6 กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ จำลองสถานการณ์และประมาณค่าโดยโปรแกรม R (R Core Team, 2018) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยลอจิสติก และขนาดตัวอย่าง ดังที่กล่าวถึงข้างต้น

3.2.2 สร้างตัวแปรต้น X_i จำนวน k ตัวแปรที่มีขนาดและการแจกแจงที่กำหนด โดยในกรณีตัวแปรอิสระมีการแจกแจงปรกติ ใช้คำสั่ง rnorm(n) และกรณีตัวแปรอิสระมีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ใช้คำสั่ง rexp(n) เมื่อ n คือขนาดตัวอย่าง

3.2.3 นำค่าตัวพารามิเตอร์ที่ได้จากขั้นตอน 3.2.1 และค่าของแปรต้นที่ได้จากขั้นตอน 3.2.2 คำนวณความน่าจะเป็นที่ $Y=1$ จากสมการของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกดังนี้

กรณีมีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร

$$P(\mathrm{Y}=1|\,\mathbf{X}) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 \mathrm{x}_1)}{1+\exp(\beta_0 + \beta_1 \mathrm{x}_1)}$$

กรณีมีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร

$$P(\mathrm{Y}=1|\,\mathbf{X}) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 \mathrm{x}_1 + \beta_2 \mathrm{x}_2)}{1+\exp(\beta_0 + \beta_1 \mathrm{x}_1 + \beta_2 \mathrm{x}_2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีมีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

$$P(\mathrm{Y}=1\,|\,\mathbf{X})=\frac{\exp(\beta_0+\beta_1\mathrm{x}_1+\beta_2\mathrm{x}_2+\beta_3\mathrm{x}_3)}{1+\exp(\beta_0+\beta_1\mathrm{x}_1+\beta_2\mathrm{x}_2+\beta_3\mathrm{x}_3)}$$

3.2.4 นำความน่าจะเป็นที่ได้จากขั้นตอน 3.2.3 สร้างค่าตัวแปรตาม Y ครั้งละ 1 ค่าจำนวน n ครั้งจากการแจกแจงเบอร์นูลลี โดยคำสั่ง rbinom(n, size=1, prob) เมื่อ n คือ ขนาดตัวอย่าง prob คือ เวกเตอร์ความน่าจะเป็นที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.2.3 จากนั้น

3.2.5 สร้างชุดข้อมูลจากตัวแปรต้นที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.2.1 และตัวแปรตามที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.2.4 เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก (WLS) จะได้ค่าประมาณ $\hat{\beta}$ โดยคำสั่ง glm(formula,family=binomial,data) เมื่อ formula คือ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม เช่น y~x1, y~x1+x2, y~x1+x2+x3 เมื่อ data คือชื่อชุดข้อมูลที่สร้างขึ้น

3.2.6 กำหนดให้แต่ละแถวของชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3.2.5 แทนด้วยเวกเตอร์ของ $Z_i^{'}=[\mathrm{Y}_i,\mathrm{X}_{i1},...,\mathrm{X}_{ik}]$ โดยสุ่มแถว $Z_i^{'}$ จากข้อมูลจากชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3.2.5 แบบคืนที่ขนาด n คำสั่งที่ใช้คือ sample และกำหนดให้ replace = TURE จะได้ $Z_1^{'*},Z_2^{'*},...,Z_m^{'*}$ เมื่อ

3.2.7 ประมาณค่าพารามิเตอร์จากชุดข้อมูลซึ่งประกอบด้วยเวกเตอร์ $Z_1^{'*},Z_2^{'*},...,Z_m^{'*}$ ด้วยวิธี WLS จะได้ค่าประมาณ $\hat{\beta}_b^*$ เมื่อ $b=1,2,...,5000$

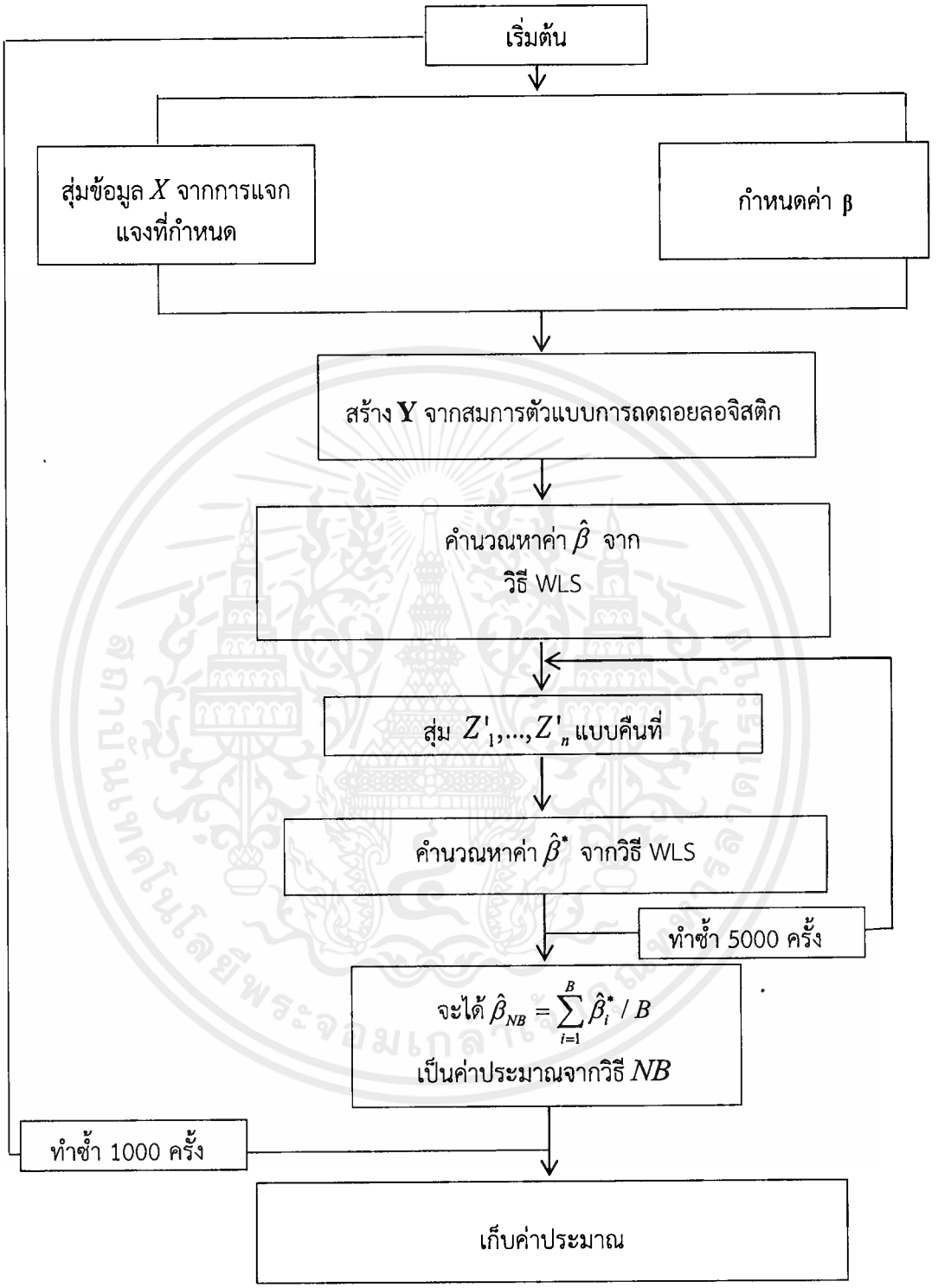
3.2.8 ทำซ้ำข้อ 3.2.6 และ 3.2.7 จำนวน 5000 ครั้ง

3.2.9 หาค่าเฉลี่ย จากข้อ 3.2.8 จะได้ค่าประมาณ $\hat{\beta}_{NB}=\sum_{i=1}^{B}\hat{\beta}^*/B$

3.2.10 ทำซ้ำตั้งแต่ 3.2.1 ถึง 3.2.9 จำนวน 1000 รอบ

3.2.11 เก็บค่าประมาณที่ได้ และนำไปคำนวณคำนวณค่า RMSE และ AMSE แสดงได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงลำดับการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณค่าที่เกิดจากการนำวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบูทสแตรปมาใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบการถดถอยลอจิสติก และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกระหว่างวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบูทสแตรปไม่อิงพารามิเตอร์ เมื่อตัวแปรต้นมีการแจกแจงปรกติและเลขชี้กำลัง

ผลการวิจัยจะนำเสนอในรูปตาราง ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการอธิบาย จะใช้สัญลักษณ์แทนความหมายต่างๆดังนี้

n	หมายถึง ขนาดตัวอย่าง
$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$	หมายถึง ตัวประมาณค่าของสัมประสิทธิ์ตัวแบบการถดถอยลอจิสติก
WLS	หมายถึง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก
NB	หมายถึง วิธีบูทสแตรปไม่อิงพารามิเตอร์
$AMSE$	หมายถึง ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
$RMSE$	หมายถึง รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
$\hat{\beta}_{WLS}$	หมายถึง ตัวประมาณค่าของสัมประสิทธิ์ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก
$\hat{\beta}_{NB}$	หมายถึง ตัวประมาณค่าของสัมประสิทธิ์ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกโดยวิธีบูทสแตรปไม่อิงพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	(β_0, β_1)	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
20	(0.25,-0.33).	0.6120 0.7742	0.4870	49.2260 124.4453	8954.9160
	(1,2)	189.0694 338.5416	75178.8300	215.8665 508.7803	152727.9000
	(1,-3)	393.5088 1248.4417	856727.8889	217.4413 622.3448	217296.9000
	(1.5,0.5)	24.87253 19.26091	494.8128	247.6268 211.3216	52987.9200
40	(0.25,-0.33)	0.3471 0.3943	0.1380	0.4601 0.5060	0.2339
	(1,2)	0.6923 1.1932	0.9514	57.2497 102.9611	6939.2620
	(1,-3)	7.4465 23.6791	308.0742	38.36712 123.3694	8346.0170
	(1.5,0.5)	0.5335 0.5771	0.3088	24.1763 16.2336	424.0132

หมายเหตุ ในคอลัมน์ RMSE ค่าแรกคือ ค่า RMSE ของ β_0 และค่าที่สองคือ ค่า RMSE ของ β_1 ตามลำดับ

ในคอลัมน์ AMSE เกิดผลรวมของ ค่า RMSE ของ β_0 ยกกำลังสอง และ ค่า RMSE ของ β_1 ยกกำลังสอง จากนั้นหารด้วย 2 สำหรับทุกตารางที่กำหนดตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

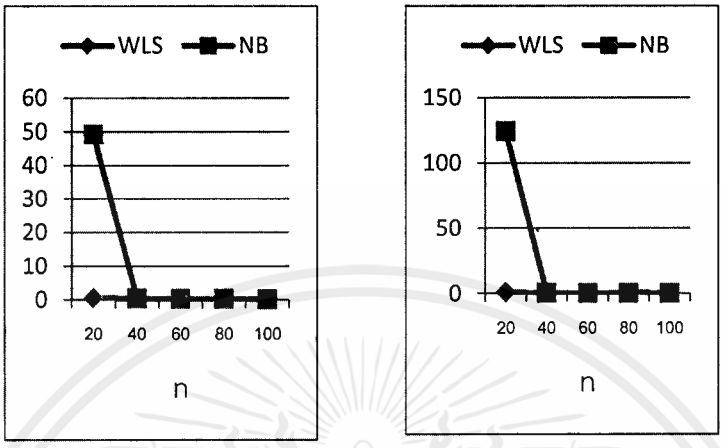
n	(β_0,β_1)	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
60	(0.25,-0.33)	0.2823 0.30965	0.0878	0.2949 0.33656	0.1001
	(1,2)	0.4489 0.6981	0.3444	3.2610 6.8984	29.1111
	(1,-3)	28.5735 98.4247	5251.9340	176.4142 391.2643	92104.8700
	(1.5,0.5)	0.4206 0.4299	0.1809	9.9370 7.6577	78.6925
80	(0.25,-0.33)	0.2430 0.2529	0.0615	0.2614 0.4037	0.1157
	(1,2)	0.4147 0.6798	0.3171	7.2140 13.7615	120.7105
	(1,-3)	0.4609 0.9285	0.5373	2.4955 7.088078	28.2343
	(1.5,0.5)	0.3332 0.3543	0.1183	4.9604 3.3643	17.9621
100	(0.25,-0.33)	0.20174 0.2173	0.0440	0.2168 0.2390	0.0521
	(1,2)	0.3226 0.4983	0.1762	0.3574 0.3574	0.2365
	(1,-3)	0.3844 0.7712	0.37129	3.7461 15.54482	127.8373
	(1.5,0.5)	0.3179 0.2975	0.09481	0.3752 0.3210	0.1219

จากตาราง 4.1 พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก ของการประมาณค่า β_0 และ β_1 มีค่าน้อยกว่าวิธีบูทสแตรปในทุกกรณี ยกเว้นกรณีที่ n มีขนาด 20 $(\beta_0,\beta_1)=(1,3)$ พบว่าราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

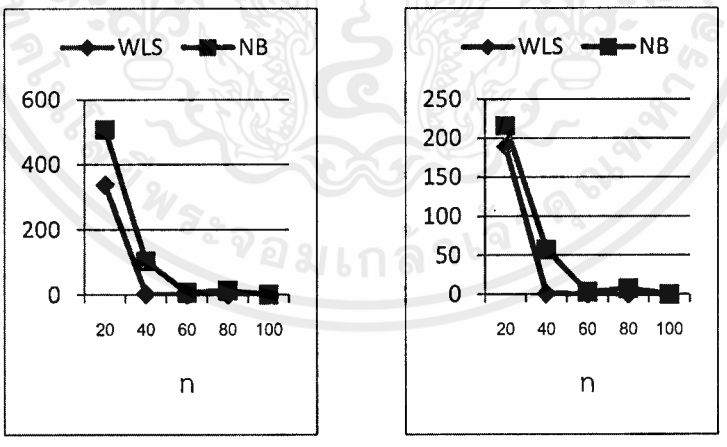
ที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักมีค่ามากกว่าวิธีบูทสแตรป

$\beta_0 = 0.25$ $\beta_1 = -0.33$



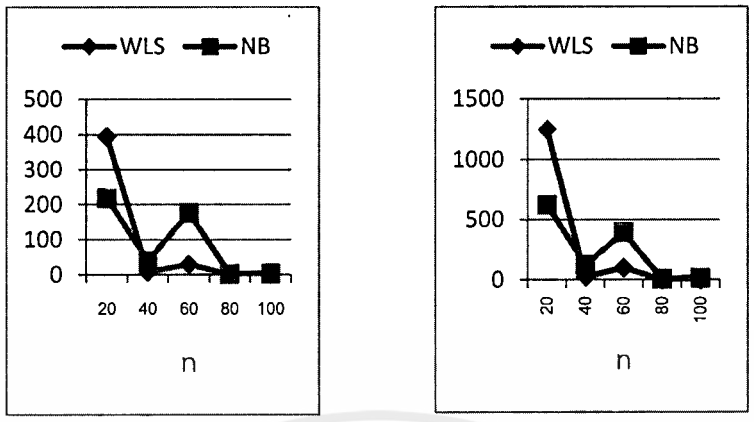
รูปที่ 4.1 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33$

$\beta_0 = 1$ $\beta_1 = 2$

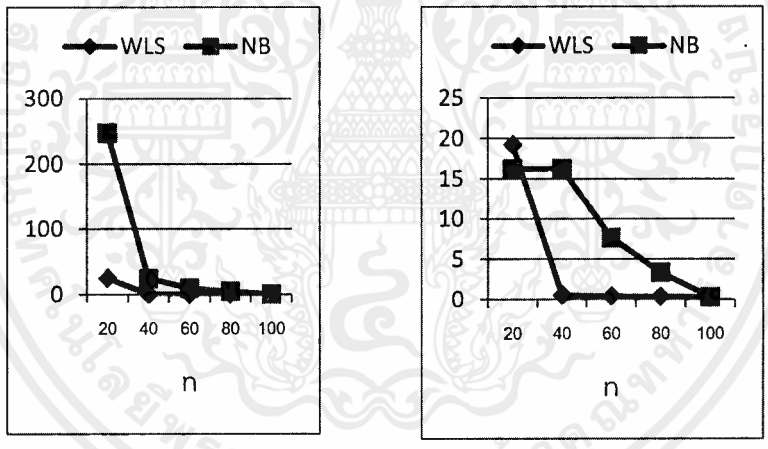


รูปที่ 4.2 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

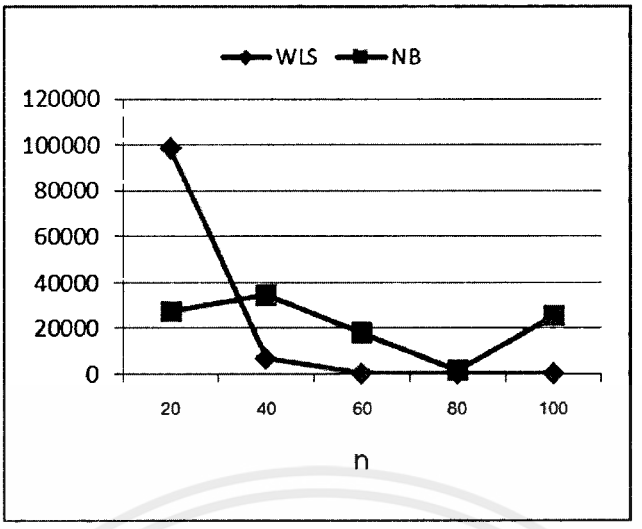


รูปที่ 4.3 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3$

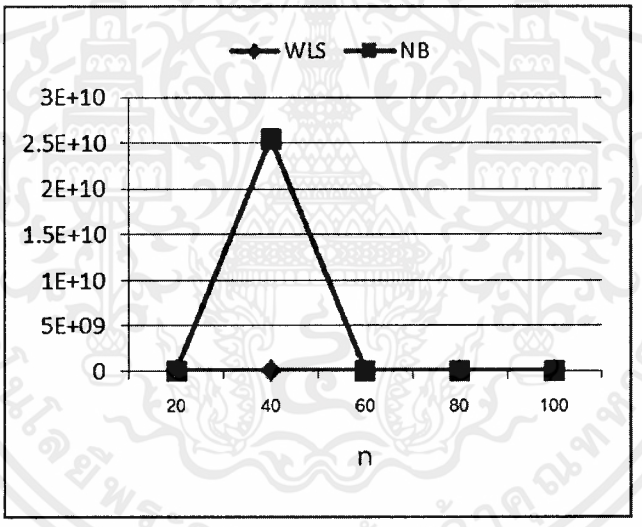


รูปที่ 4.4 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

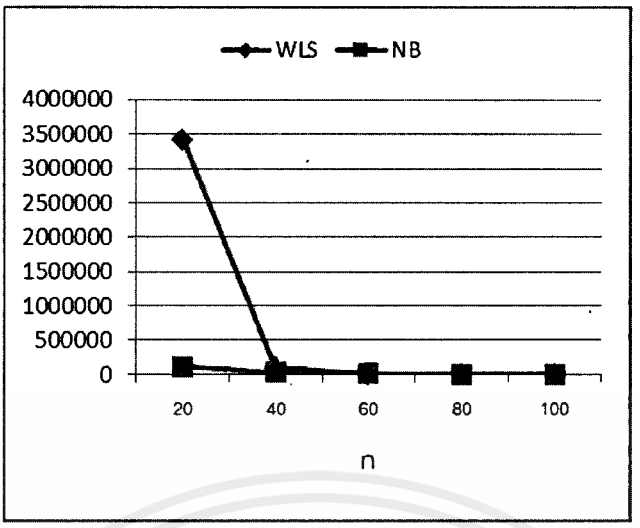


รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0, β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5$

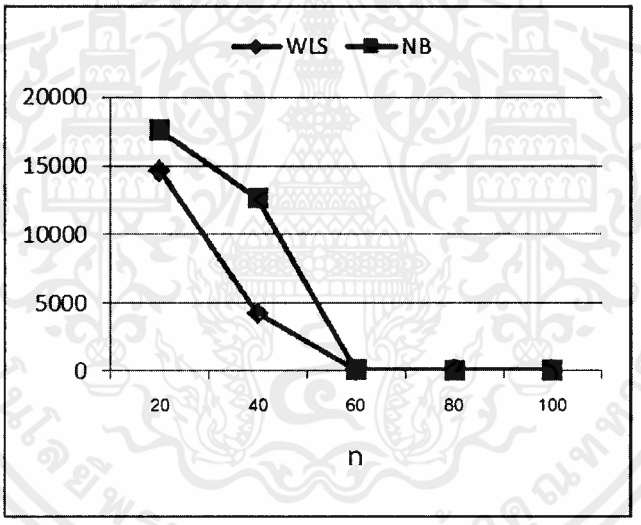


รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0, β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0, β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3$



รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0, β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
20	(0.25,-0.33,-3)	95.3595 98.5270 221.9416	22686.3633	105.6838 148.6463 316.6476	44510.1600
	(1,2,-3)	516.0402 997.3893 1739.806	1429336.3400	198.0448 332.7349 578.1855	161410.9000
	(1,-3,3)	808.1178 1466.0288 1064.2180	1311618.358	264.1318 494.2757 399.39485	157863.5
	(1.5,0.5,3)	769.8812 327.3663 1369.4809	858454.5830	280.8661 160.7220 566.6052	141919.5994
40	(0.25,-0.33,-3)	3.9926 4.6075 25.4197	227.7761	194.6063 81.6445 358.0574	57580.8500
	(1,2,-3)	158.5524 904.9248 1050.5827	649250.6000	198.1105 341.4674 342.7234	91102.3500
	(1,-3,3)	57.4327 247.4820 232.6925	39563.8800	136.1646 427.2217 262.1183	89921.7300
	(1.5,0.5,3)	36.028 14.2350 89.6854	3181.3708	138.9480 74.9514 319.9498	42430.7063

หมายเหตุ ในคอลัมน์ RMSE ค่าแรกคือ ค่า RMSE ของ β_0 ค่าที่สองคือ ค่า RMSE ของ β_1 และค่าที่สามคือ ค่า RMSE ของ β_1 ตามลำดับ

ในคอลัมน์ AMSE เกิดผลรวมของ ค่า RMSE ของ β_0 ยกกำลังสอง ค่า RMSE ของ β_1 ยกกำลังสอง และ ค่า RMSE ของ β_2 ยกกำลังสองจากนั้นหารด้วย 3 สำหรับทุกตารางที่กำหนดตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0, \beta_1, \beta_2)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
60	(0.25,-0.33,-3)	2.8225 3.31584 28.8611	283.9746	22.43457 15.50145 168.6478	9728.5570
	(1,2,-3)	8.2652 9.3763 16.15595	139.0808	75.6447 200.7553 289.3592	43251.1000
	(1,-3,3)	51.7859 119.1912 113.6569	9935.4020	88.0244 176.6045 219.4913	29037.9600
	(1.5,0.5,3)	7.4801 7.5937 13.5373	98.9583	83.9826 47.4305 192.2445	15420.2200
80	(0.25,-0.33,-3)	0.4146 0.4290 1.0393	0.4787	17.8517 9.6519 58.5078	1278.3340
	(1,2,-3)	0.5340 0.9339 1.2485	0.9054	16.5716 26.9861 40.3926	878.1446
	(1,-3,3)	3.2511 10.3221 11.7891	85.3670	68.1438 141.4966 161.6189	16928.5100
	(1.5,0.5,3)	0.7175 0.5449 1.3544	0.8821	17.8546 6.7303 17.8546	628.4267

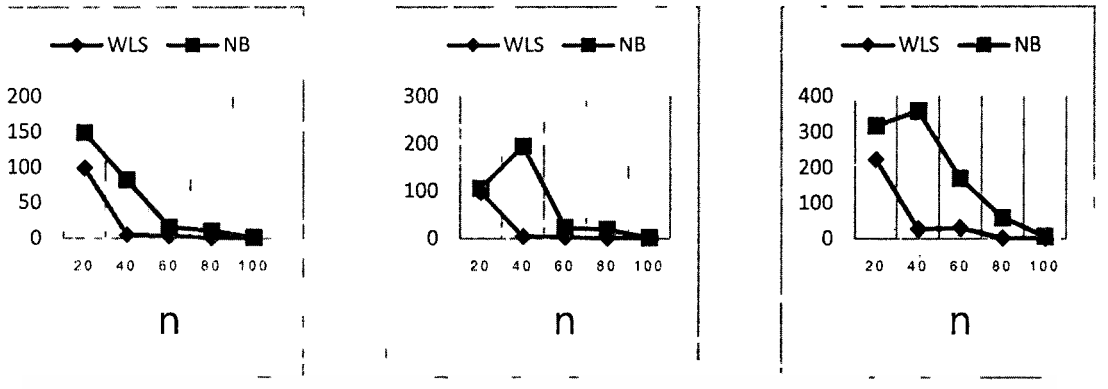
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

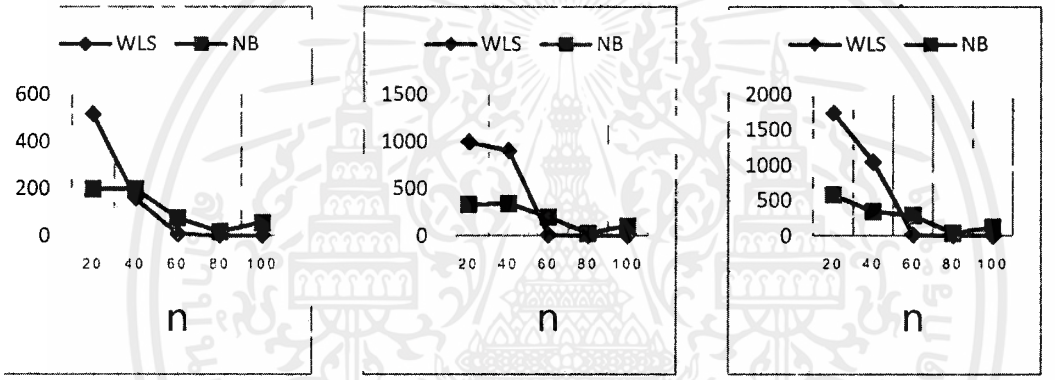
n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
100	(0.25,-0.33,-3)	0.3447 0.3703 0.8201	0.3095	1.2686 0.8899 5.9614	12.6463
	(1,2,-3)	0.4390 0.6480 0.9243	0.4890	55.7004 106.0951 121.1897	9681.8810
	(1,-3,3)	0.5182 1.0467 1.0922	0.8524	10.8053 39.6153 34.9645	969.5469
	(1.5,0.5,3)	0.5081 0.4160 0.9038	0.4160	11.0685 3.6171 21.3867	197.6613

จากตาราง 4.2 พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก ของการประมาณค่า β_0,β_1 และ β_2 มีค่าน้อยกว่าวิธีบูทสแตรปในทุกกรณี ยกเว้นกรณีที่ n มีขนาด 20 β_0,β_1,β_2 =(1.5,0.5,3), (1,2,-3) และ (1,-3,3) และกรณีที่ n มีขนาด 40 β_0,β_1,β_2 =(1,-3,3) พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักมีค่ามากกว่าวิธีบูทสแตรป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

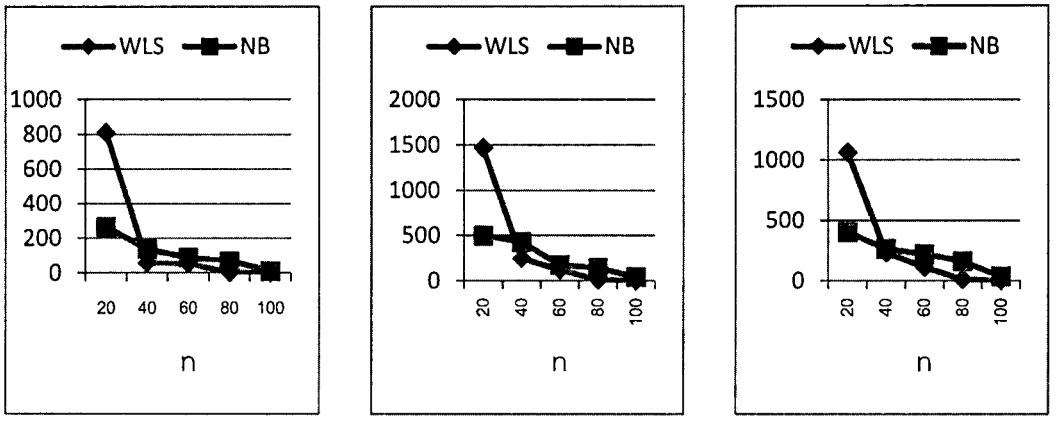


รูปที่ 4.9 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_2 = -3$

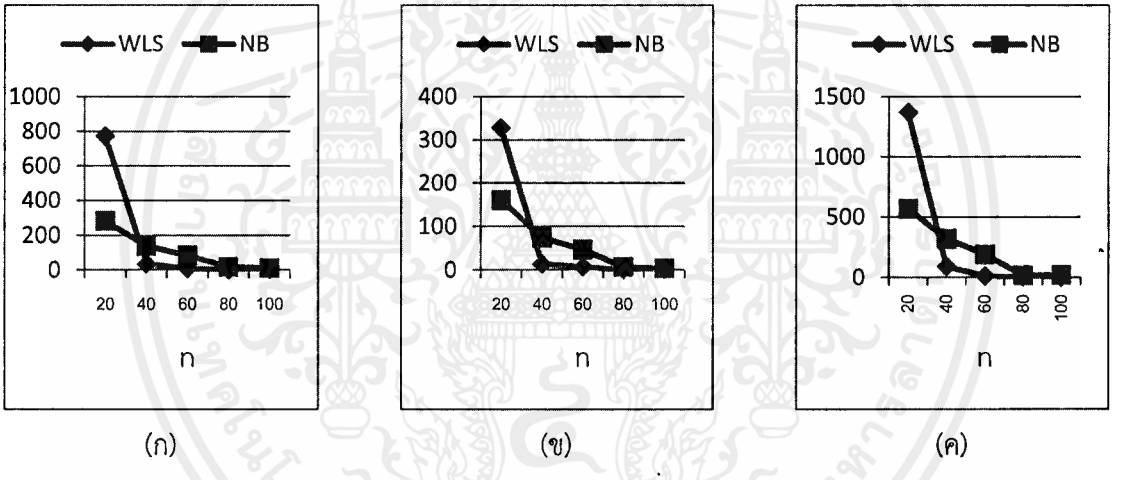


รูปที่ 4.10 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

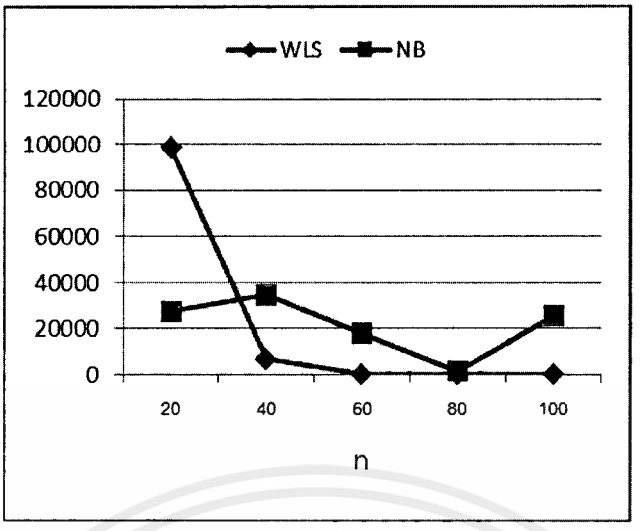


รูปที่ 4.11 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_2 = 3$

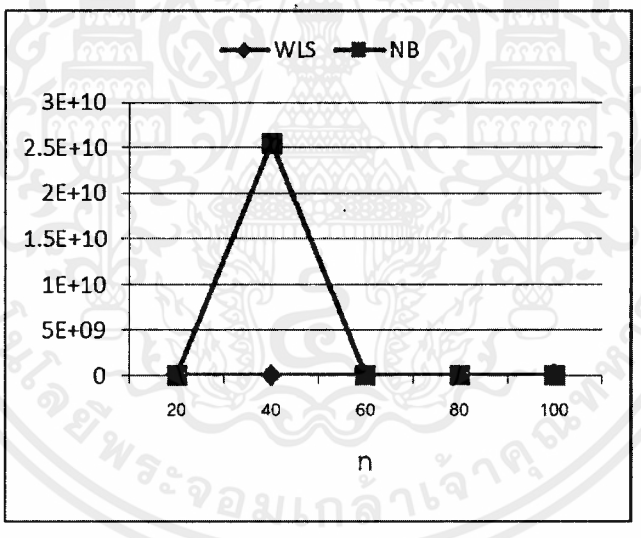


รูปที่ 4.12 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

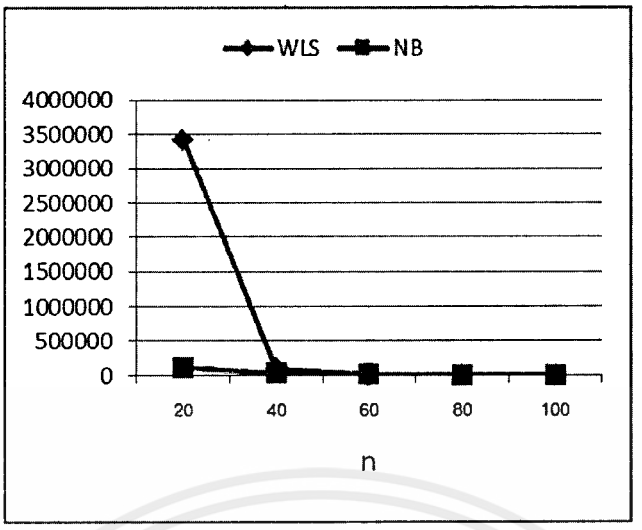


รูปที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 3$

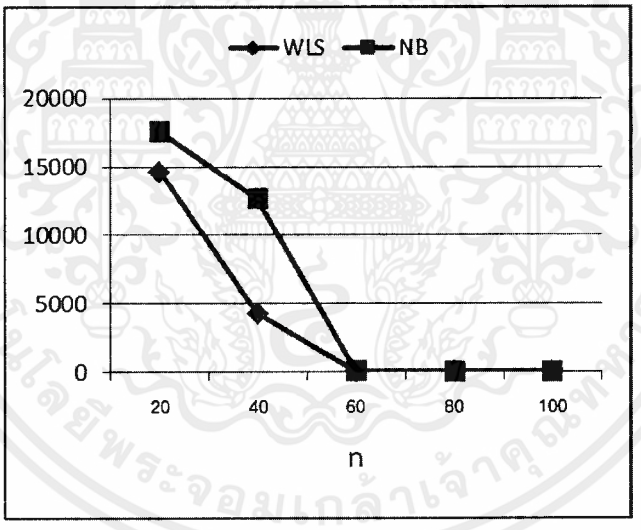


รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_2 = 3$



รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
20	(0.25,-0.33, -1.7,0.7)	70.6803 70.0250 199.8336 93.2379	14631.4973	82.0548 121.4884 175.1618 134.734	17581.8300
	(1,2,-3,0.7)	293.03479 401.1414 309.2848 253.85064	101720.2499	669.0001 394.9594 1072.8756 1072.8651	726413.9129
	(1,-3,-1.7,0.7)	1161.9667 3111.7035 1073.6044 1209.8779	3412324.033	213.7311 549.0269 214.9191 216.0813	109998.2138
	(1.5,0.5,3,-1.7)	209.0122 181.2926 478.9954 295.7999	98371.8139	109.3320 72.5432 240.3537 186.98159	27487.0102

หมายเหตุ ในคอลัมน์ RMSE ค่าแรกคือ ค่า RMSE ของ β_0 ค่าที่สองคือ ค่า RMSE ของ β_1 ค่าที่สามคือ ค่า RMSE ของ β_2 และ ค่าที่สี่คือ ค่า RMSE ของ β_3 ตามลำดับ

ในคอลัมน์ AMSE เกิดผลรวมของ ค่า RMSE ของ β_0 ยกกำลังสอง ค่า RMSE ของ β_1 ยกกำลังสอง ค่า RMSE ของ β_2 ยกกำลังสอง และ ค่า RMSE ของ β_3 ยกกำลังสอง จากนั้นหารด้วย 3 สำหรับทุกตารางที่กำหนดตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0, \beta_1, \beta_2)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
40	(0.25,-0.33,-1.7,0.7)	26.1515 22.9894 107.9453 62.6330	4196.8723	89.2189 116.8199 87.3995 146.2760	12660.5600
	(1,2,-3,0.7)	177.1195 391.7958 690.3326 142.4283	170430.1000	23347.5205 232713.9743 197145.8747 90977.7051	2546184.83
	(1,-3,-1.7,0.7)	193.8756 483.4263 277.1603 91.5052	89119.9400	120.7024 284.4176 161.5111 85.0437	32195.1700
	(1.5,0.5,3,-1.7)	63.9341 22.38781 123.8500 79.6932	6569.6547	134.7215 123.4996 286.7472 150.4954	34568.7200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
60	(0.25,-0.33,-1.7,0.7)	0.4126 0.4547 0.6308 0.4508	0.2445	3.5733 5.9931 11.4222 5.5429	52.4695
	(1,2,-3,0.7)	7.3201 19.2991 24.9316 8.0030	277.9186	99.7545 154.9432 215.8768 41.1641	20563.9100
	(1,-3,-1.7,0.7)	12.3236 41.7432 15.2518 20.7310	639.1890	49.9760 144.3695 82.8713 46.6093	8095.0540
	(1.5,0.5,3,-1.7)	8.4986 4.6154 17.8899 14.6249	156.8662	95.9951 54.9864 207.0153 129.6518	17975.8800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
80	(0.25,-0.33,-1.7,0.7)	0.3389 0.3617 0.5687 0.3871	0.179741	0.6392 0.5610 1.8990 0.97356	1.3194
	(1,2,-3,0.7)	0.6952 1.0502 1.5160 0.5726	1.0531	35.7254 75.5301 109.0555 32.7938	4987.4100
	(1,-3,-1.7,0.7)	0.5984 1.3357 0.8592 0.5450	0.7943	31.1924 91.0439 45.3694 17.7541	2908.8850
	(1.5,0.5,3,-1.7)	0.7574 0.5141 1.2377 0.8526	0.7742	28.6588 15.7104 55.6997 32.1020	1300.2860
100	(0.25,-0.33, -1.7,0.7)	0.2911 0.3067 0.4653 0.3320	0.1264	0.3246 0.3446 0.6418 0.3980	0.1986
	(1,2,-3,0.7)	0.5207 0.7592 1.1136 0.4734	0.5779	10.6061 17.4281 28.9459 9.0185	333.8570

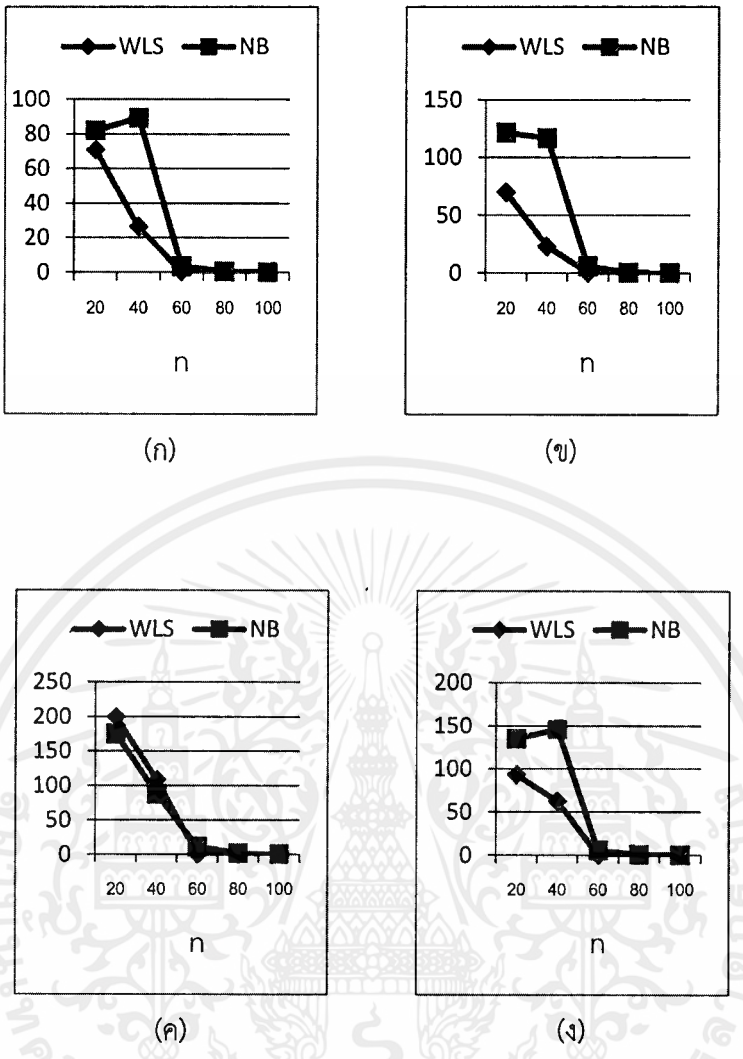
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
100	(1,-3,-1.7,0.7)	0.4452	0.4072	6.6485	155.4587
		0.9396		17.4674	
		0.5975		11.6730	
		0.4366		11.6730	
	(1.5,0.5,3,-1.7)	0.6006	0.5554	153.5517	25398.3000
		0.4389		112.2214	
		1.0927		223.6628	
		0.6888		124.0821	

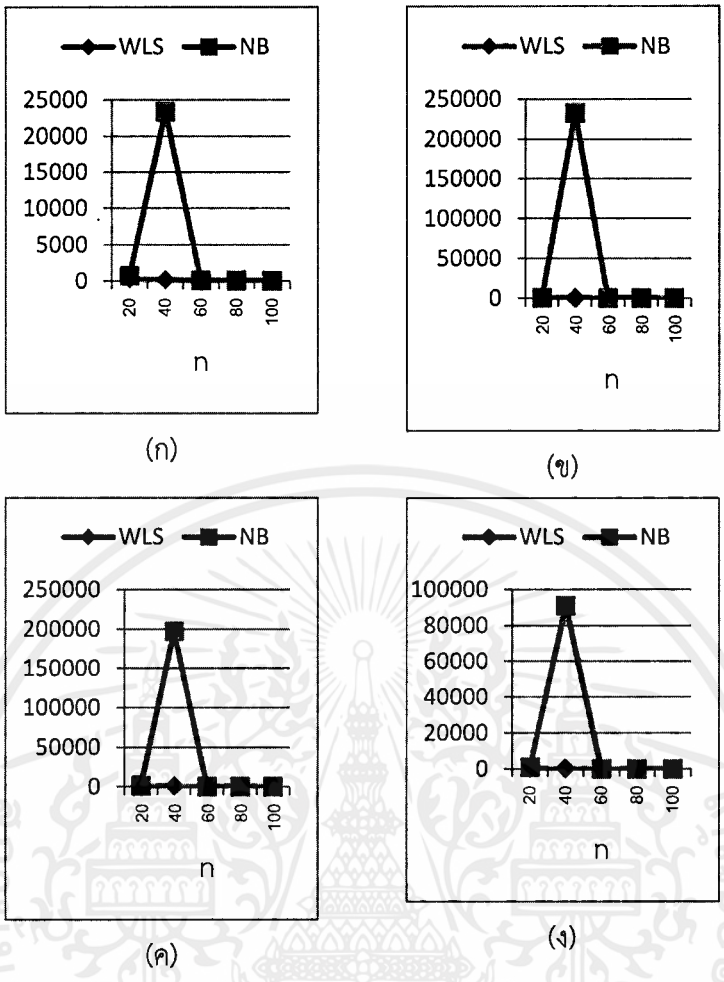
จากตาราง 4.3 พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก ของการประมาณค่า β_0,β_1,β_2 และ β_3 มีค่าน้อยกว่าวิธีบูทสแตรปในทุกกรณี ยกเว้นกรณีที่ n มีขนาด 20 $\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3$ = (1.5,0.5,3,-1.7) และ (1,-3,-1.7,0.7) และกรณีที่ n มีขนาด 40 $\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3$ =(1,-3,-1.7,0.7) พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักมีค่ามากกว่าวิธีบูทสแตรป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



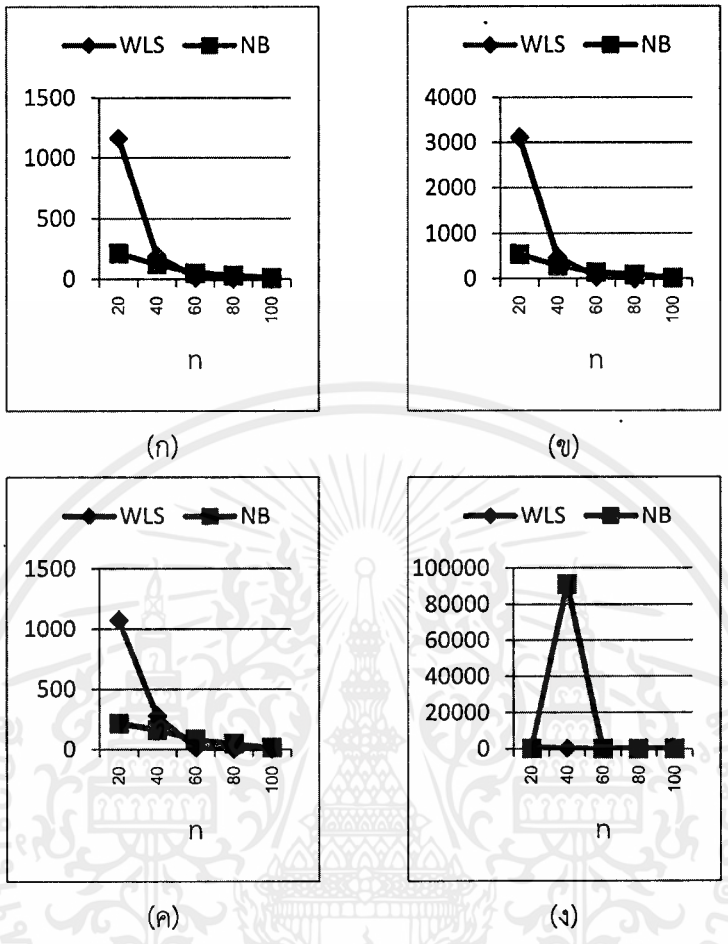
รูปที่ 4.17 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติและ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_2 = -1.7$ $\beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



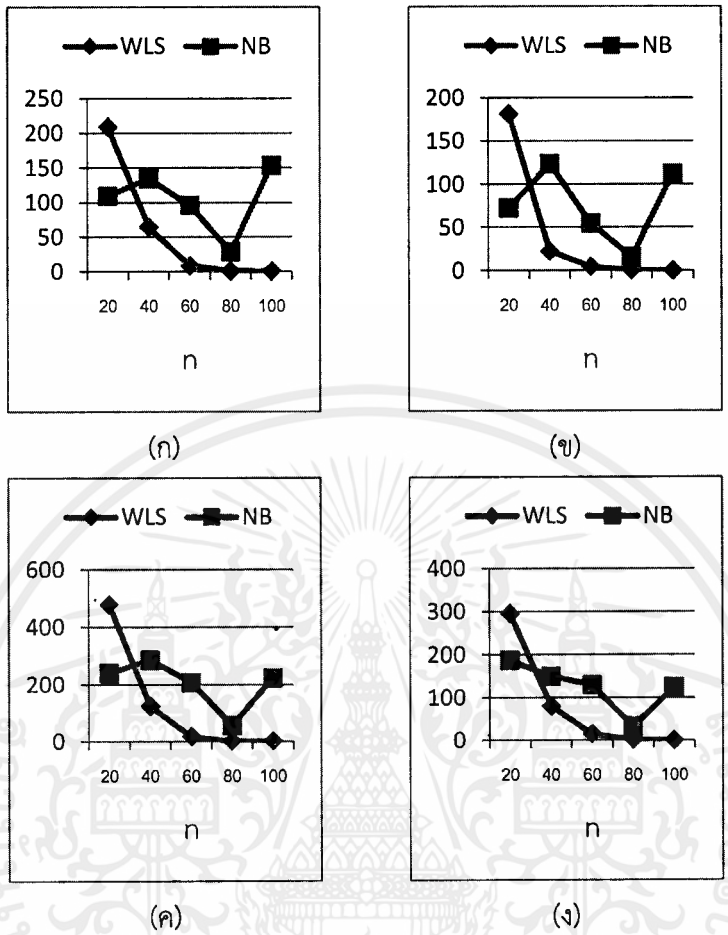
รูปที่ 4.18 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_2 = -3$ $\beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



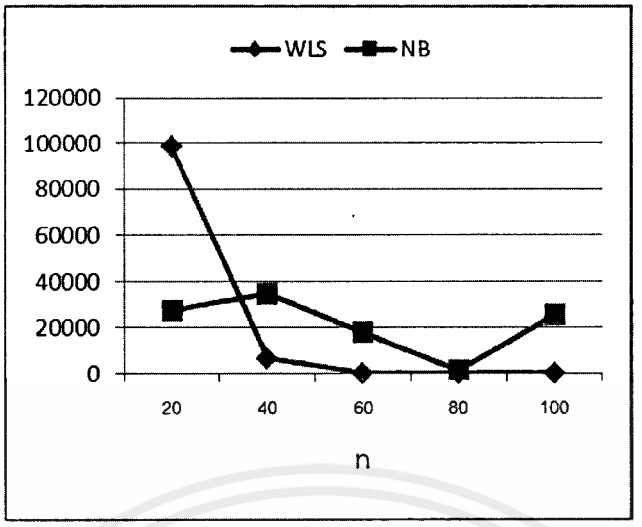
รูปที่ 4.19 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_2 = -1.7$ $\beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

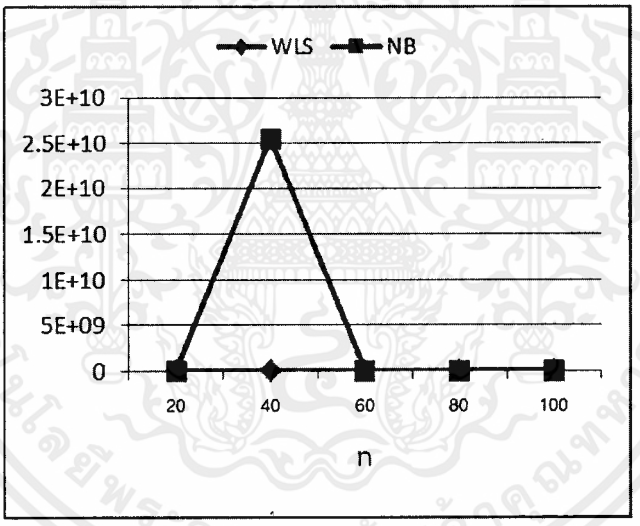


รูปที่ 4.20 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 3\ \beta_3 = -1.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

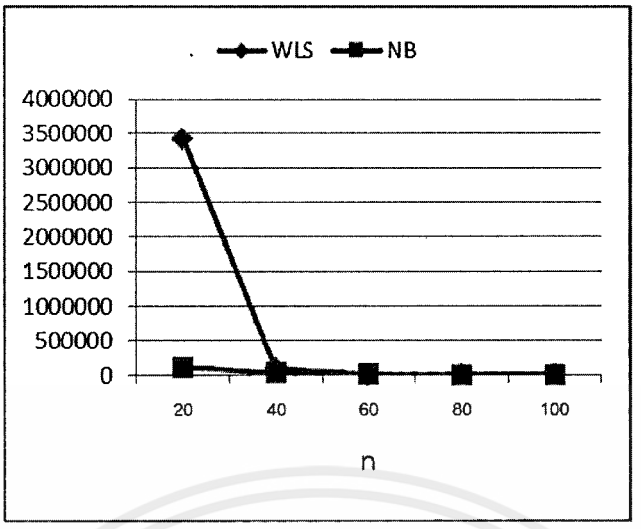


รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 3, \beta_3 = -1.7$

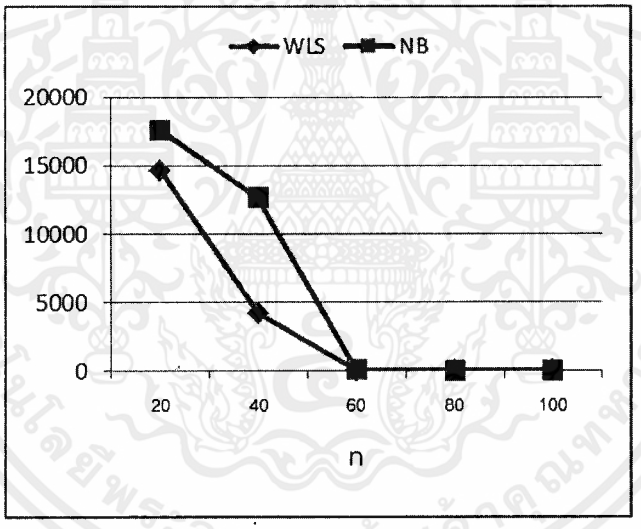


รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_2 = -3, \beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_2 = -1.7, \beta_3 = 0.7$



รูปที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงปรกติ และ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_2 = -1.7, \beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	(β_0,β_1)	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
20	(1.5,0.5)	26.4275 635.6174	202354	158.4593 443.0267	110691
	(1,2)	61.8152 789.2532	313370.9	108.6034 2853.432	4087346
	(1,-3)	3228.309 6578.356	26848375	1393.607 2861.539	5065272
	(0.25,-0.33)	0.8544 0.8540	0.729708	36.4661 44.9265	1674.083
40	(1.5,0.5)	2.1765 3.3550	7.996636	34.9617 243.9806	30374.44
	(1,2)	43.2069 352.4762	63053.1500	107.4863 777.4026	307954.1
	(1,-3)	1.0365 2.6288	3.9925	24.3484 89.0389	4260.39
	(0.25,-0.33)	0.5250 0.4774	0.2518	0.5961 0.6654	0.3991
60	(1.5,0.5)	1.084 1.0534	1.1428	19.8495 412.6894	85353.25
	(1,2)	1.4020 4.6713	11.8934	27.1799 476.8286	114052.1
	(1,-3)	0.6718 1.3844	1.183885	4.8919 18.3055	179.5116
	(0.25,-0.33)	0.4021 0.3417	0.1392	0.4234 0.3818	0.1625

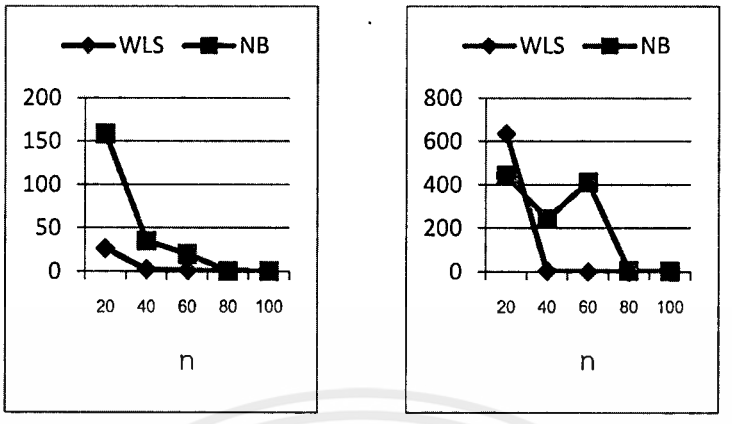
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

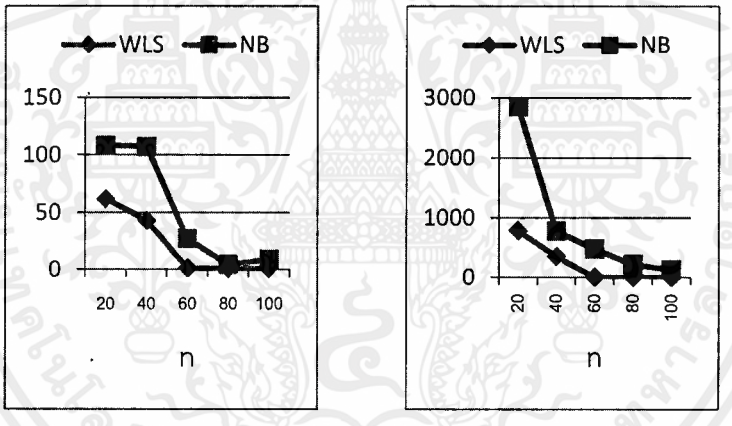
n	(β_0,β_1)	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
80	(1.5,0.5)	0.5119 0.6652	0.3523	0.6433 4.4776	10.2313
	(1,2)	0.6158 1.8827	1.9618	4.4571 217.9343	23757.61
	(1,-3)	0.5187 1.0003	0.6349	0.6384 1.4319	1.229
	(0.25,-0.33)	0.3392 0.2881	0.0990	0.3535 0.3126	0.1113
100	(1.5,0.5)	0.4590 0.6081	0.29025	0.4812 1.6843	1.5343
	(1,2)	0.5660 1.4962	1.2795	9.0154 127.7604	8202.005
	(1,-3)	0.4658 0.8874	0.5023	0.5099 1.0430	0.6739
	(0.25,-0.33)	0.3071 0.2462	0.0775	0.3161 0.2642	0.0849

จากตาราง 4.4 พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก ของการประมาณค่า β_0 และ β_1 มีค่าน้อยกว่าวิธีบูทสแตรปในทุกกรณี ยกเว้นกรณีที่ n มีขนาด 20 β_0,β_1 =(1.5,0.5) และ(1,-3) พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักมีค่ามากกว่าวิธีบูทสแตรป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

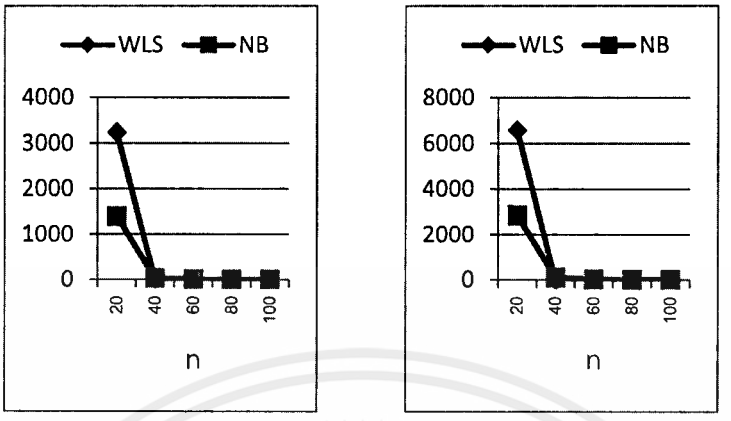


รูปที่ 4.25 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5$

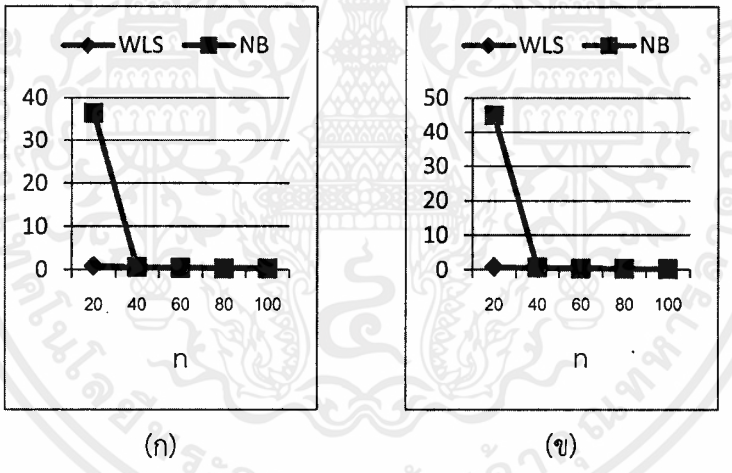


รูปที่ 4.26 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

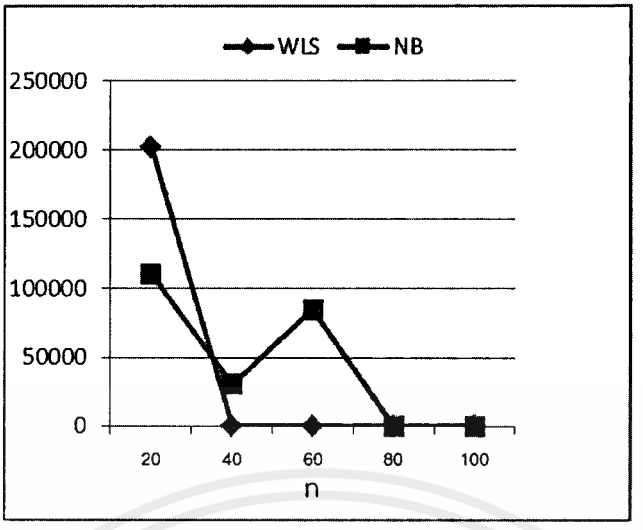


รูปที่ 4.27 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า(ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3$

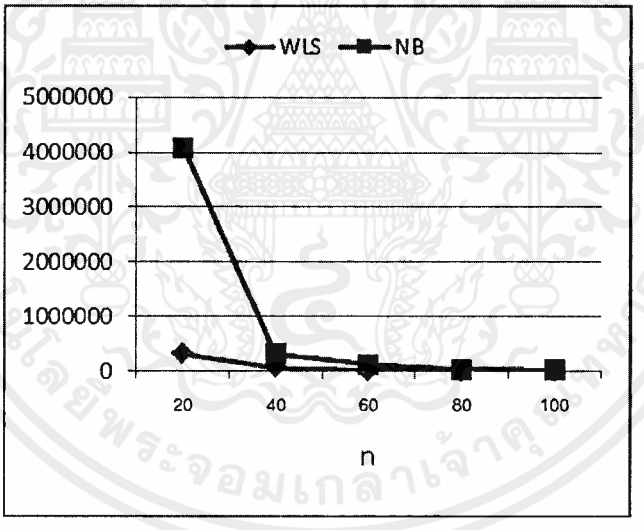


รูปที่ 4.28 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

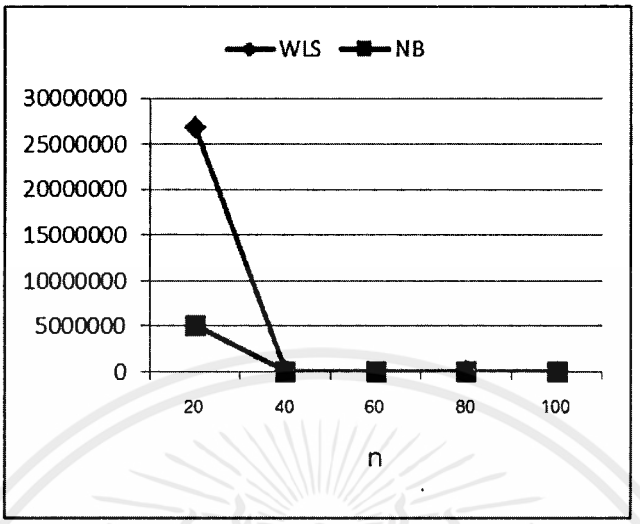


รูปที่ 4.29 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0, β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5$

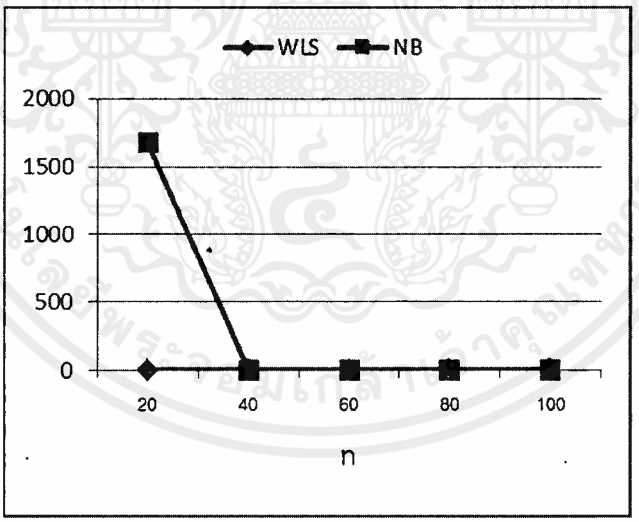


รูปที่ 4.30 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0, β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0, β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3$



รูปที่ 4.32 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า β_0, β_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 1 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
20	(1.5,0.5,3)	213.6057 376.4993 5958.97	11898901	92.94768 163.5453 1659.102	929335.8
	(1,2,-3)	176.3575 317.5784 359.4797	87061.23	193269.6 203559.3 395339.7	7.84E+10
	(1,-3,3)	145.9009 290.1814 264.668	58513.81	3395.537 43622.66 70200.68	2280867543
	(0.25,-0.33,-3)	120.6805 136.9079 647.1974	150724	748.1802 1468.938 2251.756	2595985
40	(1.5,0.5,3)	200.4659 658.4901 1221.743	655484.1	495.7052 2334.802 2075.067	3334309
	(1,2,-3)	1.7460 46.8684 40.3754	1276.624	92.9345 274.4051 280.3992	54186.22
	(1,-3,3)	15.6560 49.0830 51.3954	1765.246	20305.89 20371.72 9954.669	3.09E+08
	(0.25,-0.33,-3)	14.2061 26.5842 116.4155	4820.368	62005.8801 176343.2 64532.4	13035355791

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
60	(1.5,0.5,3)	140.8609 205.3593 3436.489	3957157	57.3569 230.0636 1094.02	417699.3
	(1,2,-3)	0.7853 1.0258 1.2436	1.071832	15.1565 35.7119 45.2415	1183.952
	(1,-3,3)	0.8546 1.5554 1.7940	2.122798	64.9469 162.9437 328.9231	46319.72
	(0.25,-0.33,-3)	(0.9314 ,0.7455, 2.0141)	1.82673	(22.7527, 28.1386 ,75.3692)	2329.998
80	(1.5,0.5,3)	23.2688 60.8107 425.4669	61753.82	(191.6408 ,723.0432, 742.8857)	370465.6
	(1,2,-3)	0.6416 0.7688 0.9467	0.632987	6.0013 12.9657 21.2192	218.1265
	(1,-3,3)	0.6952 ,1.0094 1.2272	1.002674	8.6403 31.2573 31.0867	672.6851

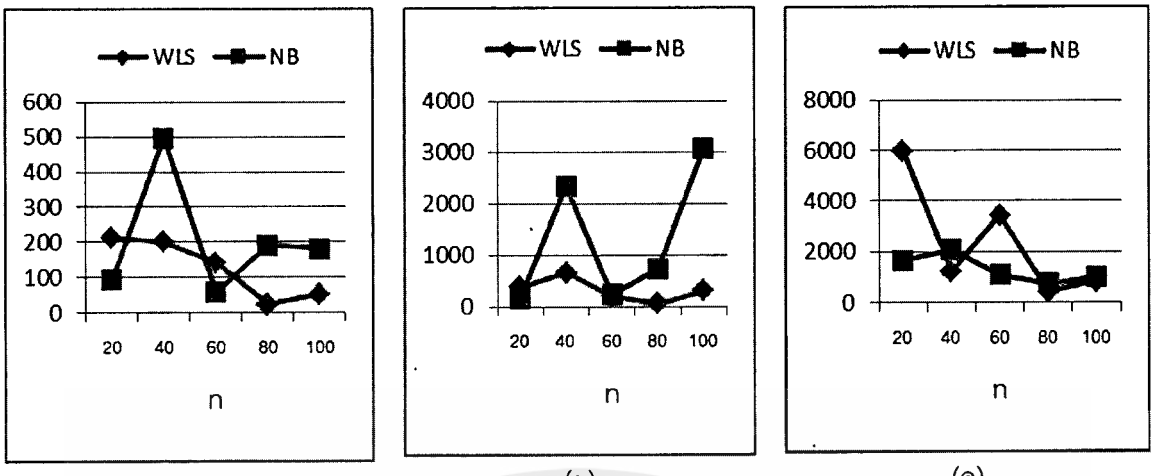
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
100	(1.5,0.5,3)	51.7366 296.1166 824.6191	256786.1	180.0681 3070.808 975.4144	3471240
	(1,2,-3)	0.5513 0.6948 0.8154	0.483889	0.7342 1.1917 1.5324	1.4358
	(1,-3,3)	0.5834 0.9466 1.1240	0.833252	4.9214 23.0495 30.3785)	492.7847
	(0.25,-0.33,-3)	0.6853 0.4982 1.5398	1.029669	2.8470 5.5000 9.5927	43.4573

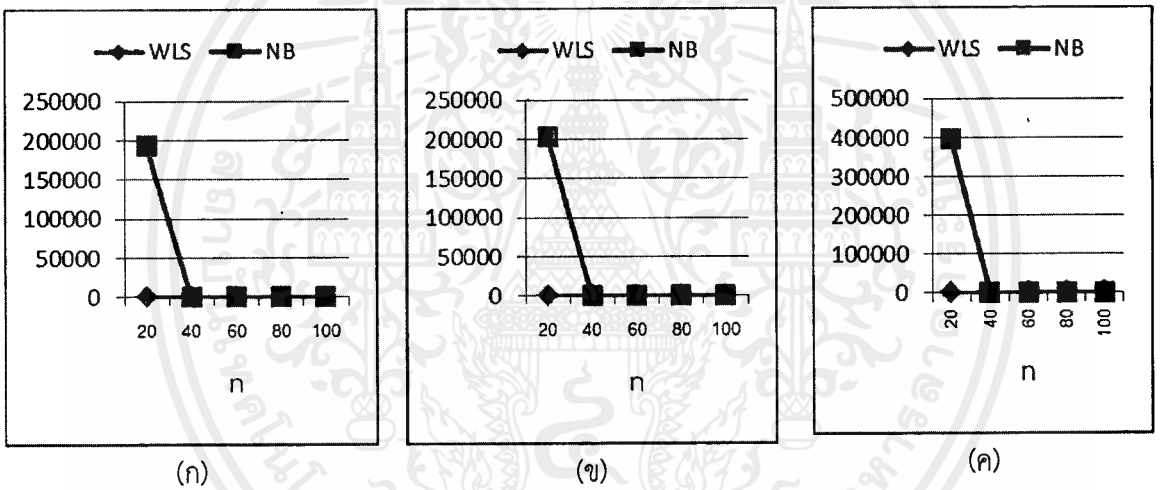
จากตาราง 4.5 พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก ของการประมาณค่า β_0,β_1 และ β_2 มีค่าน้อยกว่าวิธีบูทสแตรปในทุกกรณี ยกเว้นกรณีที่ n มีขนาด 20 $\beta_0,\beta_1,\beta_2=(1.5,0.5,3)$ พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักมีค่ามากกว่าวิธีบูทสแตรป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข) (ค)

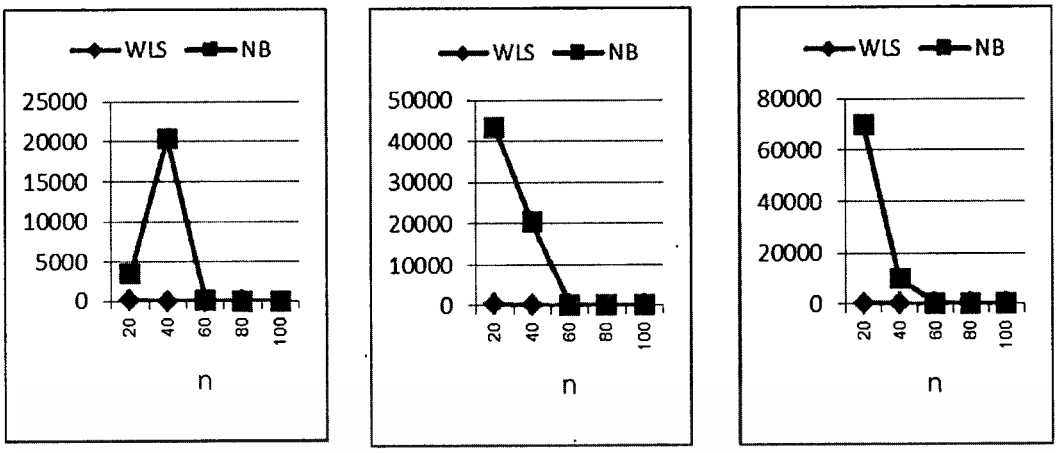
รูปที่ 4.33 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 3$



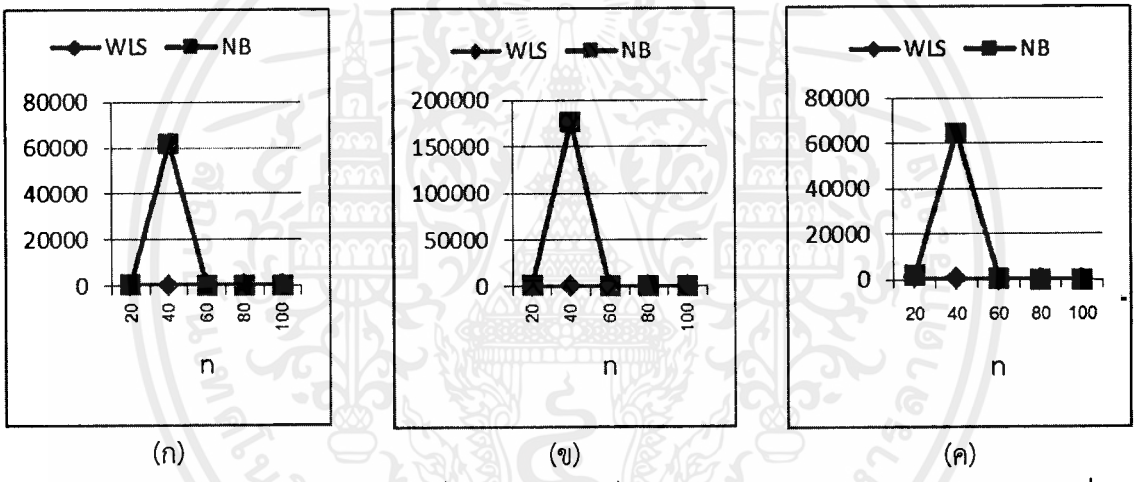
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.34 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

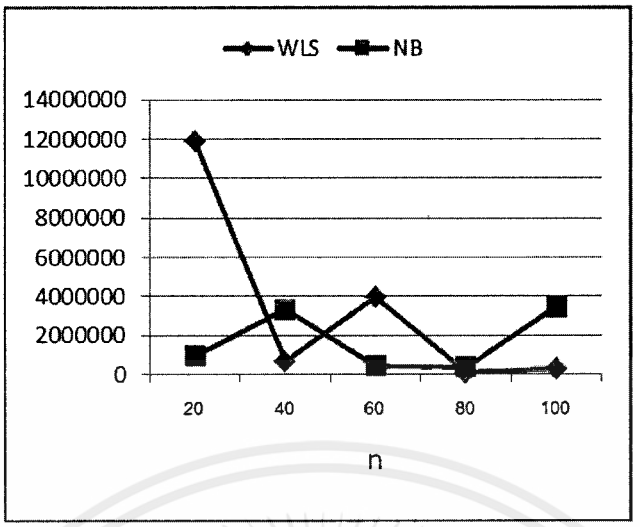


รูปที่ 4.35 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_2 = 3$

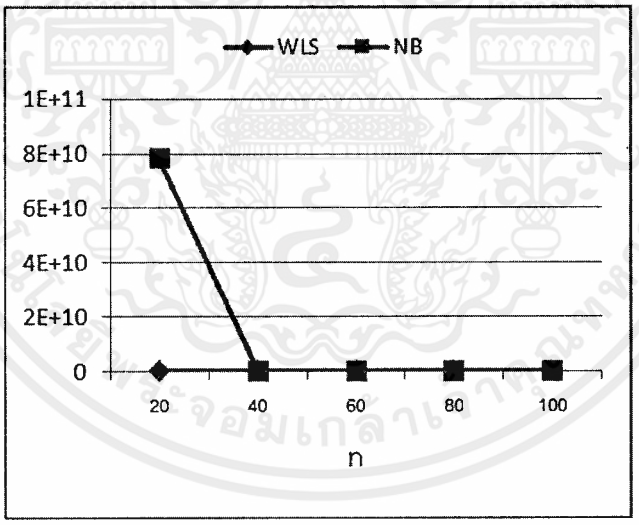


รูปที่ 4.36 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

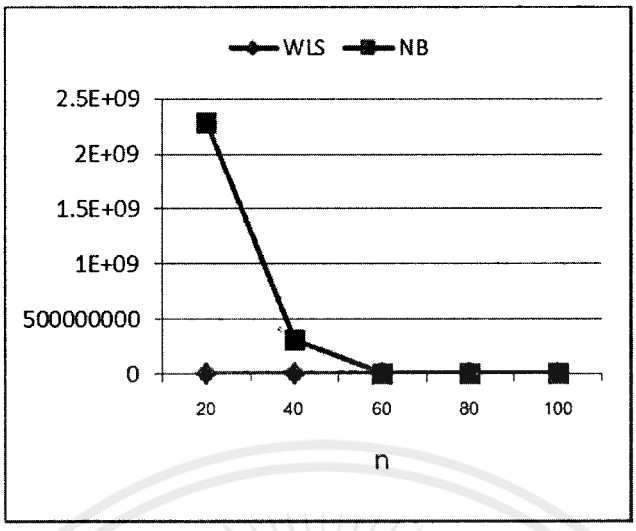


รูปที่ 4.37 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_3 = 3$

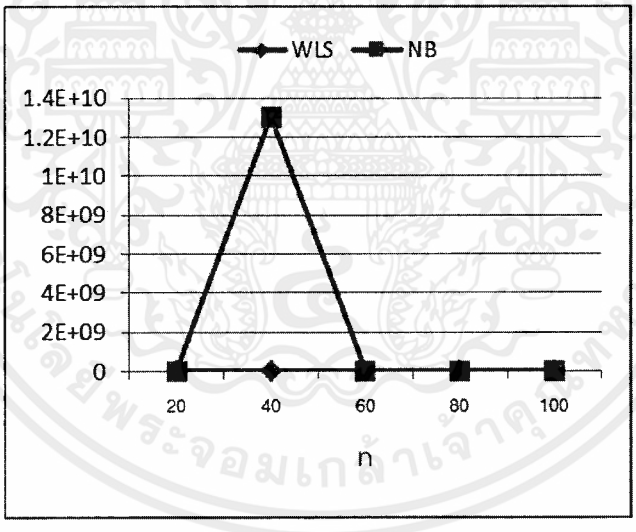


รูปที่ 4.38 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_3 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 3, \beta_3 = 3$



รูปที่ 4.40 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลังและ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_3 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
20	(1.5,0.5,3,-1.7)	121.9251 135.5509 199.5477 100.8413	20807.01	48546.96 24732.67 83443.48 3233.563	2.49E+09
	(1,2,-3,0.7)	120.1428 175.1575 175.272 117.2861	22397.69	506.942 329.0914 565.4832 1551.416	772988.8
	(1,-3,-1.7,0.7)	326.5991 620.9586 540.2909 314.8556	220826.2	13956.38 51174.54 12940.57 10041.99	7.7E+08
	(0.25,-0.33,-1.7,0.7)	52.8781 25.7277 72.1761 30.6457	2401.641	6211.584 5266.4 5137.852 931.2984	23395896

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
40	(1.5,0.5,3,-1.7)	842.0203 347.3416 485.286 384.78	303300.6	2943.5149 1845.658 29054.37 3737.803	217549554
	(1,2,-3,0.7)	59.48017 134.5189 202.2989 62.8081	16625.73	155.0307 244.1089 309.0059 143.2863	49909.82
	(1,-3,-1.7,0.7)	60.8753 189.636 139.8581 50.0943	15434.33	8842.005 10140.05 13507.6 4485.724	95894680
	(0.25,-0.33,-1.7,0.7)	1.0855 0.6477 1.2916 0.6084	0.908998	101.3472 52.4240 163.6042 40.1104	10348.67
60	(1.5,0.5,3,-1.7)	84.5333 14.3100 114.7461 64.0705	6155.591	61.0295 47.7757 170.9801 71.4285	10085.83
	(1,2,-3,0.7)	2.7860 4.5333 8.1586 3.9176	27.5560	25.7918 146.2852 105.2616 64.3794	9322.323

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
80	(1.5,0.5,3,-1.7)	8.9829 4.0966 28.9920 13.4009	279.399	19396.653 18800.79 415126.1 120639.8	4.69E+10
	(1,2,-3,0.7)	0.8370 0.9017 0.9827 0.5517	0.6959	375.3711 109.5633 366.8298 15.9964	71931.88
	(1,-3,-1.7,0.7)	0.9222 1.4314 0.9215 0.5033	1.0004	26.6211 46.7923 35.8864 9.6967	1070.016
	(0.25,-0.33,-1.7,0.7)	0.6043 0.3721 0.7200 0.3749	0.2905	0.7639 0.5080 1.3513 0.5452	0.7412

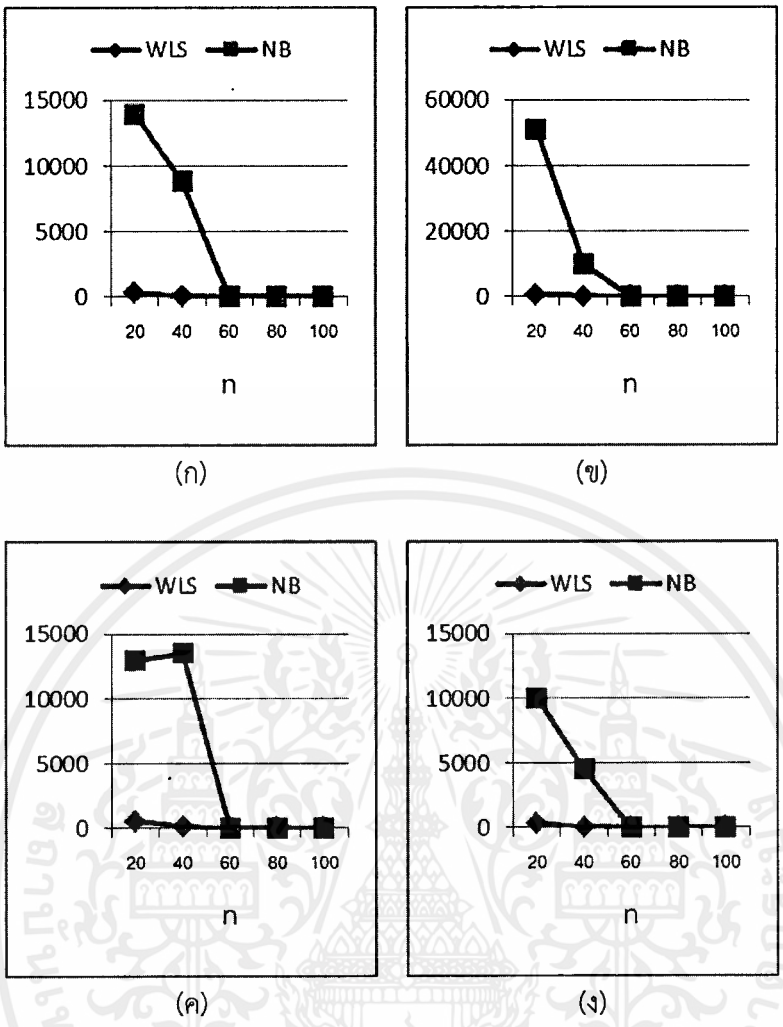
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่า เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง ที่ขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60, 80 และ 100

n	$(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$	WLS		NB	
		RMSE	AMSE	RMSE	AMSE
100	(1.5,0.5,3,-1.7)	0.8515 0.6396 1.4756 0.6132	0.9219	24.6301 17.2892 54.9964 35.0282	1289.286
	(1,2,-3,0.7)	0.6982 0.7995 0.9285 0.4954	0.5585	2.5416 4.3703 6.3064 2.4222	17.7991
	(1,-3,-1.7,0.7)	0.8652 1.3046 0.8634 0.4250	0.844159	12.7653 18.9736 16.8891 3.8137	205.6839
	(0.25,-0.33,-1.7,0.7)	0.5496 0.3279 0.5943 0.3218	0.2166	0.5961 0.3735 0.7513 0.3840	0.3017

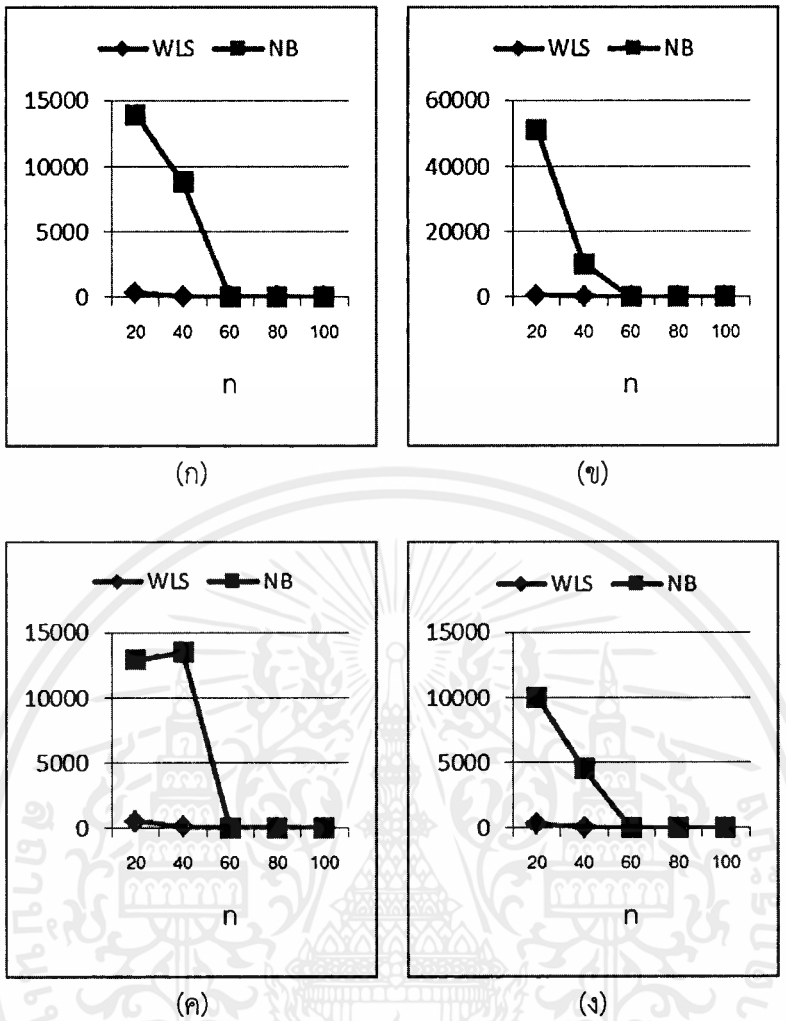
จากตาราง 4.6 พบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก ของการประมาณค่า β_0,β_1,β_2 และ β_3 มีค่าน้อยกว่าวิธีบูทสแตรปในทุกกรณี และพบว่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบูทสแตรปมีค่าน้อยลงเมื่อ n มีขนาดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



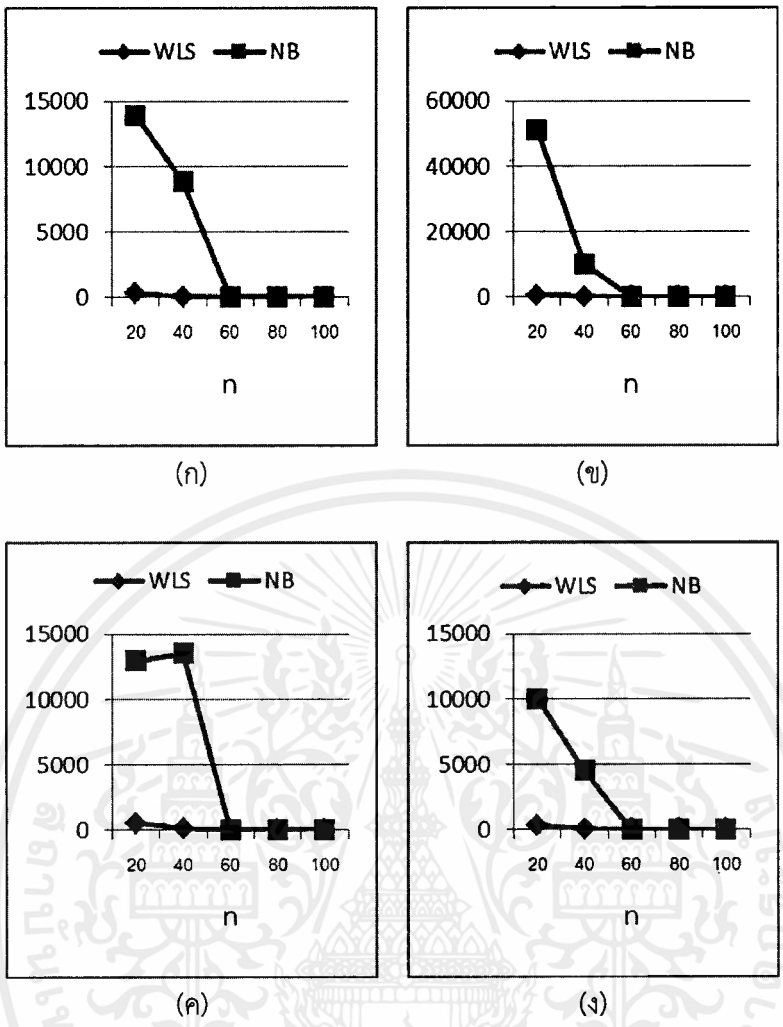
รูปที่ 4.41 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_3 = 3, \beta_3 = -1.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



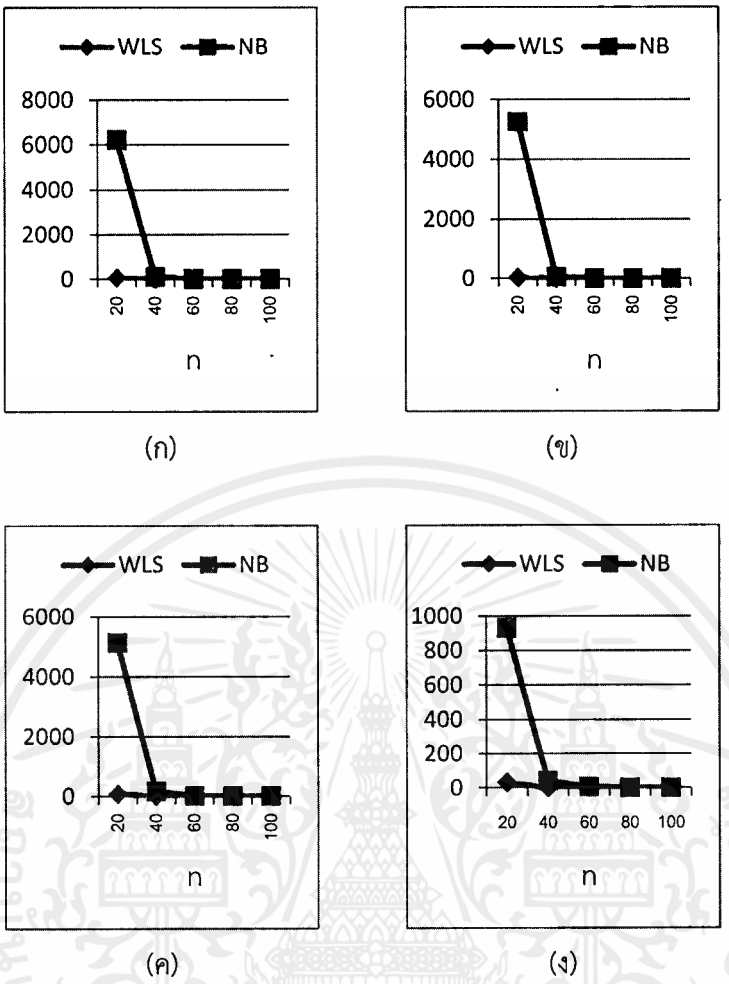
รูปที่ 4.42 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_3 = -3, \beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



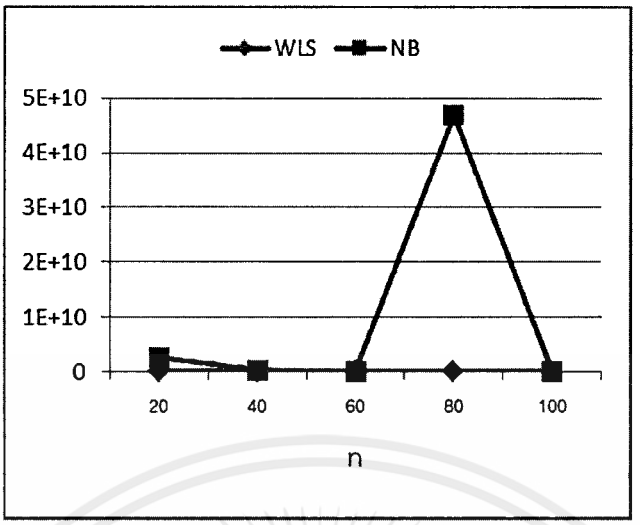
รูปที่ 4.43 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_3 = -1.7, \beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

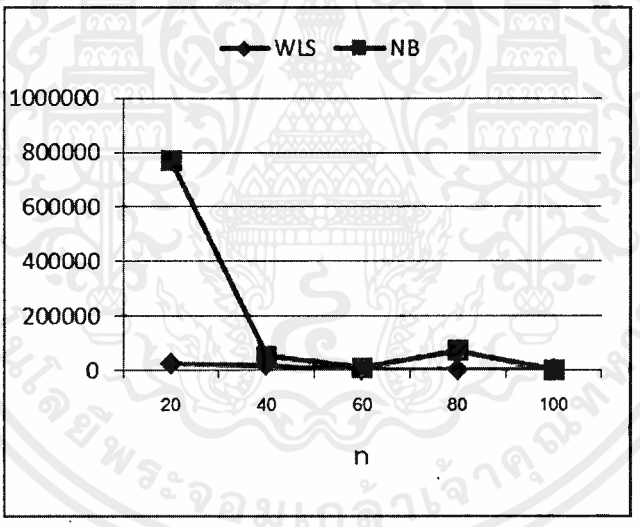


รูปที่ 4.44 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่า (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_3 = -1.7, \beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

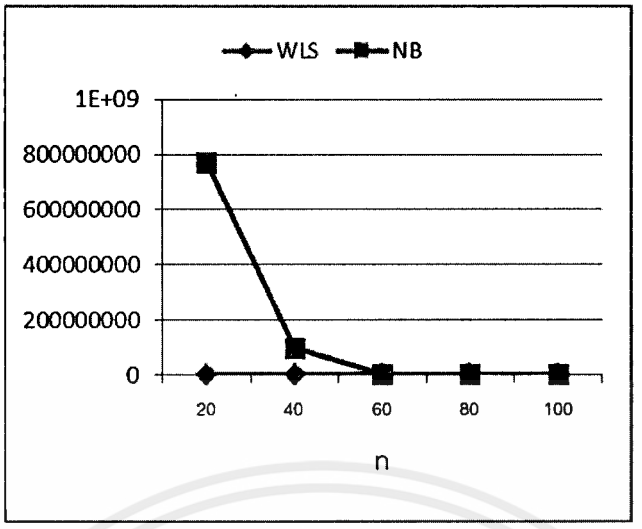


รูปที่ 4.45 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1.5, \beta_1 = 0.5, \beta_3 = 3, \beta_3 = -1.7$

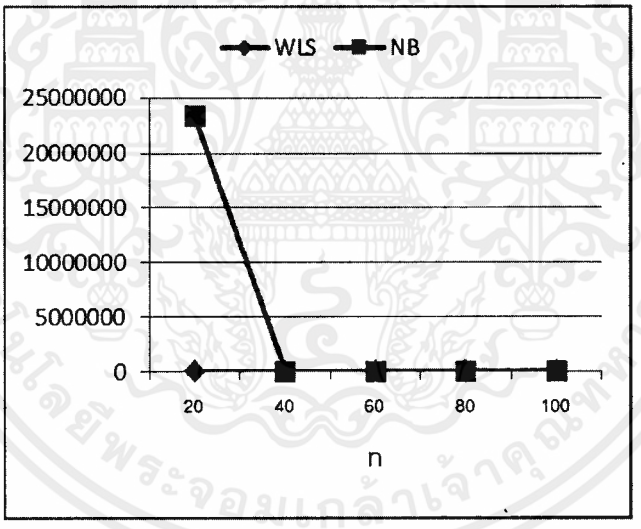


รูปที่ 4.46 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = 2, \beta_3 = -3, \beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 1, \beta_1 = -3, \beta_3 = -1.7, \beta_3 = 0.7$



รูปที่ 4.48 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง และ $\beta_0 = 0.25, \beta_1 = -0.33, \beta_3 = -1.7, \beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้จะทำการเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบถดถอย ลอจิสติกที่ตัวแปรอิสระมีการแจกแจงปรกติและเลขชี้กำลัง ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธี บูทสแตรป โดยการจำลองข้อมูลตามขนาดตัวอย่างและค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม R โดยสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

(β_0, β_1)	n				
	20	40	60	80	100
(1.5,0.5)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,2)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,-3)	NB	WLS	WLS	WLS	WLS
(0.25,-0.33)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS

ตารางที่ 5.2 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

$(\beta_0, \beta_1, \beta_2)$	n				
	20	40	60	80	100
(1.5,0.5,3)	NB	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,2,-3)	NB	NB	WLS	WLS	WLS
(1,-3,3)	NB	WLS	WLS	WLS	WLS
(0.25,-0.33,-3)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปรซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

$(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$	n				
	20	40	60	80	100
(1.5,0.5,3,-1.7)	NB	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,2,-3,0.7)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,-3,-1.7,0.7)	NB	NB	WLS	WLS	WLS
(0.25,-0.33,-1.7,0.7)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS

ตารางที่ 5.4 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงเลขชี้กำลัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

(β_0,β_1)	n				
	20	40	60	80	100
(1.5,0.5)	NB	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,2)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,-3)	NB	WLS	WLS	WLS	WLS
(0.25,-0.33)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS

ตารางที่ 5.5 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปรซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงชี้กำลัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

$(\beta_0,\beta_1,\beta_2)$	n				
	20	40	60	80	100
(1.5,0.5,3)	NB	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,2,-3)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,-3,3)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS
(0.25,-0.33,-3)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 วิธีการประมาณที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร ซึ่งสุ่มมาจากการแจกแจงเลขชี้กำลัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

$(\beta_0,\beta_1,\beta_2,\beta_3)$	n				
	20	40	60	80	100
(1.5,0.5,3,-1.7)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,2,-3,0.7)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS
(1,-3,-1.7,0.7)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS
(0.25,-0.33,-1.7,0.7)	WLS	WLS	WLS	WLS	WLS

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) จากการประมาณค่าโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบูทสแตรปมีค่าน้อยลงเมื่อ n มีขนาดมากขึ้น ดังนั้นในกรณี ที่ $n \to \infty$ ในการประมาณค่าจะได้ผลที่แม่นยำมากขึ้น

5.2.2 ด้านการศึกษาวิจัย

เนื่องจากในกรณีที่ $n \leq 30$ พบความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง ดังนั้น วิธีประมาณค่าที่ให้ค่าค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) น้อยที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ จึงเป็นวิธีการประมาณค่าที่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักและวิธีบูทสแตรป แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ณัฏฐา บุรษนารีรัตน์. 2545 . “การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบถดถอยลอจิสติกด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดแบบอะซิมโตติคและวิธีมอนติคาร์โล.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถิติบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณัฐภาภรณ์ รอดรัตนะ. 2553. “การศึกษาเปรียบเทียบการประมาณตัวแบบความถดถอยเชิงเส้นด้วยวิธีบูสแตรปแบบใช้พารามิเตอร์และไม่ใช้พารามิเตอร์.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,ภาควิชาสถิติบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภูวษา แซ่อุ้ย. 2559. “การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีเบย์เซียน วิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีบูตสแตรปแบบใช้พารามิเตอร์สำหรับตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย.” ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรรณิกา โกวเครือ. 2548. “การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบถดถอยลอจิสติก.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มนูญ ศรีวิรัตน์. 2535. “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณพารามิเตอร์ระหว่างวิธีกำลังสองน้อยที่สุดกับวิธีบูทสแตรปในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถิติบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิศรุต ดิฐสถาพรเจริญ. 2556. “การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีการปรับเอนเอียงด้วยวิธรบูทสแตรปสำหรับตัวแบบถดถอยเมื่อความคลาดเคลื่อนมีอัตตสัมพันธ์อันดับหนึ่ง.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถิติบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มณฑา เก่งการพาณิช , สุพัตร์ตา งามดำ , ธราดล เก่งการพาณิช. 2556. “ปัจจัยทำนายพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีในจังหวัดราชบุรี.” *วารสารสาธารณสุขศาสตร์, 43*(2): 175-187 .

กัญญ์พิชญา พุทธะไชยทัศน์. 2552. “การเปรียบเทียบวิธีการประมาณการแจกแจงของข้อมูลสมมาตรและไม่สมมาตรด้วยวิธีแจ็คไนฟ์กับวิธีบูตสแตรป.” *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ , 12*(3).

ชุติมา เกรียงพันธุ์. 2554. “ความสัมพันธ์ทางสังคมและผลที่มีต่อการชำระหนี้สินเงินกู้กองทุนหมู่บ้าน”. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเศรษฐศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เชาวนันท์ โสโท , ดร.พุธษดี ศิริแสงตระกูล , วรชัย ตั้งวรพงศ์ชัย. 2556. “แบบจำลองการทำนายผลการรักษาผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกด้วยโครงข่ายประสาทเทียม.” *วารสารวิจัย มช*, (บศ.) *13* (1)

สุวรรณา ชนะภัย , นิตยา สินสุกใส , นันทนา ธนาโนวรรณ , วรรณา พาหุวัฒนกร. 2557. “ความรู้ทัศนคติการรับรู้สมรรถนะในตนเองและการสนับสนุนจากสามีและพยาบาลในการทำนายการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียว 6 สัปดาห์.” *J Nurs Sci. 32*(1): 51-60 .

พงษ์สิทธ์ เผื่อนกลาง, วิษณุ อรรถวานิช. 2561. “ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการโรงแรมราคาประหยัดของ ผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์. 2559. “สถิติคณิตศาสตร์1 (Mathematical Statistic 1).” ภาควิชาสถิติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jutatip, S. Prasong, K. Chukiat, V. Chareena, U. Siam, S. Khanokporn, D. 2016. "Bootstrapping with R to Make Generalized Inference for Regression Model". *Procedia Computer Science*, *86*: 228-231.

Isaac, A. A. Rezaul, K. 2016. "An Application of Bootstrapping in Logistic Regression Model." *Access Library Journal. 3*(9): 1-9

Ahmed, H. Abdullah Khan, H. T.2014. "Nonparametric Bootstrapping for Multiple Logistic Regression Model Using R." *BRAC University Journal*, *1*(2): 109-113.

Nardanarumon, T. Ameporn, R. Piyanun L. 2015. "Factors Predicting Contraception in First-time Adolescent Mothers during Post partum Period." *J Nurs Sci, 33*(1): 51-59 .

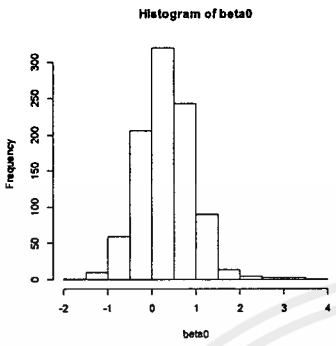
R Core Team.2018 . R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

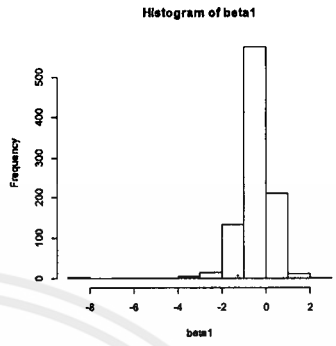
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

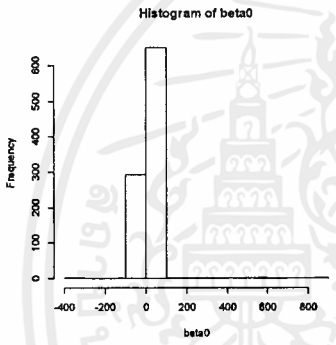
ภาคผนวก ก



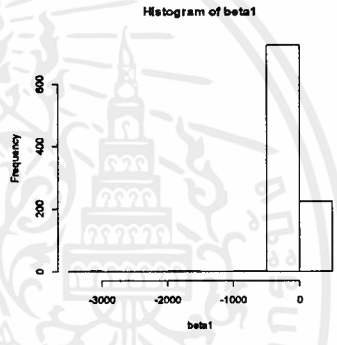
(ก)



(ข)



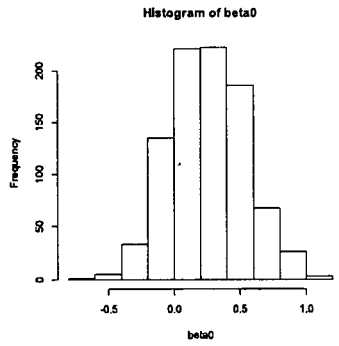
(ค)



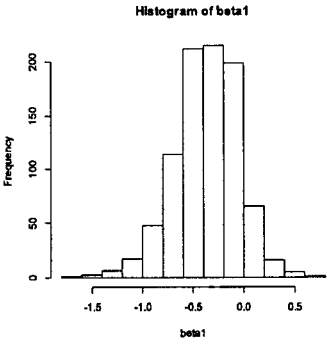
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 1 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติ ที่ β_0 = 0.25 , β_1 = -0.33

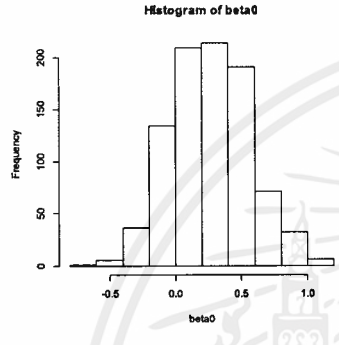
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



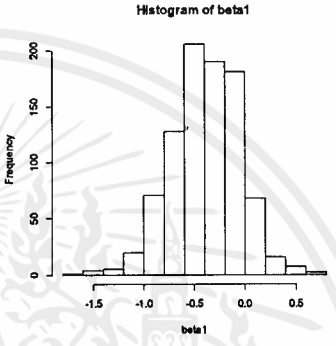
(ก)



(ข)



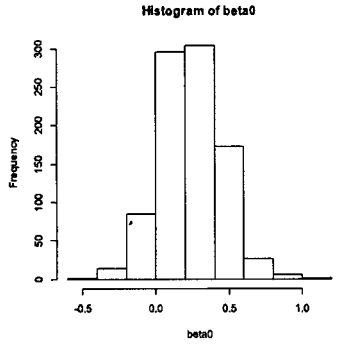
(ค)



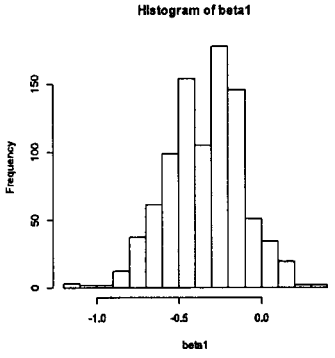
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 3 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ β_0 = 0.25 , β_1 = -0.33

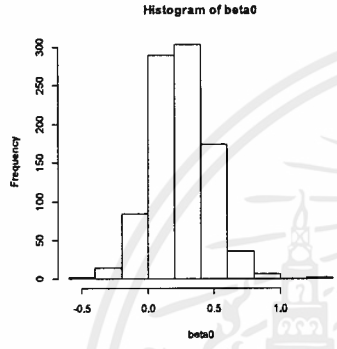
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



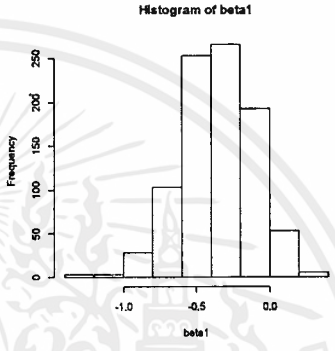
(ก)



(ข)



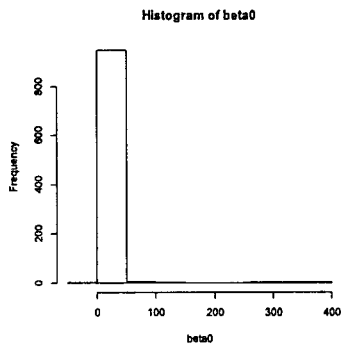
(ค)



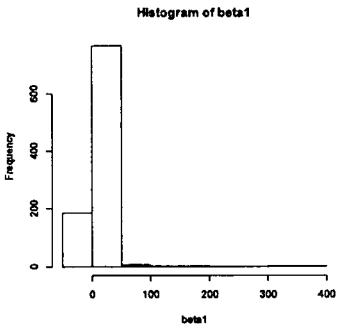
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 5 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 0.25$, $\beta_1 = -0.33$

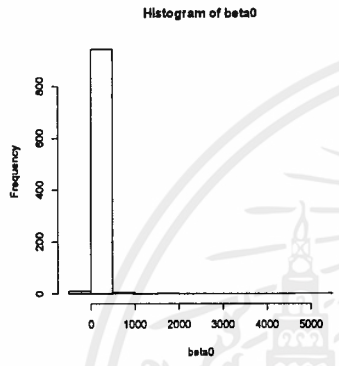
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



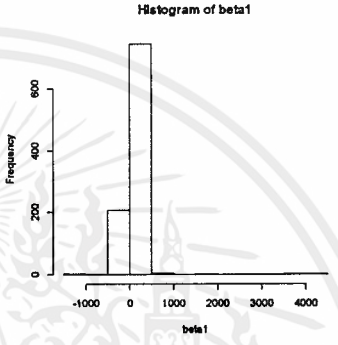
(ก)



(ข)



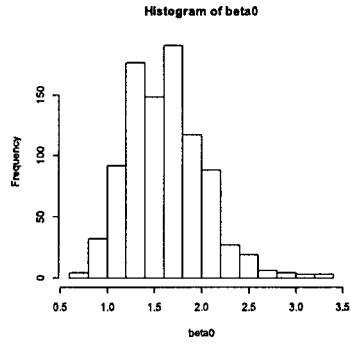
(ค)



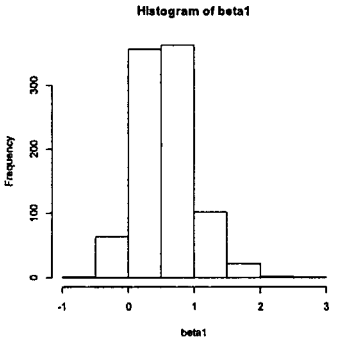
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 6 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1.5$, $\beta_1 = 0.5$

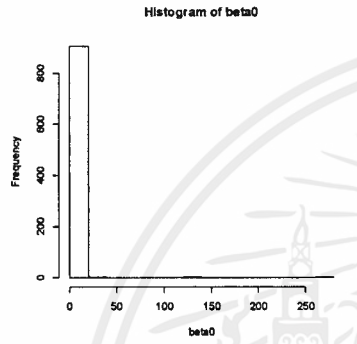
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



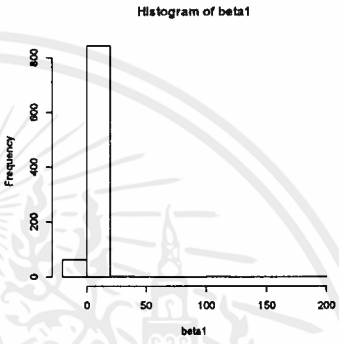
(ก)



(ข)



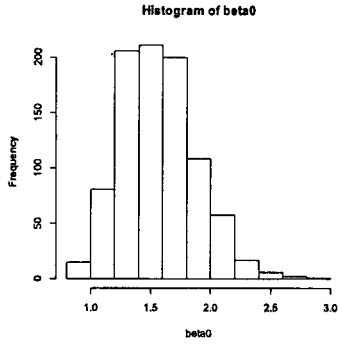
(ค)



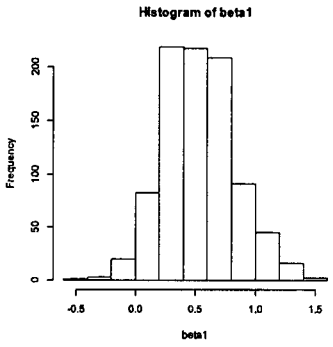
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 8 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1.5$, $\beta_1 = 0.5$

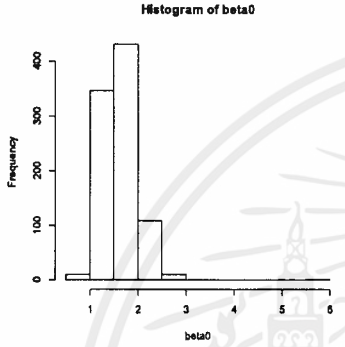
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



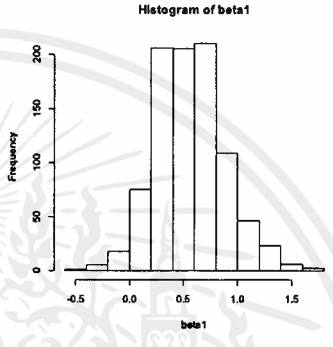
(ก)



(ข)



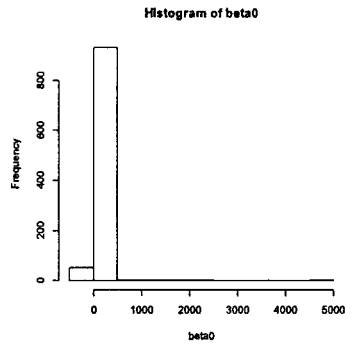
(ค)



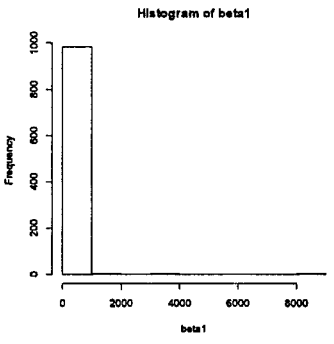
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 10 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ β_0 = 1.5 , β_1 = 0.5

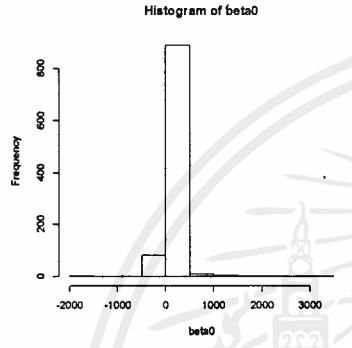
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



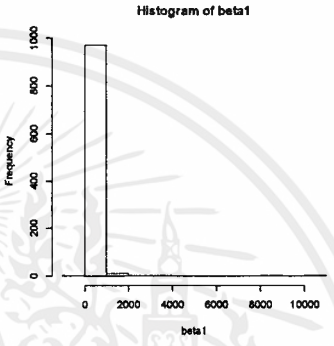
(ก)



(ข)



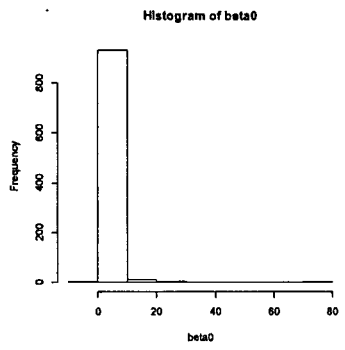
(ค)



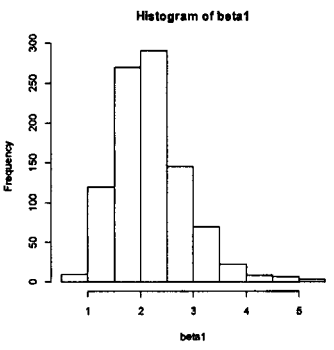
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 11 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$

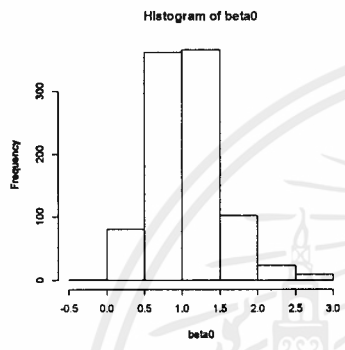
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



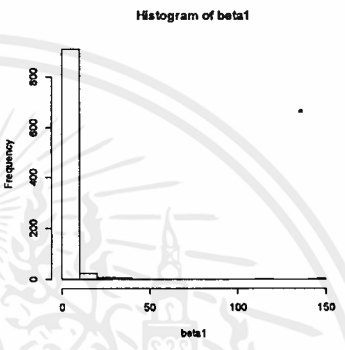
(ก)



(ข)



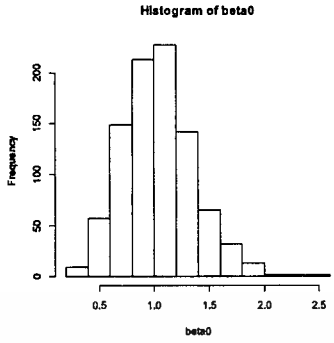
(ค)



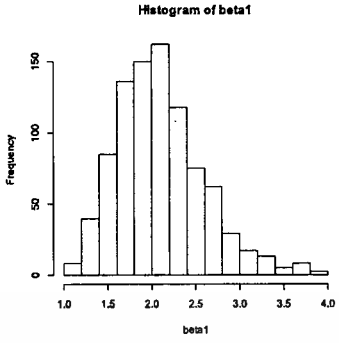
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 13 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$

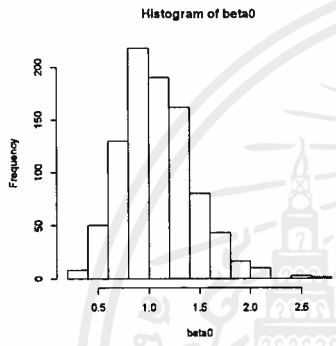
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



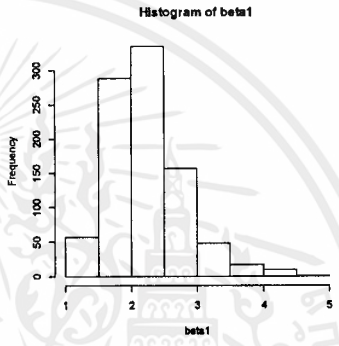
(ก)



(ข)



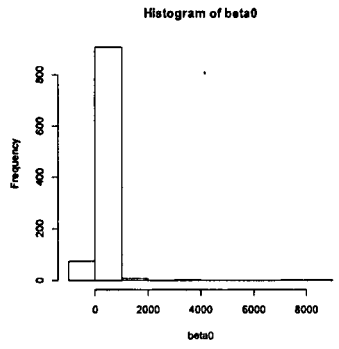
(ค)



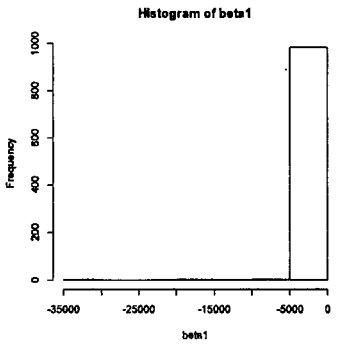
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 15 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง)- β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$

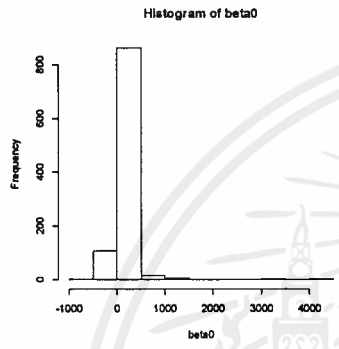
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



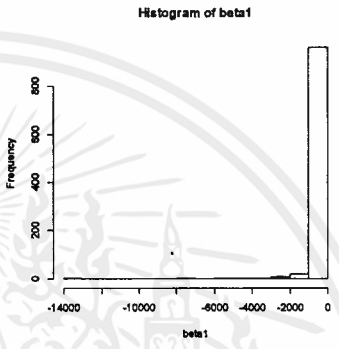
(ก)



(ข)



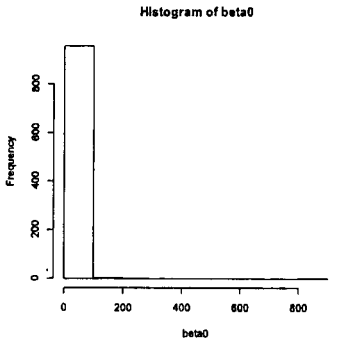
(ค)



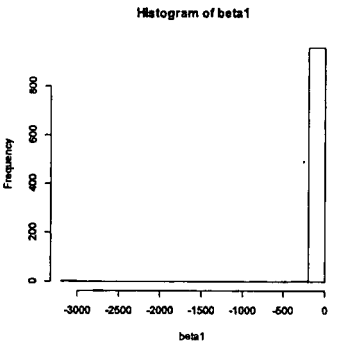
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 16 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3$

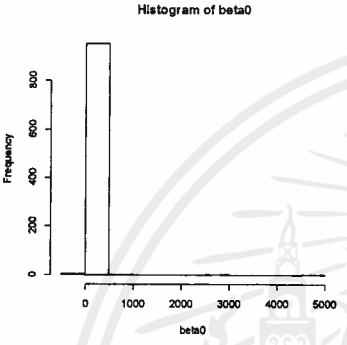
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



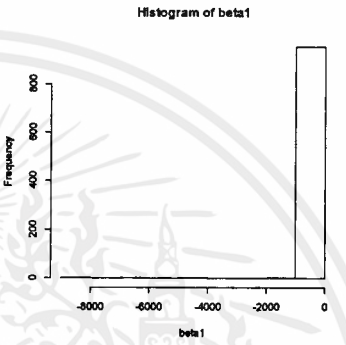
(ก)



(ข)



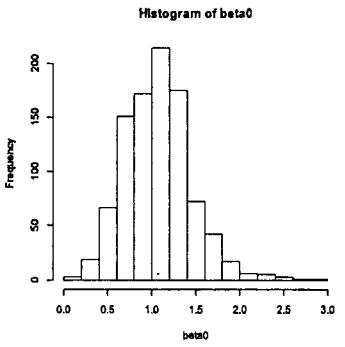
(ค)



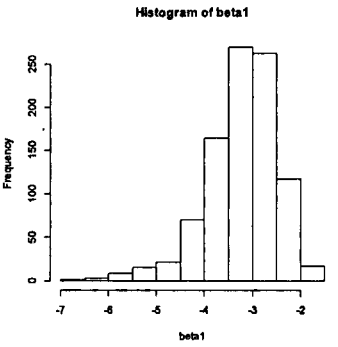
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 18 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3$

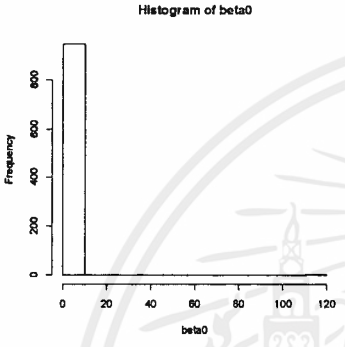
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



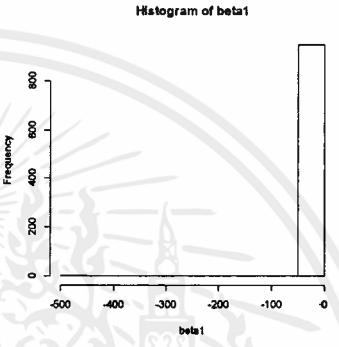
(ก)



(ข)



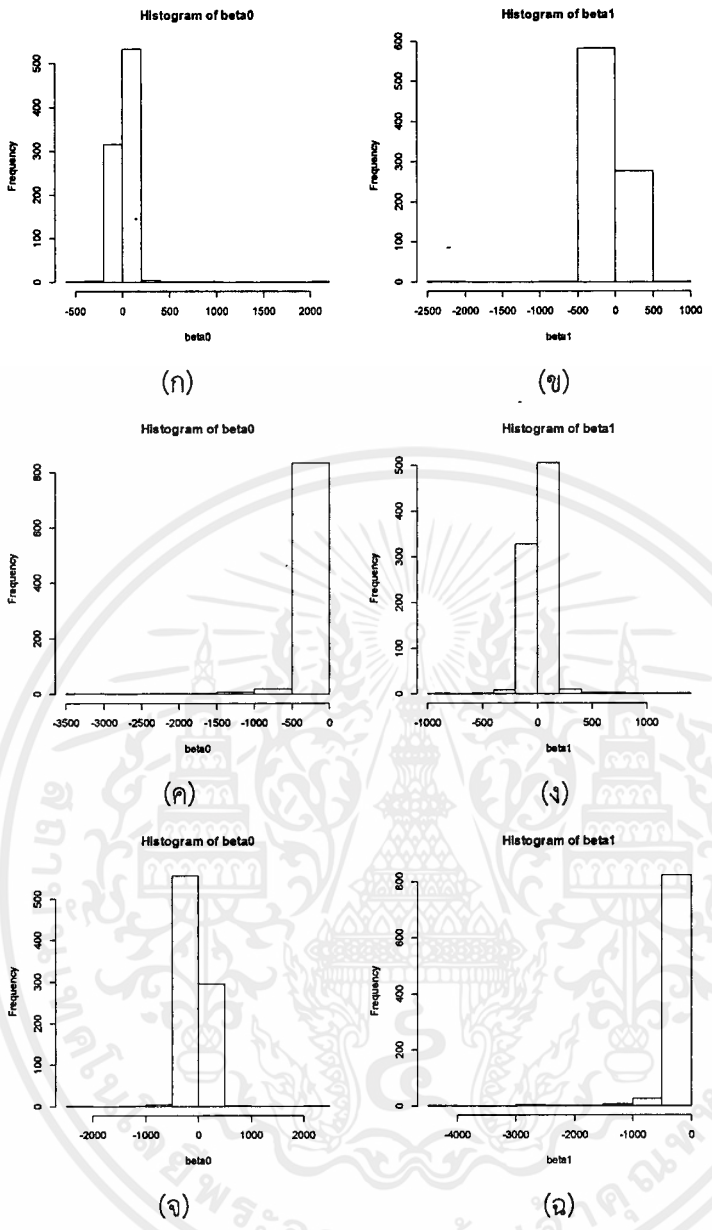
(ค)



(ง)

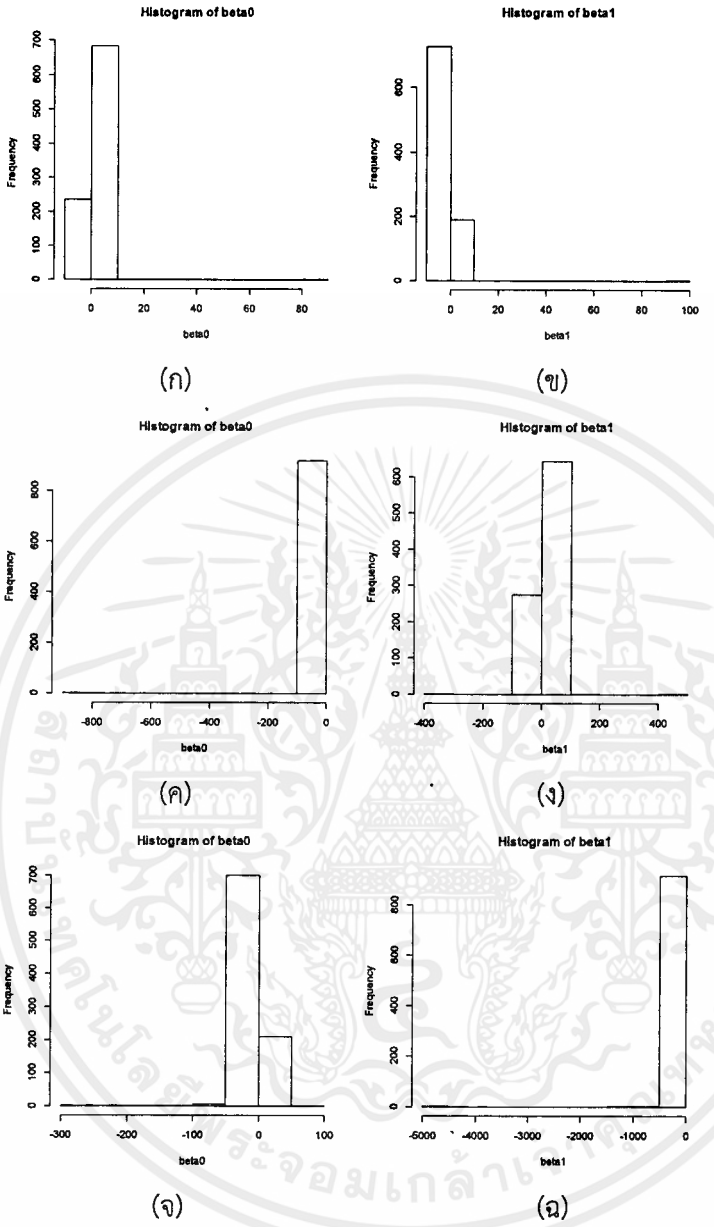
ภาคผนวก ก รูปที่ 20 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



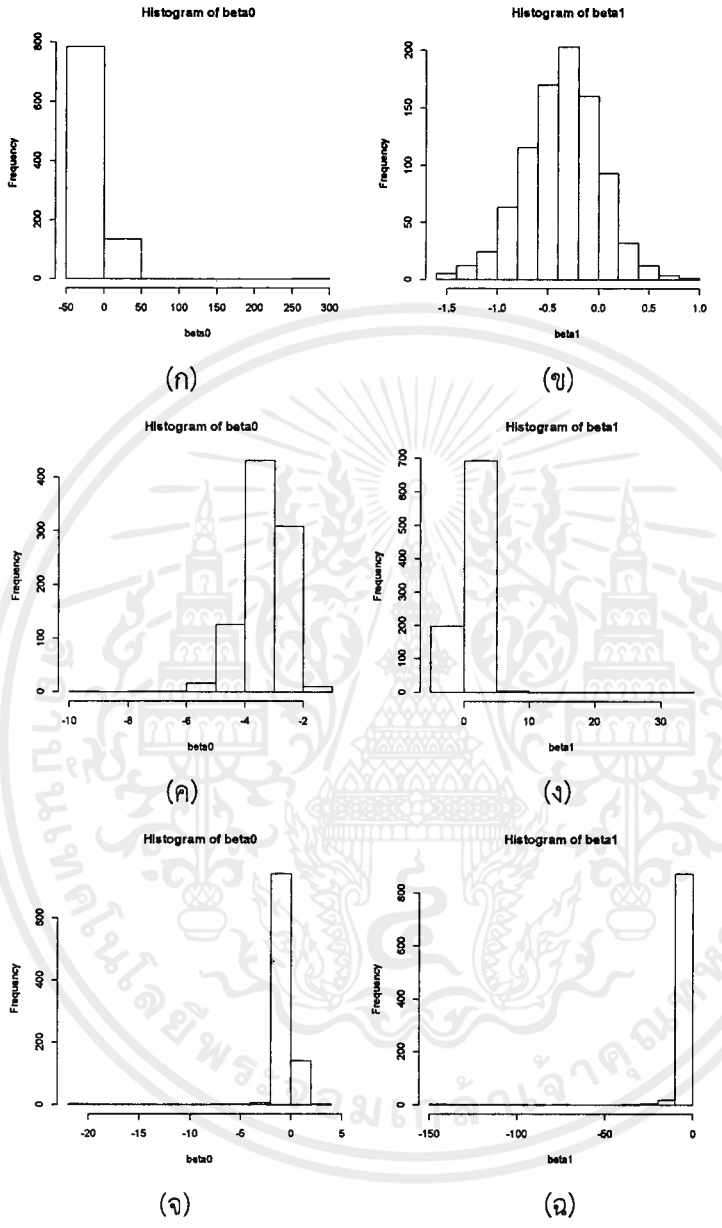
ภาคผนวก ก รูปที่ 21 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 0.25$, $\beta_1 = -0.33$, $\beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



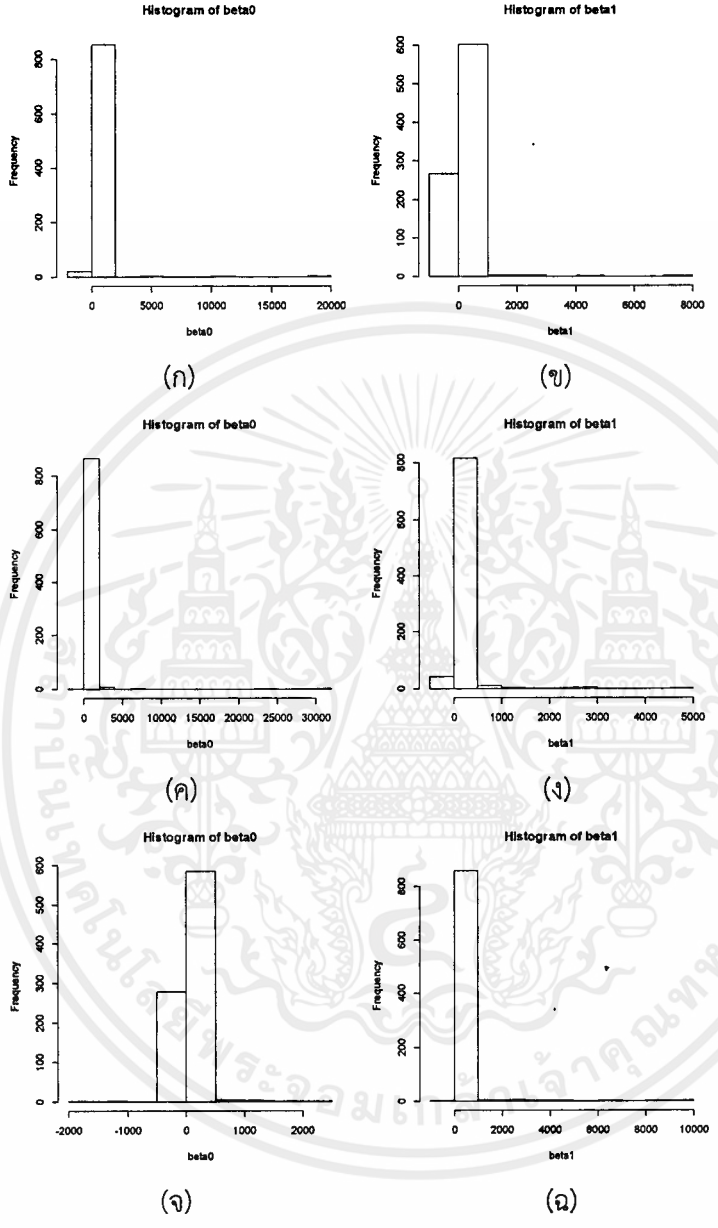
ภาคผนวก ก รูปที่ 23 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 0.25$, $\beta_1 = -0.33$, $\beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



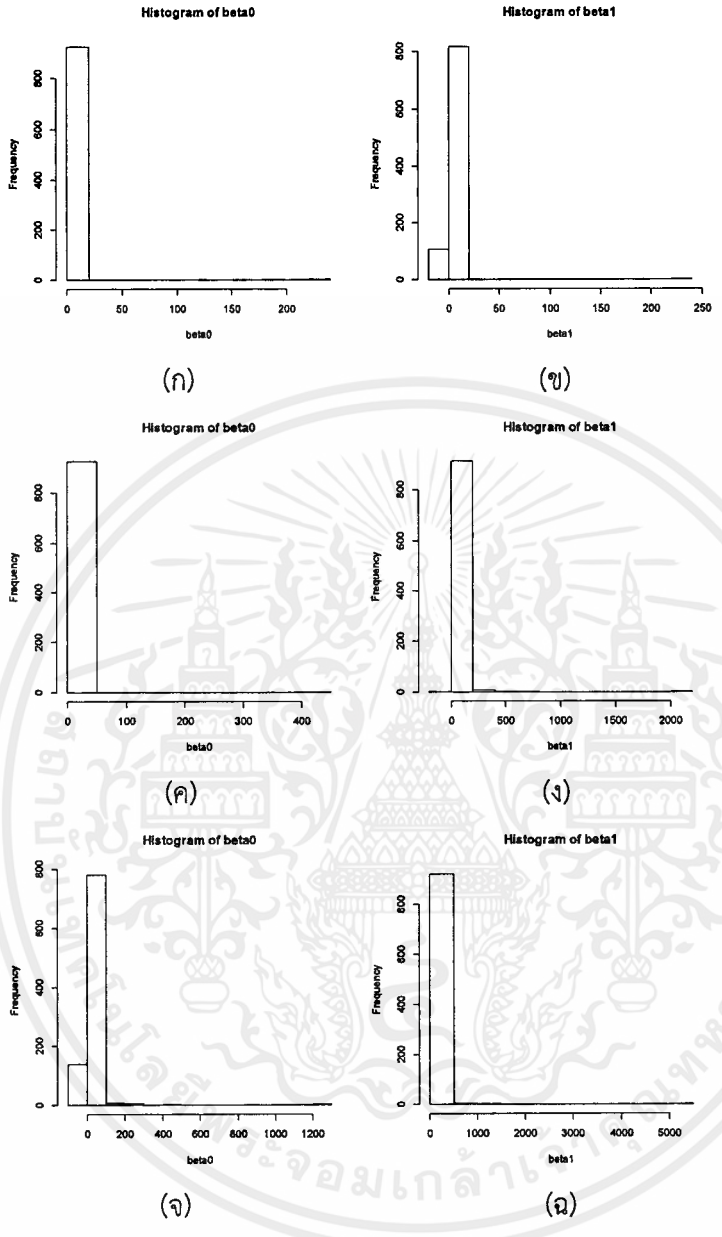
ภาคผนวก ก รูปที่ 25 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 0.25$, $\beta_1 = -0.33$, $\beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



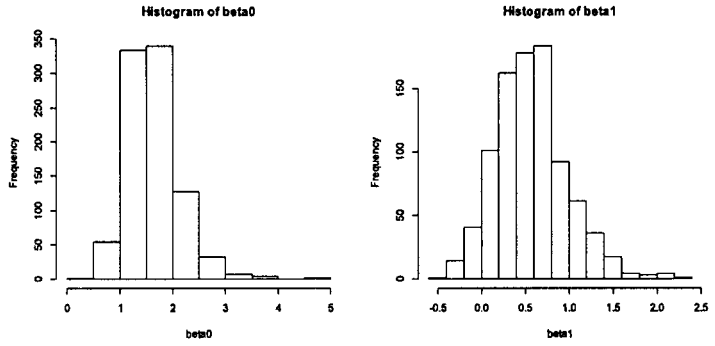
ภาคผนวก ก รูปที่ 26 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1.5$, $\beta_1 = 0.5$, $\beta_2 = 3$

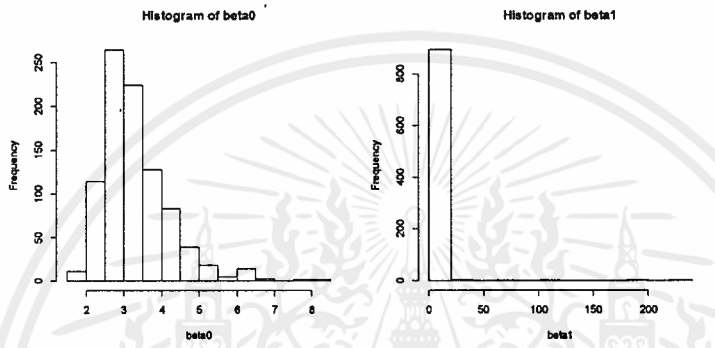
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

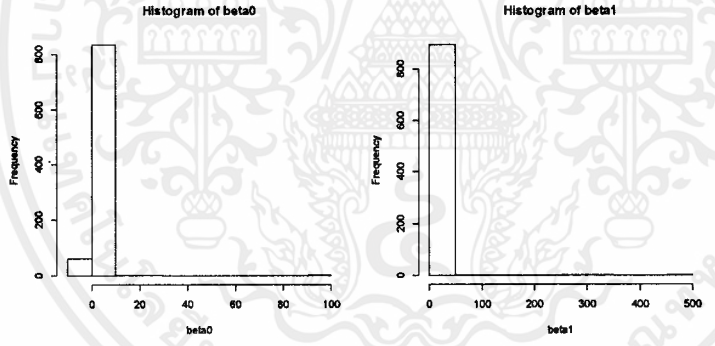


ภาคผนวก ก รูปที่ 28 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1.5$, $\beta_1 = 0.5$, $\beta_2 = 3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

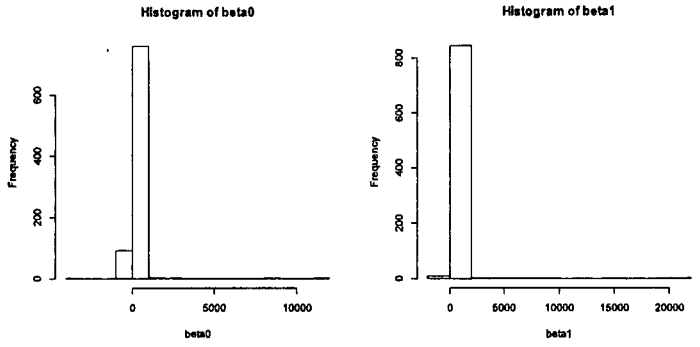


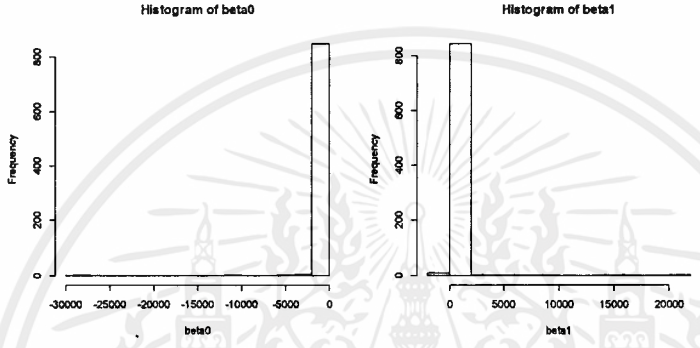


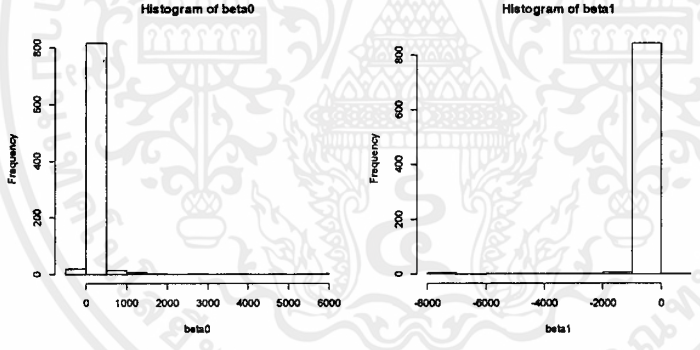


ภาคผนวก ก รูปที่ 30 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1.5$, $\beta_1 = 0.5$, $\beta_2 = 3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

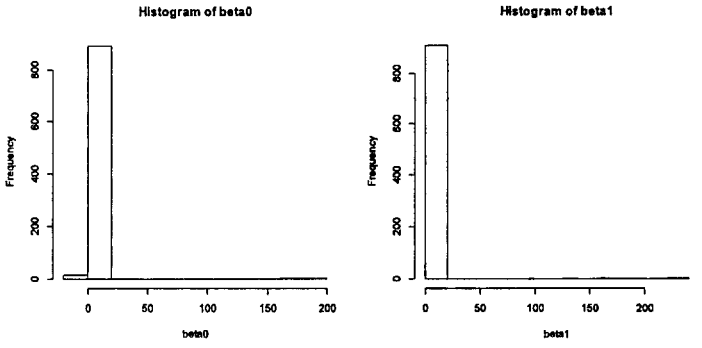






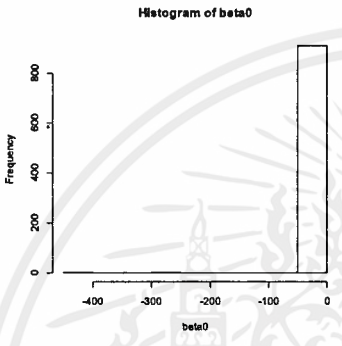
ภาคผนวก ก รูปที่ 31 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$, $\beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

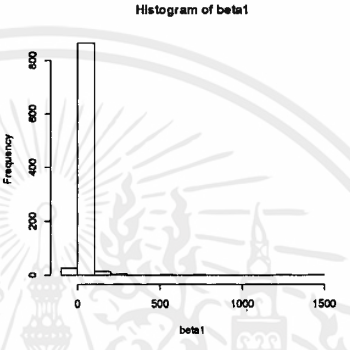


(ก)

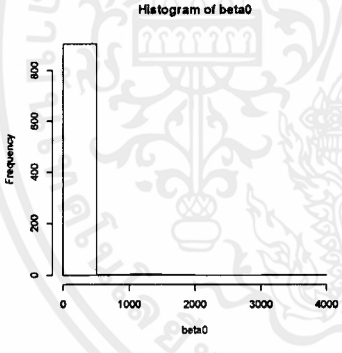
(ข)



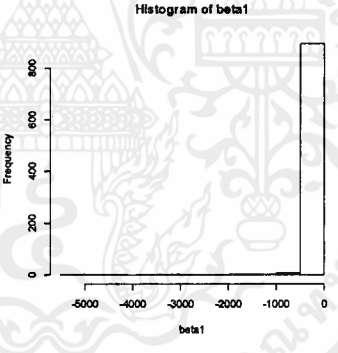
(ค)



(ง)



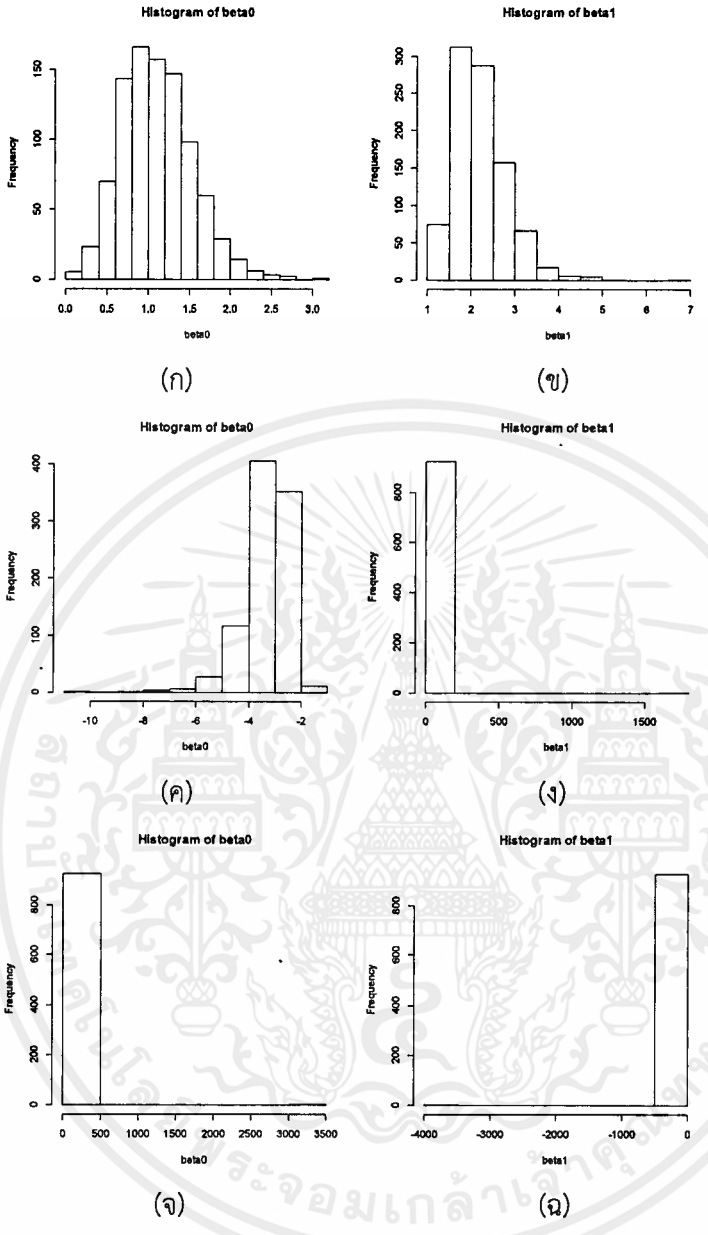
(จ)



(ฉ)

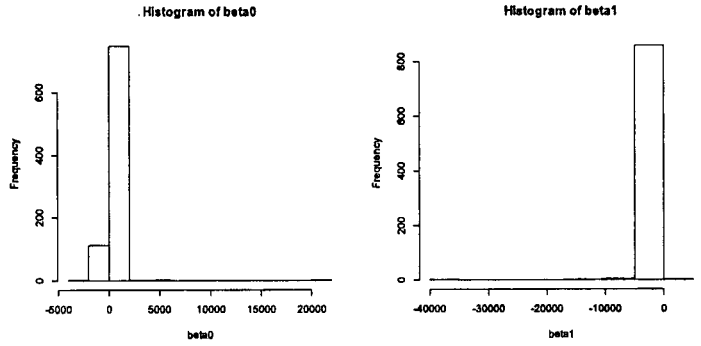
ภาคผนวก ก รูปที่ 33 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$, $\beta_2 = -3$

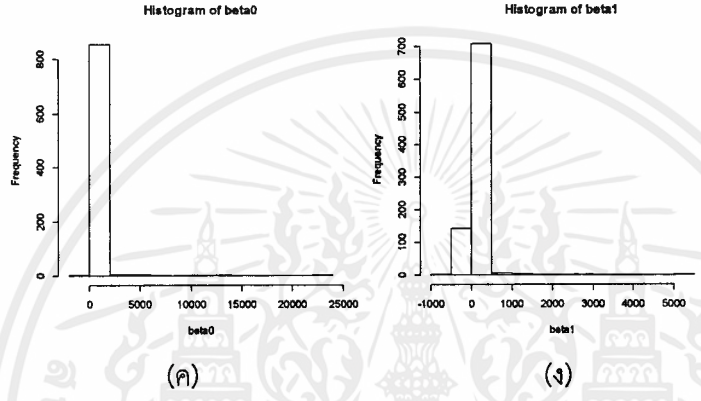
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

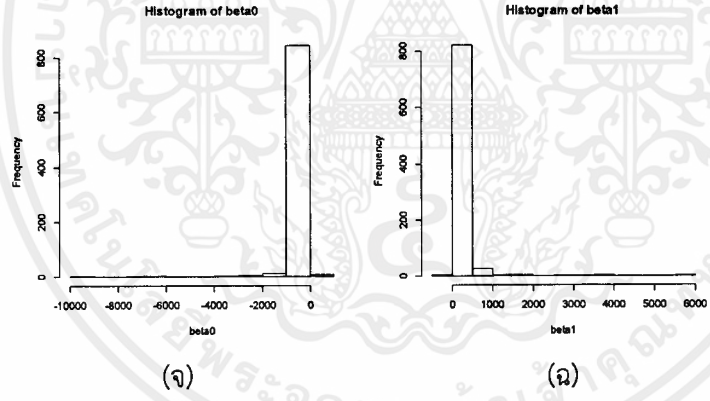


ภาคผนวก ก รูปที่ 35 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$, $\beta_2 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

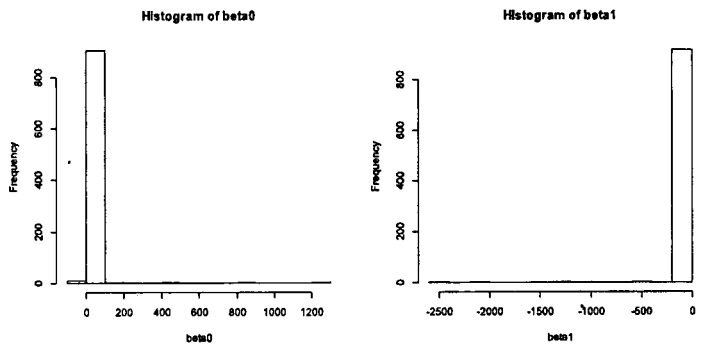






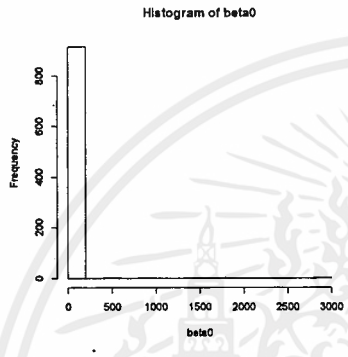
ภาคผนวก ก รูปที่ 36 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3$, $\beta_2 = 3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

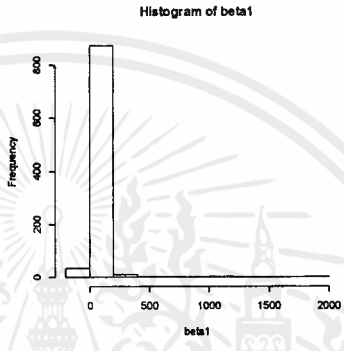


(ก)

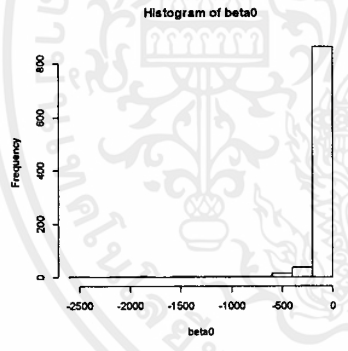
(ข)



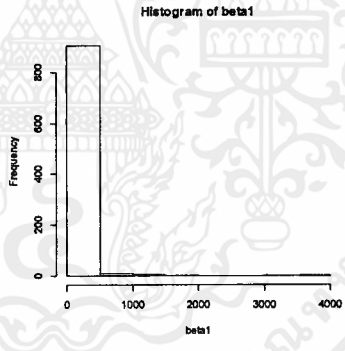
(ค)



(ง)



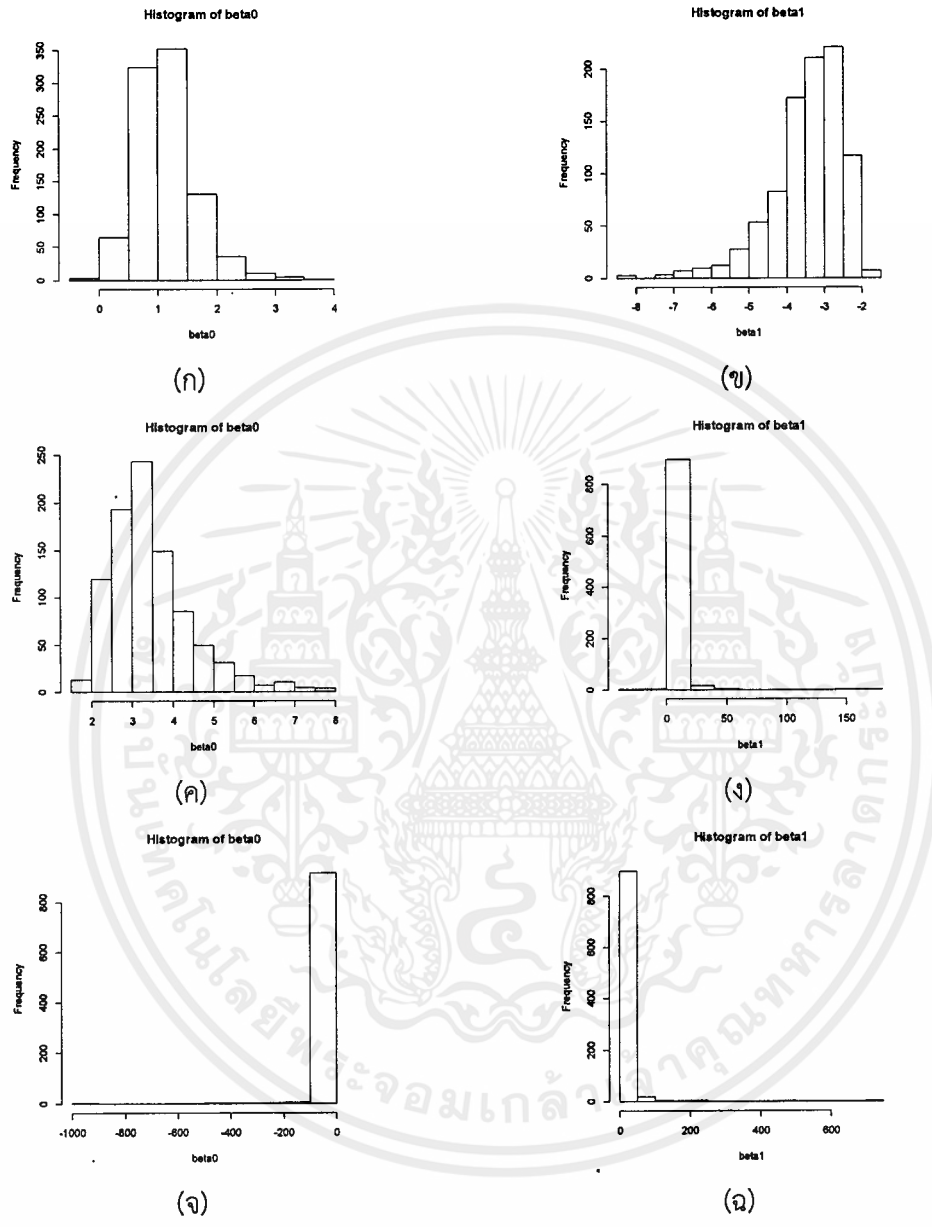
(จ)



(ฉ)

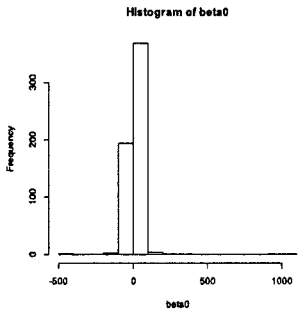
ภาคผนวก ก รูปที่ 38 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3$, $\beta_2 = 3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

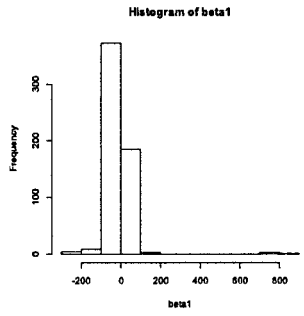


ภาคผนวก ก รูปที่ 40 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ง) β_0 (จ) β_1 (ฉ) β_2 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3$, $\beta_2 = 3$

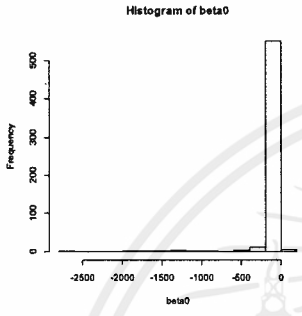
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



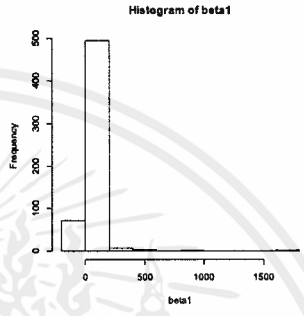
(ก)



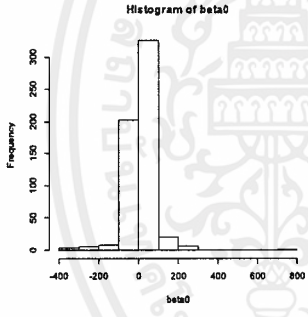
(ข)



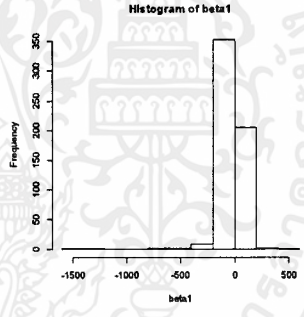
(ค)



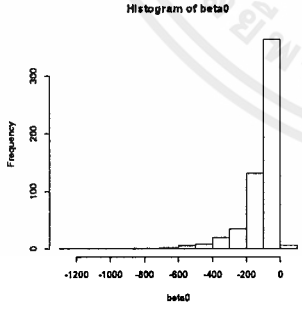
(ง)



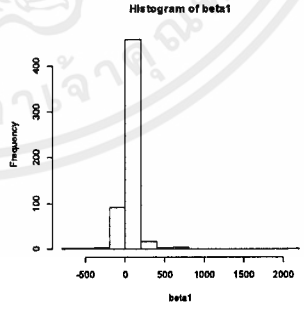
(จ)



(ฉ)



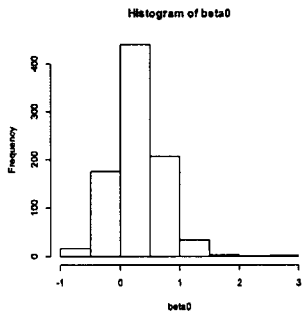
(ช)



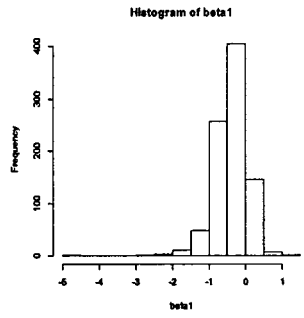
(ซ)

ภาคผนวก ก รูปที่ 41 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 0.25$, $\beta_1 = -0.33$, $\beta_2 = -1.7$, $\beta_3 = 0.7$

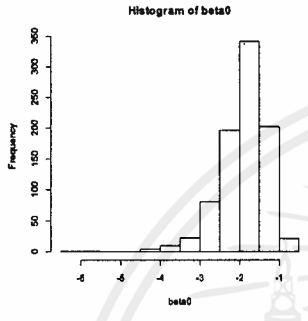
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



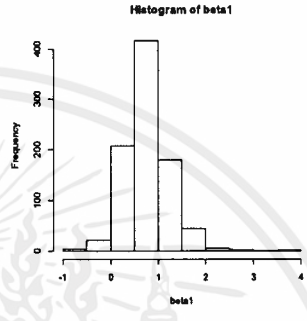
(ก)



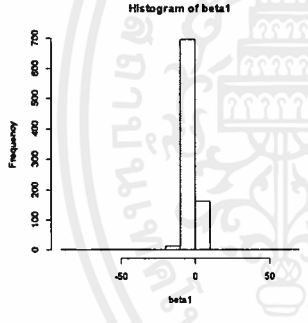
(ข)



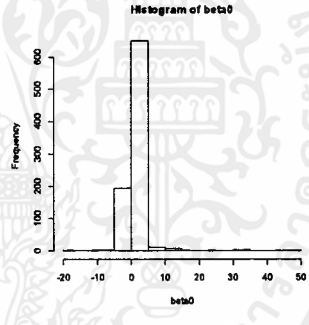
(ค)



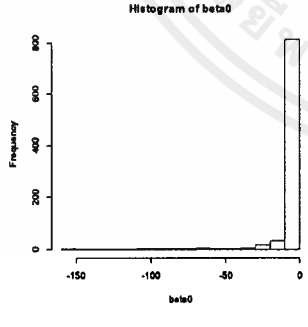
(ง)



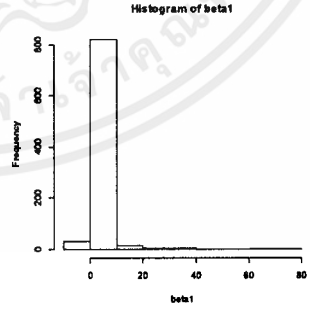
(จ)



(ฉ)



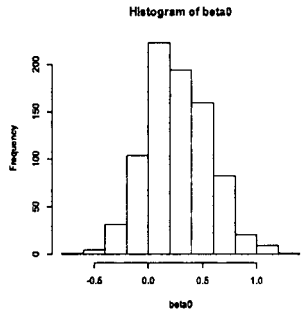
(ช)



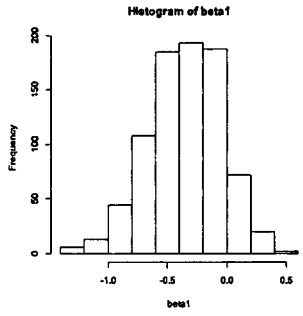
(ซ)

ภาคผนวก ก รูปที่ 43 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 0.25$, $\beta_1 = -0.33$, $\beta_2 = -1.7$, $\beta_3 = 0.7$

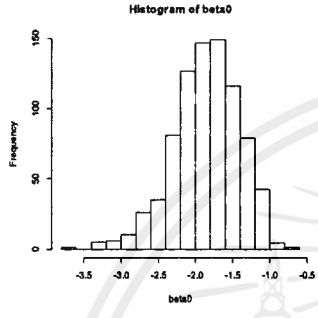
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



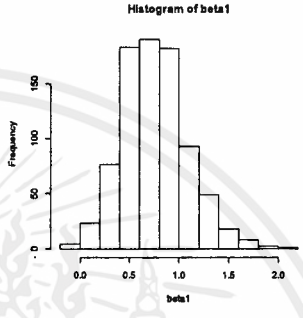
(ก)



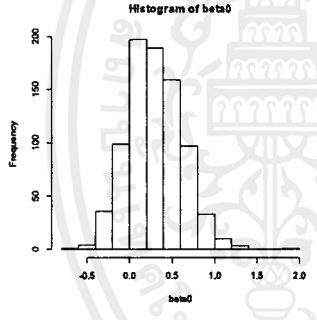
(ข)



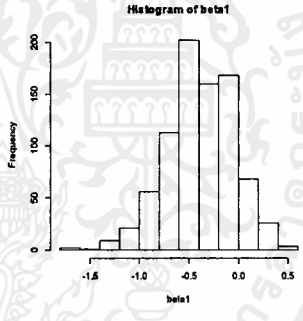
(ค)



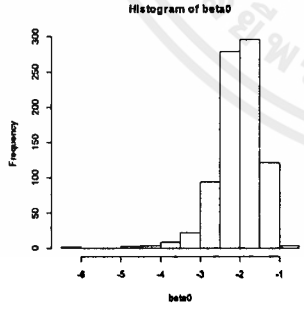
(ง)



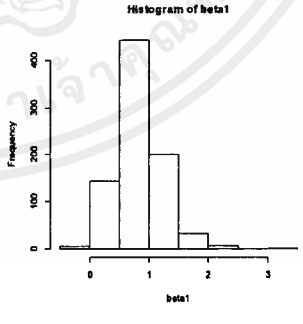
(จ)



(ฉ)



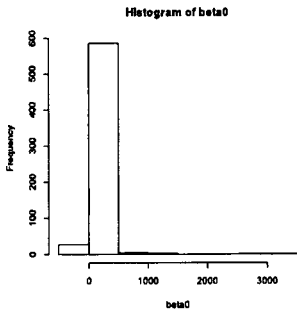
(ช)



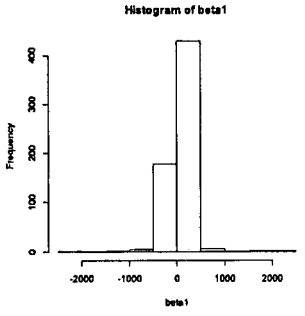
(ช)

ภาคผนวก ก รูปที่ 45 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 0.25$, $\beta_1 = -0.33$, $\beta_2 = -1.7$, $\beta_3 = 0.7$

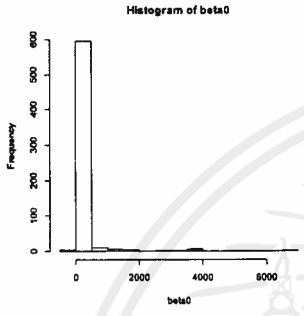
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



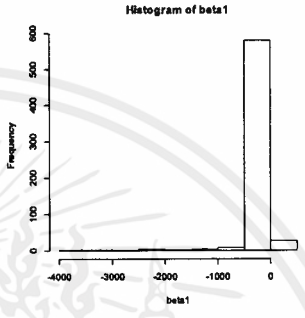
(ก)



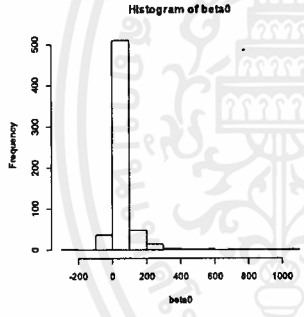
(ข)



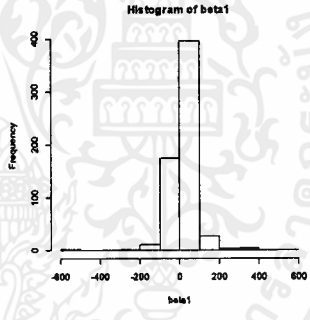
(ค)



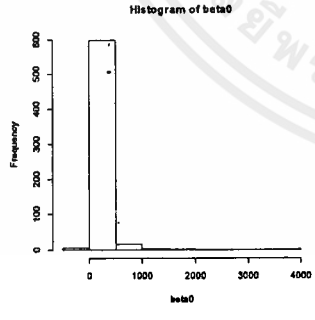
(ง)



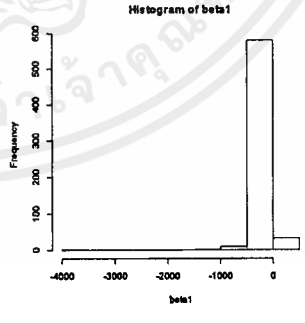
(จ)



(ฉ)



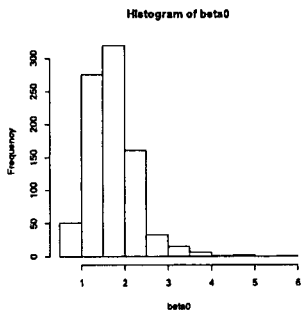
(ช)



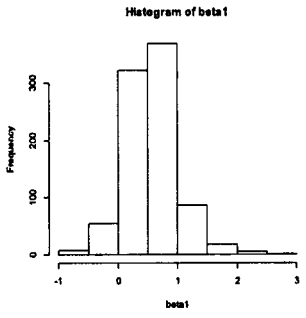
(ซ)

ภาคผนวก ก รูปที่ 46 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1.5$, $\beta_1 = 0.5$, $\beta_2 = 3$, $\beta_3 = -1.7$

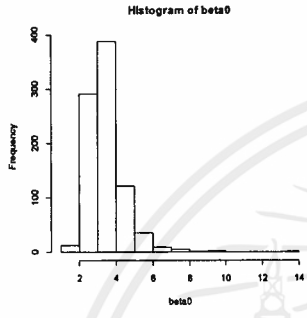
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



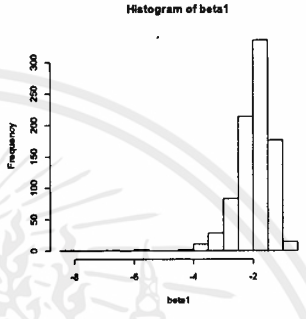
(ก)



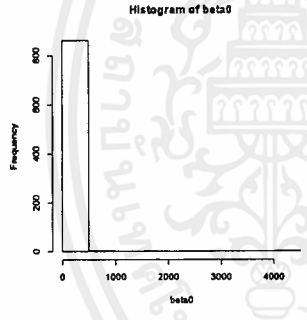
(ข)



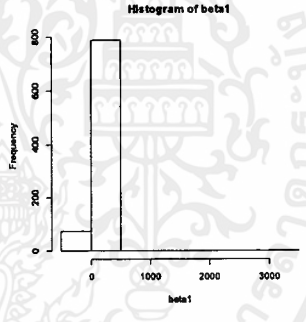
(ค)



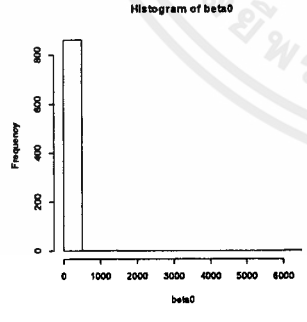
(ง)



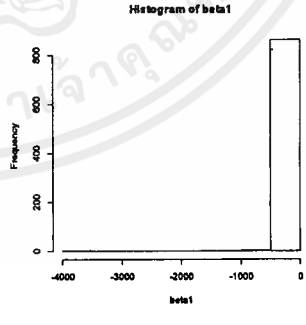
(จ)



(ฉ)



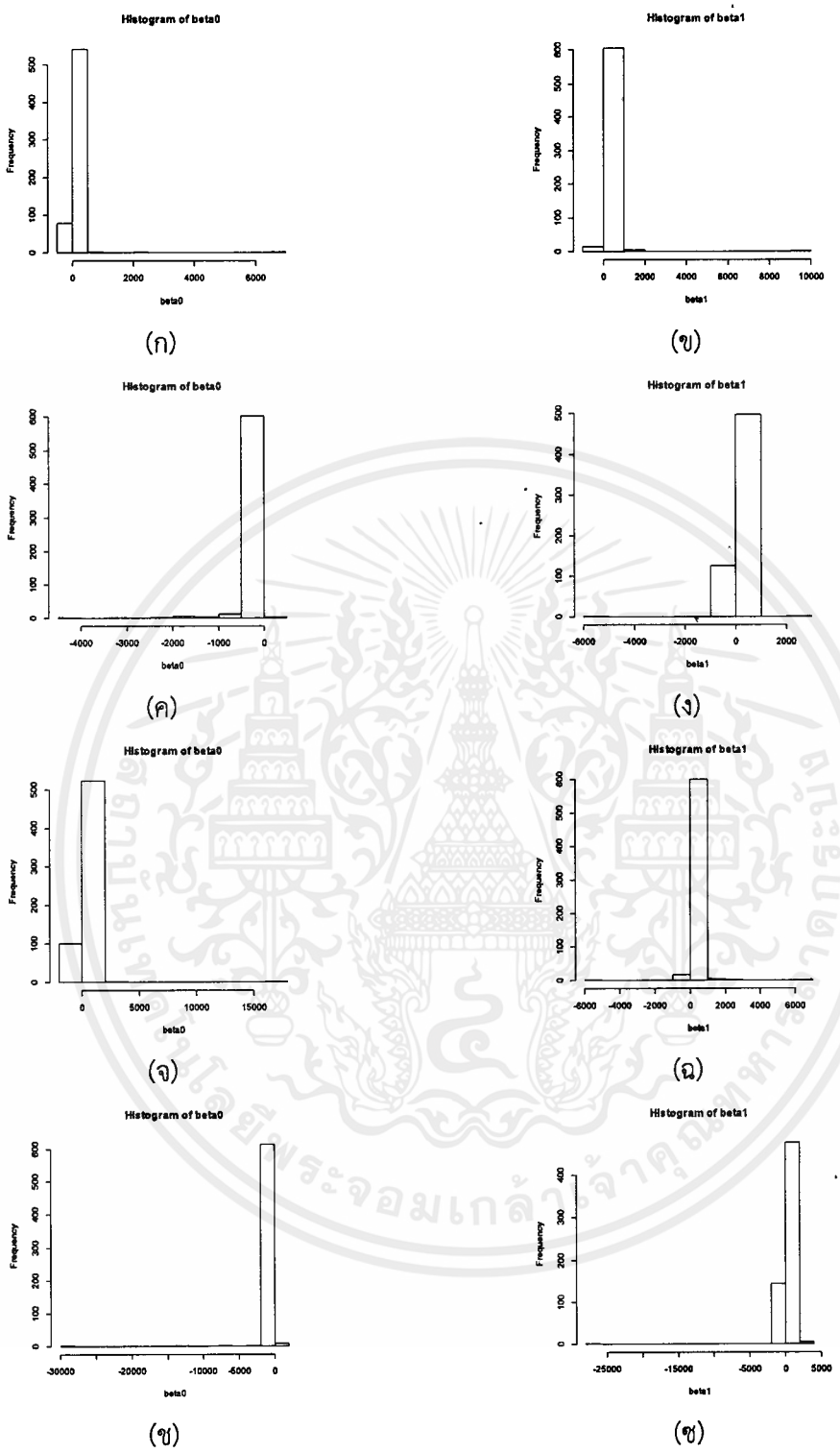
(ช)



(ซ)

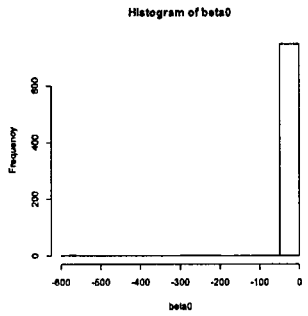
ภาคผนวก ก รูปที่ 50 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1.5$, $\beta_1 = 0.5$, $\beta_2 = 3$, $\beta_3 = -1.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

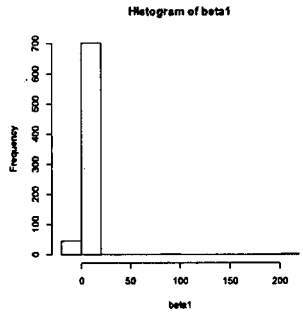


ภาคผนวก ก รูปที่ 51 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$, $\beta_2 = -3$, $\beta_3 = 0.7$

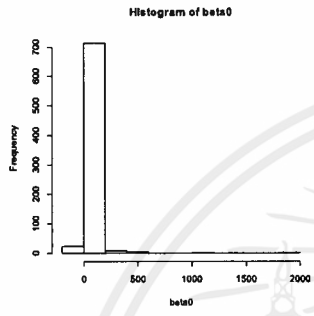
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



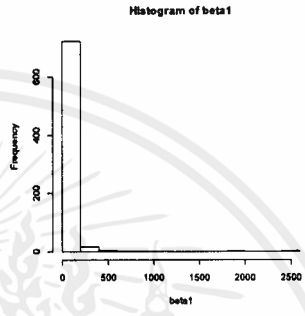
(ค)



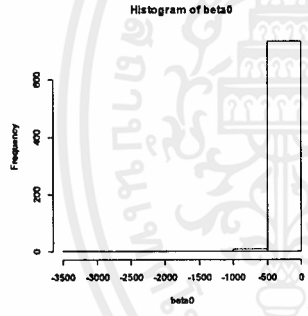
(ง)



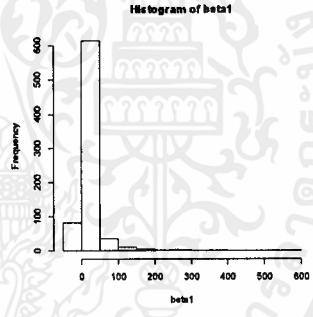
(จ)



(ฉ)



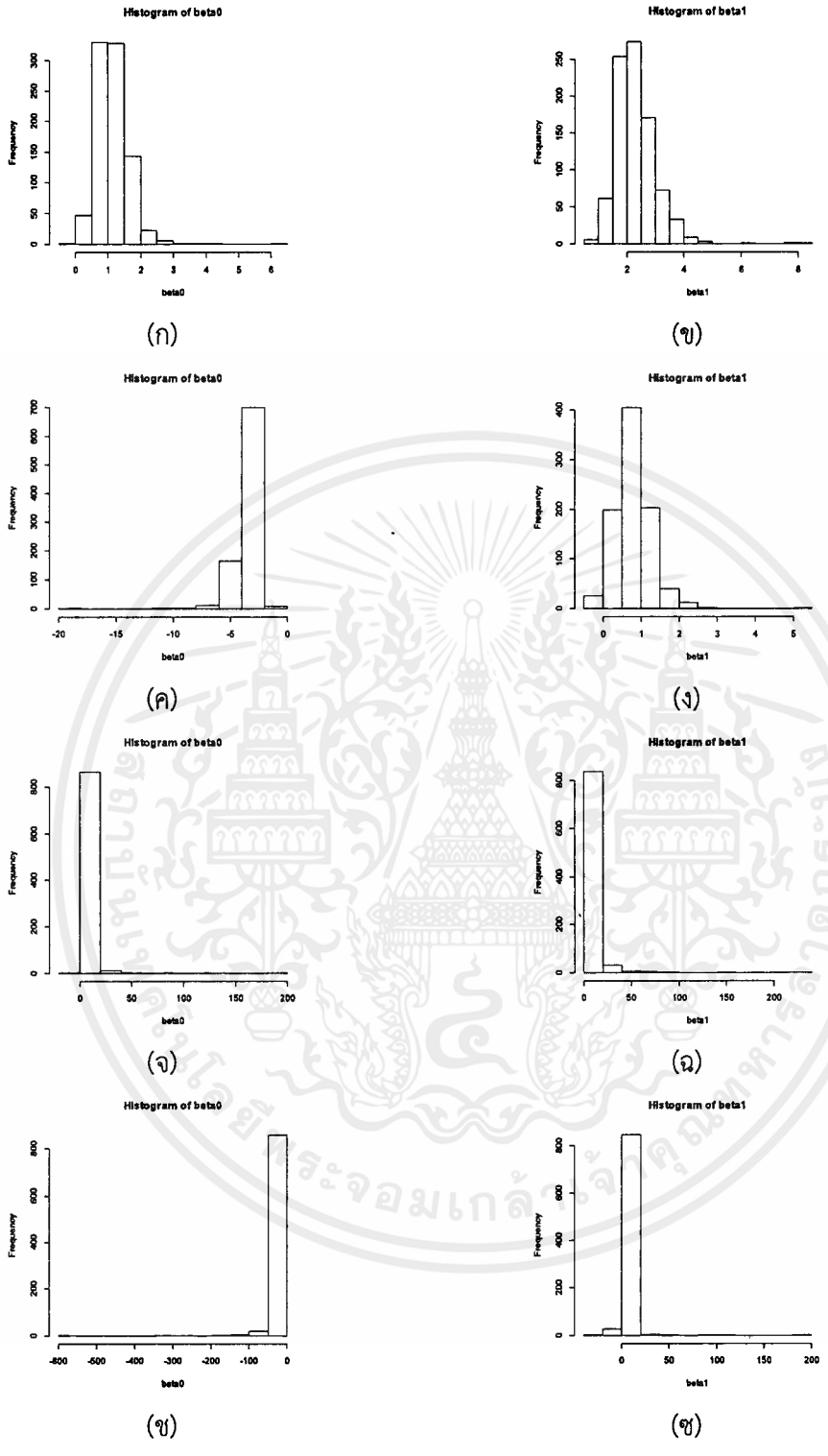
(ช)



(ซ)

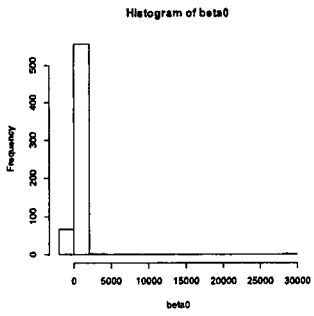
ภาคผนวก ก รูปที่ 53 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$, $\beta_2 = -3$, $\beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

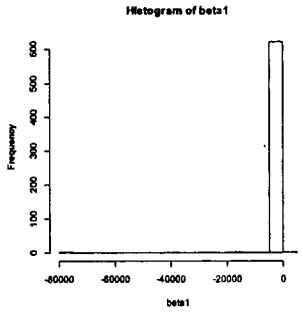


ภาคผนวก ก รูปที่ 55 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$, $\beta_2 = -3$, $\beta_3 = 0.7$

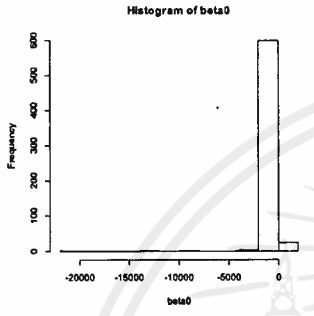
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



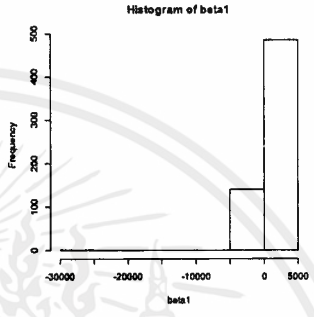
(ก)



(ข)

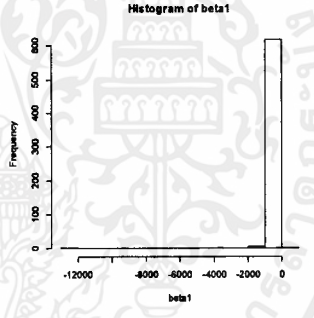


(ค)

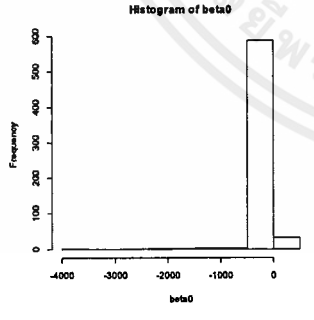


(ง)

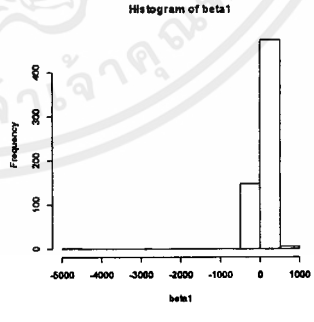
(จ)



(ฉ)



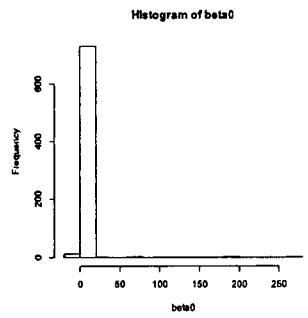
(ช)



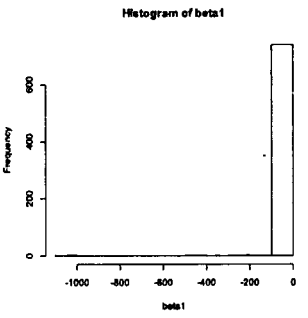
(ซ)

ภาคผนวก ก รูปที่ 56 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3, \beta_2 = -1.7, \beta_3 = 0.7$

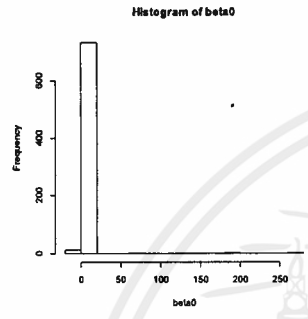
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



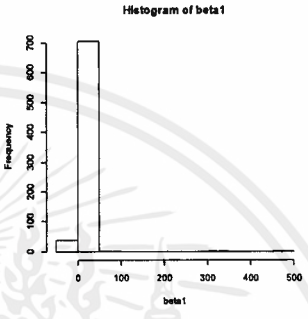
(ก)



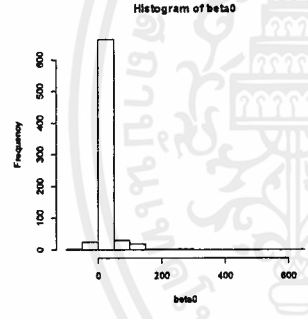
(ข)



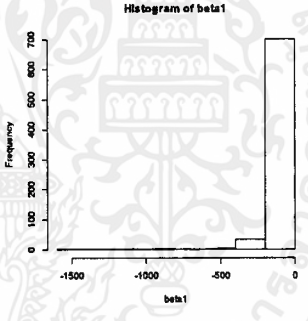
(ค)



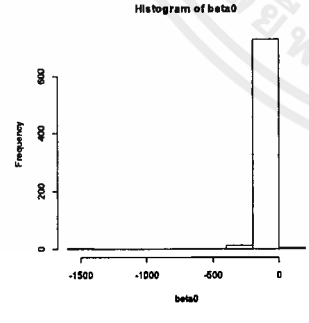
(ง)



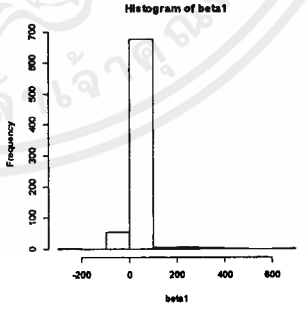
(จ)



(ฉ)



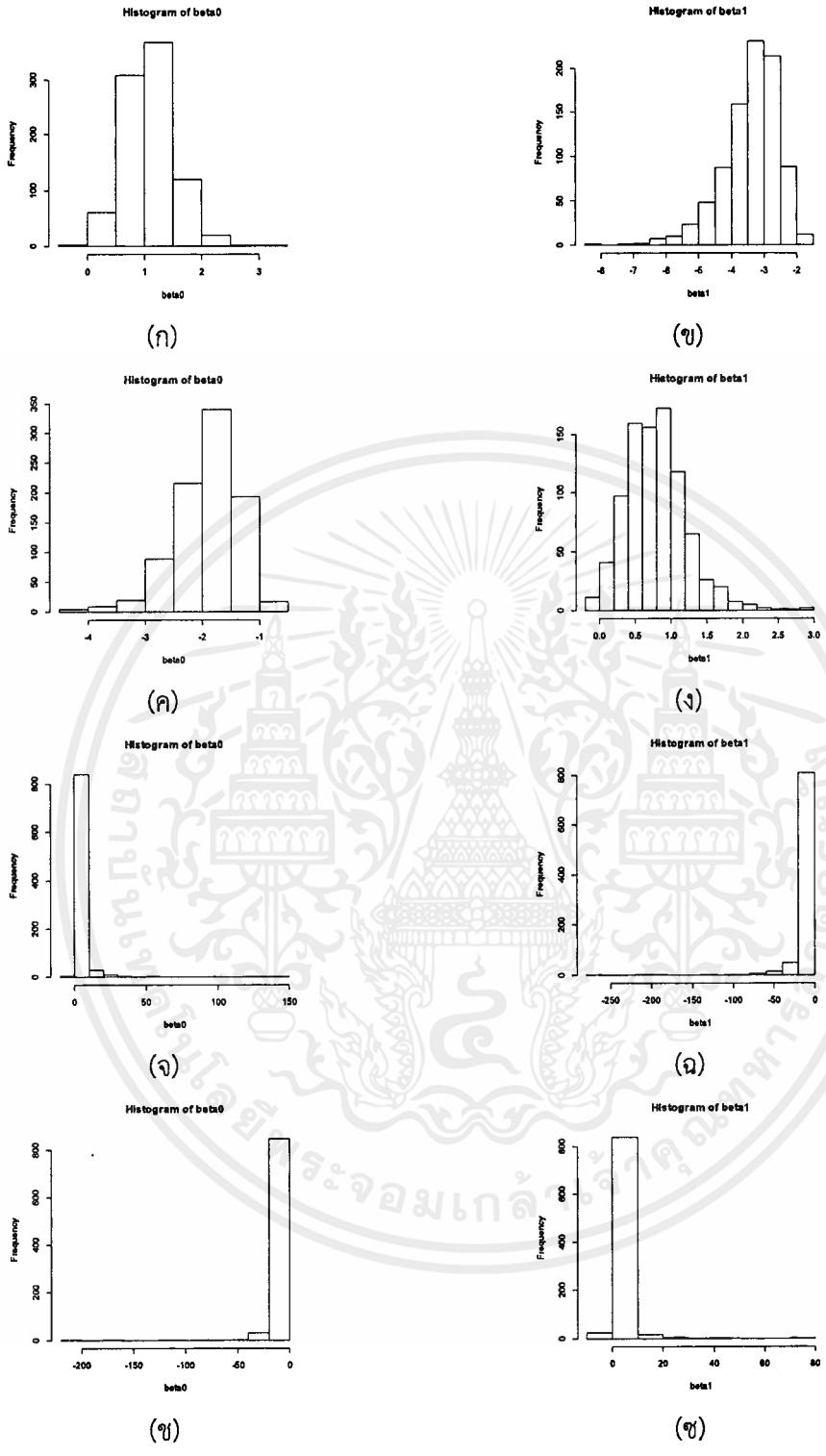
(ช)



(ซ)

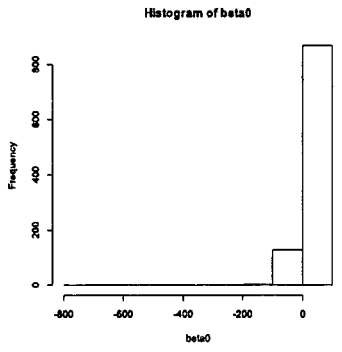
ภาคผนวก ก รูปที่ 58 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=60 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3, \beta_2 = -1.7, \beta_3 = 0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

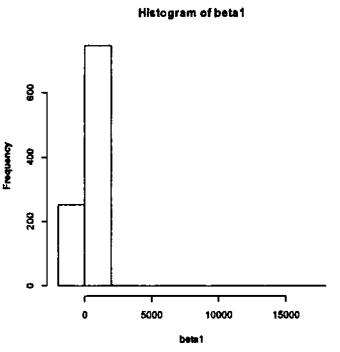


ภาคผนวก ก รูปที่ 60 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 (ค) β_2 (ง) β_3 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (จ) β_0 (ฉ) β_1 (ช) β_2 (ซ) β_3 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 3 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=100 มีการแจกแจงแบบปรกติที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3, \beta_2 = -1.7, \beta_3 = 0.7$

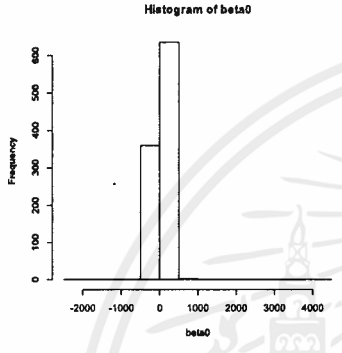
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



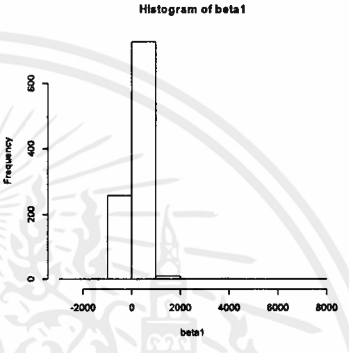
(ก)



(ข)



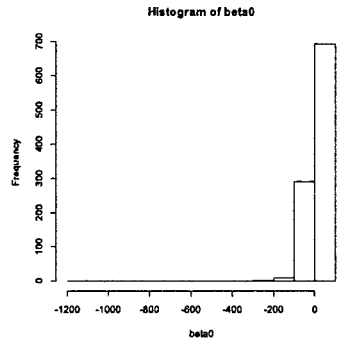
(ค)



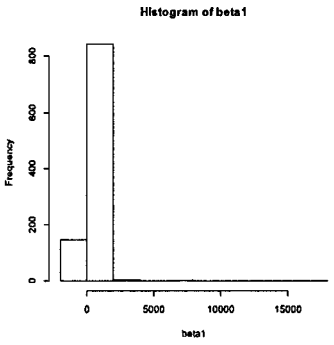
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 61 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบชี้กำลัง ที่ β_0 = 1.5 , β_1 = 0.5

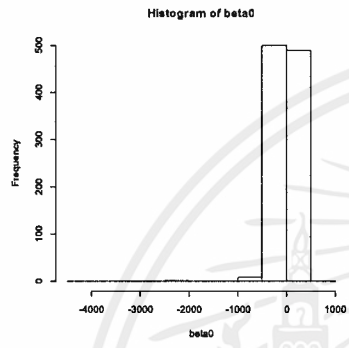
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



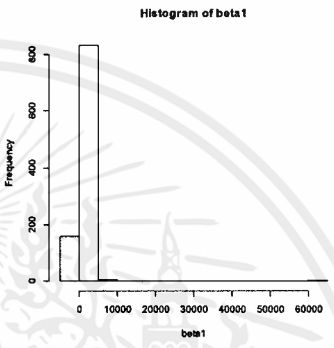
(ก)



(ข)



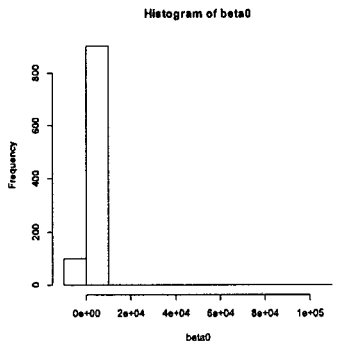
(ค)



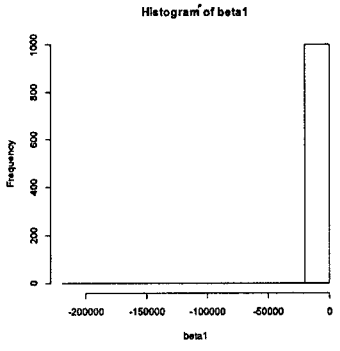
(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 62 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบชี้กำลัง ที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 2$

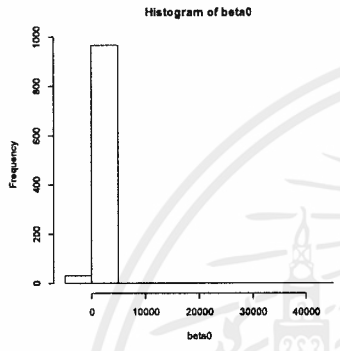
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



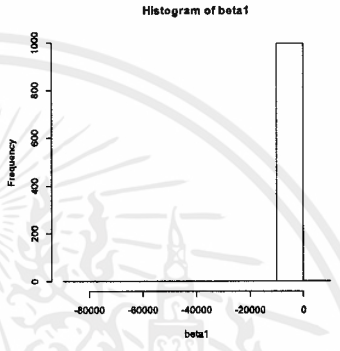
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาคผนวก ก รูปที่ 63 แสดงค่าประมาณของ (ก) β_0 (ข) β_1 โดยวิธี WLS และค่าประมาณของ (ค) β_0 (ง) β_1 โดยวิธี NB เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้น 1 ตัวแปรและขนาดตัวอย่าง n=20 มีการแจกแจงแบบชี้กำลัง ที่ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = -3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้