



การเปรียบเทียบตัวแบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ด้วยวิธีการประมาณพารามิเตอร์แบบ Quasi-Likelihood สำหรับข้อมูลระดับยาว

นางสาวศิรินทิพย์ เจริญสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b00252043

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



247293

การเปรียบเทียบตัวแบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ด้วยวิธีการประมาณพารามิเตอร์แบบQuasi-Likelihood สำหรับข้อมูลระยะยาว

นางสาวศิรินทิพย์ เสริมสุข



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5 1 8 1 9 2 1 8 2 6

A COMPARISON BETWEEN GENERALIZED LINEAR MODEL AND GENERALIZED
ESTIMATING EQUATIONS WITH QUASI-LIKELIHOOD ESTIMATION FOR
LONGITUDINAL DATA

Miss. Sirintip Sermsuk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Statistics
Department of Statistics
Faculty of Commerce and Accountancy
Chulalongkorn University
Academic Year 2010
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบตัวแบบ Generalized Linear Model และ
ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ด้วยวิธีการ
ประมาณพารามิเตอร์แบบ Quasi-Likelihood สำหรับข้อมูล
ระยะยาว

โดย

นางสาวศิรินทิพย์ เสริมสุข

สาขาวิชา

สถิติ

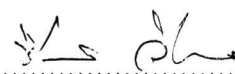
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วาณิชยปัญญา

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิต
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

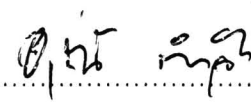
.....  คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรณพ ตันละมัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. รีระพร วีระถาวร)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วาณิชยปัญญา)

.....  กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดิ์)

.....  กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง)

ศิรินทิพย์ เสริมสุข : การเปรียบเทียบตัวแบบ Generalized Linear Model และ
ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ด้วยวิธีการประมาณพารามิเตอร์แบบ
Quasi-Likelihood สำหรับข้อมูลระยะยาว.(A COMPARISON BETWEEN
GENERALIZED LINEAR MODEL AND GENERALIZED ESTIMATING
EQUATIONS WITH QUASI-LIKELIHOOD ESTIMATION FOR
LONGITUDINAL DATA) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:

รศ. ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา , 57 หน้า.

247293

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการประมาณพารามิเตอร์ของตัว
แบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ด้วย
วิธีการประมาณพารามิเตอร์แบบ Quasi-Likelihood สำหรับข้อมูลระยะยาว เมื่อกำหนดให้
ตัวแปรตามมีการแจกแจงปัวซองส์ กระทำภายใต้เงื่อนไข ตัวแปรอิสระเป็นเชิงปริมาณคือ 1
และ 3 มีความสัมพันธ์กัน คือ 0.1 ,0.5 และ 0.9 ขนาดตัวอย่าง 20 , 60 ระยะเวลาที่ใช้ใน
การเก็บข้อมูลซ้ำ 3 และ 6 คาบเวลา เมื่อกำหนดอัตราสัมพันธ์ของตัวแปรตามของตัวแบบ
Generalized Estimating Equations และโครงสร้างความแปรปรวนร่วมของตัวแบบ
Generalized Linear Model คือ Exchangeable โดยกำหนดค่าอัตราสัมพันธ์ของตัวแปรตาม
คือ 0.3 และ 0.8 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้จากการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม R และกระทำ
การทดลองซ้ำๆกัน 1,000 ครั้งโดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของ
สัมประสิทธิ์ความถดถอย (AMSE) ในการเปรียบเทียบการประมาณพารามิเตอร์ทั้งสองตัวแบบ

เมื่อทำการเปรียบเทียบด้วยค่า AMSE พบว่า ตัวแบบ Generalized Estimating
Equations ประมาณพารามิเตอร์ถูกต้องกว่าตัวแบบ Generalized Linear Model เมื่อมีอัตรา
สัมพันธ์ของตัวแปรตามสูง ขนาดตัวอย่างเล็ก และระยะเวลาการเก็บข้อมูลซ้ำมาก และตัว
แบบ Generalized Linear Mode ประมาณพารามิเตอร์ถูกต้องกว่าตัวแบบ Generalized
Estimating Equations เมื่ออัตราสัมพันธ์ของตัวแปรตามต่ำ ขนาดตัวอย่างใหญ่ และระยะ
การเก็บข้อมูลซ้ำต่ำ

ภาควิชา.....สถิติ.....
สาขาวิชา.....สถิติ.....
ปีการศึกษา.....2553.....

ลายมือชื่อนิสิต.....ศิรินทิพย์ เสริมสุข.....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา.....

5181921826 : MAJOR STATISTICS

KEYWORDS : Count data/Quasi-Likelihood /Exchangeable/Generalized Estimating Equation /Generalized Linear Model/longitudinal

SIRINTIP SERMSUK : A COMPARISON BETWEEN GENERALIZED LINEAR MODEL AND GENERALIZED ESTIMATING EQUATIONS WITH QUASI-LIKELIHOOD ESTIMATION FOR LONGITUDINAL DATA. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KALAYA VANITBUNCHA, Ph.D., 57 pp.

247293

The objective of this study is to compare the estimated parameter between Generalized Linear Model (GLM) and Generalized Estimating Equations (GEE) with quasi-likelihood estimation for longitudinal data when dependent variable is poisson distribution. The study is compared under condition of independent variable of 1 and 3 with multicollinearity among independent variables are 0.1, 0.5 and 0.9. The sample sizes of 20 and 60 with the repeated periods of 3 and 6, the working correlation and covariance structure of data are Exchangeable. The working correlation is 0.3 and 0.8. The data are simulated with R-program and repeat 1,000 times. Using Average Mean Square Error (AMSE) to compare Generalized Linear Model (GLM) and Generalized Estimating Equations (GEE) for each situation.

The result of Generalized Estimating Equations (GEE) is better than Generalized Linear Model (GLM) when autocorrelation of dependent variable is high (0.8) and small sample sizes and six repeated periods. Generalized Linear Model (GLM) is better than Generalized Estimating Equations (GEE) when autocorrelation of dependent variable is low (0.3) and a large sample sizes and three repeated periods.

Department : Statistics
Field of Study : Statistics
Academic Year : 2010

Student's Signature *Sirintip Sermsuk*
Advisor's Signature *Kalaya Vanitbuncha*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนการช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยดีตลอดมา จนวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพร วีระถาวร ในฐานะประธานกรรมการ และ อาจารย์ ดร.อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาสถิติที่ให้โอกาสทางการศึกษาและประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้เขียนจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ดร.อรุณี กำลังที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณกำลังใจอย่างดียิ่งจากบิดา มารดา พร้อมทั้งเพื่อนๆทั้งหลายที่มีให้จนกระทั่งจบการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
1.5 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ.....	3
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.8 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
2 แนวคิด ทฤษฎีและสถิติที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ตัวแบบGeneralized Estimating Equations (GEE).....	6
2.1.1 โครงสร้างความสัมพันธ์ (Working Correlation).....	7
2.2 ตัวแบบGeneralized Linear Model (GLM).....	8
2.2.1 โครงสร้างความแปรปรวนร่วม.....	8
2.3 Quasi – Likelihood 9	9
2.3.1 โครงสร้างของ Quasi - Likelihood.....	9
2.4 การประมาณพารามิเตอร์.....	10
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	11
3.1 แผนการดำเนินการวิจัย.....	11
3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.....	12

บทที่	หน้า
3.3	การสร้างข้อมูลตัวแปรตาม (y)..... 12
3.4	การสร้างข้อมูลตัวแปรอิสระ (x)..... 13
3.5	การประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี Quasi-Likelihood 14
3.6	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์ (AMSE)..... 14
3.7	ร้อยละความแตกต่างของ 2 ตัวแบบ..... 15
3.8	สรุปผลการวิจัยในแต่ละสถานการณ์..... 15
3.9	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม..... 16
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 18
4.1	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์ ของตัวแบบ แบบ Generalized Linear Model และตัวแบบGeneralized Estimating Equations..... 20
4.2	สรุปการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์ ของตัวแบบGeneralized Linear Model และ ตัวแบบGeneralized Estimating Equations โดยที่ตัวแปรตาม(y) มีโครงสร้างความสัมพันธ์ที่ 0.3 และ0.8..... 38
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ..... 45
5.1	สรุปผลการวิจัย..... 45
5.2	ข้อเสนอแนะ..... 48
รายการอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก.....	50
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
	ตัวแปรตาม (y) มีอัตราสัมพันธ์ที่ 0.3
4.1	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 20 ตัวแปรอิสระ(p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) เท่ากับ 3 และ6 ช่วงเวลา..... 20
4.2	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบGeneralized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 60 ตัวแปรอิสระ(p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ(t) เท่ากับ 3 และ6 ช่วงเวลา..... 21
4.3	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n)เท่ากับ 20 ตัวแปรอิสระ(p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ(t) 3 ช่วงเวลา..... 22
4.4	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 20 ตัวแปรอิสระ(p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ(t) 6 ช่วงเวลา 23
4.5	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 60 ตัวแปรอิสระ(p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ(t) 3 ช่วงเวลา..... 24
4.6	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 60 ตัวแปรอิสระ(p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ(t) 6 ช่วงเวลา..... 25

ตารางที่	หน้า
ตัวแปรตาม (y) มีอัตราสัมพันธ์ที่ 0.8	
4.7 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 20 ตัว แปรอิสระ(p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) เท่ากับ 3 และ 6 ช่วงเวลา 29	29
4.8 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบGeneralized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n) เท่ากับ 60 ตัว แปรอิสระ(p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ(t) เท่ากับ 3 และ6 ช่วงเวลา..... 30	30
4.9 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n)เท่ากับ 20 ตัว แปรอิสระ(p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่ เก็บข้อมูลซ้ำ(t) 3 ช่วงเวลา..... 31	31
4.10 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 20 ตัวแปร อิสระ(p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บ ข้อมูลซ้ำ(t) 6 ช่วงเวลา..... 32	32
4.11 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 60 ตัวแปร อิสระ(p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บ ข้อมูลซ้ำ(t) 3 ช่วงเวลา..... 33	33
4.12 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 60 ตัว แปรอิสระ(p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่ เก็บข้อมูลซ้ำ(t) 6 ช่วงเวลา..... 34	34

ตารางที่	หน้า
4.13	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 20และ 60 ตัวแปรอิสระ(p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) เท่ากับ 3 ช่วงเวลา โดยที่ตัวแปรตาม (y)มีอัตราสัมพันธ์ที่ 0.3 และ 0.8..... 38
4.14	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 20 และ 60 ตัวแปรอิสระ(p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) เท่ากับ 6 ช่วงเวลา โดยที่ตัวแปรตาม (y)มีอัตราสัมพันธ์ที่ 0.3 และ0.8..... 39
4.15	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 20 ตัวแปรอิสระ (x) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Rho (x)) 3 ระดับ ระยะเวลา ที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) 3 ช่วงเวลา โดยที่ตัวแปรตาม (y)มีความสัมพันธ์ที่ 0.3 และ0.8 40
4.16	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 20 ตัวแปรอิสระ (x) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Rho (x)) 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) 6ช่วงเวลา โดยที่ตัวแปรตาม (y)มีอัตราสัมพันธ์ที่ 0.3 และ 0.8..... 41
4.17	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 60 ตัวแปรอิสระ (x) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Rho (x)) 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) 3ช่วงเวลา โดยที่ตัวแปรตาม (y)มีอัตราสัมพันธ์ที่ 0.3 และ 0.8 42
4.18	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง(n)เท่ากับ 60 ตัวแปรอิสระ (x) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Rho (x)) 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) 6ช่วงเวลา โดยที่ตัวแปรตาม (y)มีอัตราสัมพันธ์ที่ 0.3 และ 0.8 43

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม..... ตัวแปรตาม (y) มีความสัมพันธ์ที่ 0.3	18
4.1	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 20 ตัวแปรอิสระ (p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) เท่ากับ 3 และ6 ช่วงเวลา.....	26
4.2	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบGeneralized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 60 ตัวแปร อิสระ (p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) เท่ากับ 3 และ6 ช่วงเวลา.....	26
4.3	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n)เท่ากับ 20 ตัวแปร อิสระ (p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บ ข้อมูลซ้ำ (t) 3 ช่วงเวลา.....	27
4.4	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n)เท่ากับ 20 ตัวแปร อิสระ (p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บ ข้อมูลซ้ำ (t) 6 ช่วงเวลา.....	27
4.5	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n)เท่ากับ 60 ตัวแปร อิสระ (p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บ ข้อมูลซ้ำ (t) 3 ช่วงเวลา.....	28
4.6	แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Modelและ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n)เท่ากับ 60 ตัวแปร อิสระ (p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บ ข้อมูลซ้ำ (t) 6 ช่วงเวลา.....	28

ภาพที่	หน้า
ตัวแปรตาม (y) มีความสัมพันธ์ที่ 0.8	
4.7 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 20 ตัวแปรอิสระ (p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) เท่ากับ 3 และ 6 ช่วงเวลา.....	35
4.8 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 60 ตัวแปรอิสระ (p) 1 ตัวแปร ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) เท่ากับ 3 และ 6 ช่วงเวลา.....	35
4.9 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 20 ตัวแปรอิสระ (p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) 3 ช่วงเวลา.....	36
4.10 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 20 ตัวแปรอิสระ (p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) 6 ช่วงเวลา.....	36
4.11 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 60 ตัวแปรอิสระ (p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) 3 ช่วงเวลา.....	37
4.12 แสดงค่าAMSE ของตัวแบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ที่มีขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 60 ตัวแปรอิสระ (p) 3 ตัวแปร ที่ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 3 ระดับ ระยะเวลาที่เก็บข้อมูลซ้ำ (t) 6 ช่วงเวลา.....	37
5.1 แสดงการเลือกใช้วิธีการประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบ Generalized Linear Model และ ตัวแบบ Generalized Estimating Equations ด้วยวิธีการประมาณพารามิเตอร์แบบ Quasi-Likelihood สำหรับข้อมูลระยะยาว.....	47