การประมาณค่าสหสัมพันธ์ภายในกลุ่มตัวอย่างของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

นางสาวลดาวัลย์ ศรีดาเดช

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ESTIMATION OF THE CORRELATION WITHIN A SAMPLE GROUP IN A GAUSSIAN COPULA PROBIT MODEL

Miss Ladawan Sridadej

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประมาณค่าสหสัมพันธ์ภายในกลุ่มตัวอย่างของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท
โดย	นางสาวลดาวัลย์ ศรีดาเดช
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรณพ ตันละมัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระพร วีระถาวร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.อัครินทร์ ไพบูลย์พานิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลดาวัลย์ ศรีดาเดช : การประมาณค่าสหสัมพันธ์ภายในกลุ่มตัวอย่างของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท. (ESTIMATION OF THE CORRELATION WITHIN A SAMPLE GROUP IN A GAUSSIAN COPULA PROBIT MODEL)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์, 114 หน้า.

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มตัวอย่างและค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทในกรณีที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร โดยใช้วิธีการประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยแบบ 2 ขั้น ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ค่าประมาณสหสัมพันธ์จะมีความเอนเอียงในทิศทางที่เป็นบวก โดยค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสหสัมพันธ์จะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น สำหรับค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์จริง โดยค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นและจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบผลของการประมาณค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทกับตัวแบบโพรบิท พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ดีกว่าตัวแบบโพรบิทเฉพาะบางกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต ลดาวัลย์ ศรีดาเดช
สาขาวิชา สถิติ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ปีการศึกษา 2552

5081872626 : MAJOR STATISTICS

KEYWORDS : PROBIT REGRESSION MODEL / GAUSSIAN COPULA / GAUSSIAN COPULA PROBIT MODEL

LADAWAN SRIDADEJ : ESTIMATION OF THE CORRELATION WITHIN A SAMPLE GROUP IN A GAUSSIAN COPULA PROBIT MODEL.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SEKSAN KIATSUPAIBUL, Ph.D., 114 pp.

The objective of this study is to estimate the correlation coefficient and the regression coefficients of the gaussian copula probit model, in case of one independent variable by two-step regression method. The results of this research are as follows:

The correlation coefficient estimator is positively biased, its mean squared error (MSE) decreases when the sample group size increases. The regression coefficient estimators of the gaussian copula probit model approximates to the parameter value well, and its mean squared error (MSE) varies directly to the correlation coefficient and inversely to sample group size. Moreover, when comparing the estimation of regression coefficients of the gaussian copula probit and the probit model, the results show that gaussian copula probit model generates better results in some cases.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Statistics Student's Signature ลดาวัลย์ ศรีดาเดช

Field of Study : Statistics Advisor's Signature

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนช่วยเหลือตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดีจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความรู้สึกซาบซึ้ง เคารพและสำนึกในพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระพร วีระถาวร, รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา, อาจารย์ ดร. อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี และอาจารย์ ดร.อัครินทร์ ไพบูลย์พานิช ประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การส่งเสริม สนับสนุนด้านทุนการศึกษา รวมทั้งให้ความรักและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ... ..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 2

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 4

1.7 เกณฑ์การตัดสินใจ..... 5

2 ทฤษฎีและสถิติที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 ตัวแบบโพรบิท..... 6

2.2 เกาซ์เซียนคอพพูลา..... 7

2.3 ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท..... 8

2.3.1 การประมาณด้วยวิธี two-step regression..... 11

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 12

3.1 แผนการดำเนินการวิจัย..... 12

3.2 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย..... 12

3.3 การจำลองข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย..... 13

3.4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดด้วยวิธี two-step regression..... 14

บทที่ หน้า

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 17

4.1 ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท..... 20

4.2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท..... 53

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 101

5.1 สรุปผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท..... 102

5.2 สรุปผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท..... 105

5.3 ข้อเสนอแนะ..... 107

รายการอ้างอิง..... 108

ภาคผนวก..... 109

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 114

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1.1.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=0.5$ 20

4.1.1.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=0.5$ 21

4.1.1.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1{,}080)$ กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=0.5$ 22

4.1.1.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1{,}440)$ กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=0.5$ 23

4.1.2.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=1$ 26

4.1.2.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=1$ 27

ตารางที่ หน้า

4.1.2.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1{,}080)$ กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=1$ 28

4.1.2.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1{,}440)$ กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=1$ 29

4.1.3.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับขจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=2$ 32

4.1.3.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=2$ 33

4.1.3.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1{,}080)$ กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=2$ 34

4.1.3.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1{,}440)$ กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=2$ 35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

4.1.4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=5$ 38

4.1.4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=5$ 39

4.1.4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1{,}080)$ กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=5$ 40

4.1.4.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1{,}440)$ กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=5$ 41

4.1.5.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=10$ 44

4.1.5.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=10$ 45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

4.1.5.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$ กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=10$ 46

4.1.5.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$ กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=10$ 47

4.2.1.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=0.5$ 54

4.2.1.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=0.5$ 56

4.2.1.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$ กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=0.5$ 58

4.2.1.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$ กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=0.5$ 60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

4.2.2.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=1$..... 63

4.2.2.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=1$..... 65

4.2.2.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1{,}080)$ กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=1$..... 67

4.2.2.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1{,}440)$ กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=1$..... 69

4.2.3.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=2$ 72

4.2.3.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=2$ 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

4.2.3.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$ กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=2$ 76

4.2.3.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$ กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=2$ 78

4.2.4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=5$ 81

4.2.4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=5$ 83

4.2.4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$ กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=5$ 85

4.2.4.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$ กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=5$ 87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

4.2.5.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$ กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=10$ 90

4.2.5.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n=720)$ กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=10$ 92

4.2.5.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1{,}080)$ กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=10$ 94

4.2.5.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1{,}440)$ กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0=-0.5$ และ $\beta_1=10$ 96

5.2.1 แสดงผลสรุปการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท..... 105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
แผนภาพที่ 3.2	แสดงขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	15
รูปที่ 4.1.1.1	แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48 กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$	24
รูปที่ 4.1.1.2	แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48 กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$	25
รูปที่ 4.1.1.3	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48 กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$	25
รูปที่ 4.1.2.1	แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48 กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$	30
รูปที่ 4.1.2.2	แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48 กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$	31
รูปที่ 4.1.2.3	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48 กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$	31

ภาพที่ หน้า

รูปที่ 4.1.3.1 แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$ 36

รูปที่ 4.1.3.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$ 37

รูปที่ 4.1.3.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$ 37

รูปที่ 4.1.4.1 แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$ 42

รูปที่ 4.1.4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$ 43

รูปที่ 4.1.4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$ 43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ หน้า

รูปที่ 4.1.5.1 แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$ 48

รูปที่ 4.1.5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$ 49

รูปที่ 4.1.5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$ 49

รูปที่ 4.2.1.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$ 62

รูปที่ 4.2.2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$ 71

รูปที่ 4.2.3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$ 80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ หน้า

รูปที่ 4.2.4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$ 89

รูปที่ 4.2.5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48
กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$ 98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเรียกได้ว่าเป็นยุคสารสนเทศซึ่งมีข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้องอย่างมากกับศาสตร์ต่างๆทุกแขนง ไม่ว่าจะเป็นทางด้านสังคมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ ธุรกิจ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะต้องอาศัยวิธีการทางสถิติมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี โดยการเลือกใช้วิธีการต่างๆจะต้องพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้และชนิดของข้อมูล ตัวอย่างเช่น ธนาคารต้องการพยากรณ์โอกาสที่ลูกค้าจะค้างชำระบัตรเครดิต จึงมีการจำแนกลูกค้า(ตัวแปรตาม) ออกเป็น 2 ประเภท คือ ลูกค้าที่ค้างชำระบัตรเครดิตและไม่ค้างชำระบัตรเครดิต ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยโพรบิท (Probit regression analysis) ถือเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้

การวิเคราะห์ความถดถอยโพรบิท (Probit regression analysis) มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์โอกาสหรือความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า ตัวแบบความถดถอยโพรบิท (Probit regression model) ที่สร้างขึ้นด้วยปัจจัยหรือตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม โดยตัวแปรตามจะต้องเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (Dichotomy or binary variable) ซึ่งมีเงื่อนไขว่าจะต้องมีการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีที่เป็นอิสระซึ่งกันและกัน นั่นคือ ตัวแปรตามในแต่ละค่าสังเกตไม่ได้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมกับตัวแปรตามในค่าสังเกตอื่น นั่นเอง

จากงานวิจัยของสันติและเสกสรร (2007) ได้ศึกษาการพยากรณ์มูลค่าความเสี่ยง (Credit Value at Risk: Credit VaR) ด้วยตัวแบบความถดถอยโลจิสติค พบว่า การประมาณมูลค่าความเสี่ยงด้วยตัวแบบความถดถอยโลจิสติค จะให้ค่าตัวประมาณที่ต่ำกว่าค่าพารามิเตอร์ที่ควรจะเป็น (Underestimate) ซึ่งความผิดปกตินี้สาเหตุอาจเป็นเพราะมีการระบุตัวแปรอิสระไว้ในตัวแบบยังไม่ครบถ้วนเพียงพอ จึงส่งผลต่อเงื่อนไขความเป็นอิสระของตัวแปรตาม ดังนั้นจึงทำให้ตัวแปรตามในแต่ละค่าสังเกตมีความสัมพันธ์กัน และจากปัญหานี้จึงนำไปสู่งานวิจัยของสุกัญญา บุญมา (2551) ได้ศึกษาตัวแบบความถดถอยโพรบิทแบบเกาซ์เซียนคอพพูลา โดยมีการนำเอาความสัมพันธ์เกาซ์เซียนคอพพูลาที่มีปัจจัยเดียวมาแก้ปัญหาข้างต้น ซึ่งตัวแบบดังกล่าวมีรูปแบบดังนี้

$$Y = 0 \qquad \text{ถ้า} \qquad Y^* \leq 0$$

$$Y = 1 \qquad \text{ถ้า} \qquad Y^* > 0$$

โดยที่ $Y^* = \beta_0 + \beta_1 X + e$

$e = \sqrt{\rho} Z + \sqrt{1-\rho}\varepsilon$

เมื่อ Z และ ε มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบความถดถอยโพรบิทแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาที่มีปัจจัยเดียว เมื่อทราบค่าปัจจัยคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน(Z) และมีการปรับค่าตัวประมาณด้วย $\sqrt{1-\rho}$ จะให้ผลของการประมาณที่ใกล้เคียงค่าพารามิเตอร์มากกว่ากรณีของตัวแบบความถดถอยโพรบิททั่วไป ซึ่งให้ค่าตัวประมาณทั้งที่ต่ำกว่าและสูงกว่าค่าพารามิเตอร์ที่ควรจะเป็น อีกทั้งยังพบว่า ตัวแบบโพรบิทคอพพูลา เมื่อทราบค่าปัจจัยคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน(Z) นี้ก็คือ ตัวแบบโพรบิท นั่นเอง

จากงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยได้ตั้งข้อสังเกตว่า ในความเป็นจริงเป็นไปได้ยากที่เราจะสามารถทราบค่าปัจจัยคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน(Z)ได้ จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดในตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท เมื่อไม่ทราบค่าปัจจัยคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน(Z)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่มตัวอย่างของตัวแบบเซียนคอพพูลาโพรบิท
2. เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ความถดถอยของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการวิเคราะห์ความถดถอยโพรบิทแบบเกาซ์เซียนคอพพูลา ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากการจำลอง(Simulation) โดยใช้โปรแกรม R ตามสถานการณ์ดังนี้

$i = 1,2,...,m$ และ $j = 1,2,...,n_i$

$n = \sum_{i=1}^{m} n_i$

เมื่อ i คือ กลุ่มตัวอย่างที่ i

j คือ จำนวนตัวอย่างที่ j ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

m คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

n_i คือ จำนวนตัวอย่างของกลุ่มที่ i

n คือ ขนาดตัวอย่างทั้งหมด

2. งานวิจัยนี้จะกำหนดให้ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท มีลักษณะของข้อมูลเป็นดังนี้
   - Y_{ij} คือ ตัวแปรตามของหน่วยตัวอย่างที่ j ในกลุ่มที่ i ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (Dichotomous) คือ 0 กับ 1 โดยให้แต่ละค่าสังเกตของตัวแปรตามในกลุ่มเดียวกันสัมพันธ์กันและเป็นอิสระกับตัวแปรตามในกลุ่มอื่น
   - x_{ij} คือ ตัวแปรอิสระของหน่วยตัวอย่างที่ j ในกลุ่มที่ i ซึ่งเป็นตัวแปรที่สามารถสังเกต (Observe) ค่าได้ ในงานวิจัยนี้จะสร้าง x_{ij} จากการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน
   - Z_i คือ ตัวแปรเกาซ์เซียนคอพพูลา (ตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน) ของกลุ่มตัวอย่างที่ i ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกต (Unobserve) ค่าได้ ในงานวิจัยนี้เราจะกำหนดให้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน คือ $Z_i \sim N(0,1)$
3. กำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5,1,2,5,10$ ตามลำดับ
4. กำหนดให้เกาซ์เซียนคอพพูลาสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ ณ ระดับต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ
5. จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48
6. จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม (n_i) คือ 30
7. กำหนดจำนวนการทดลองซ้ำในแต่ละสถานการณ์ คือ 1,000 รอบ

ข้อจำกัดของการวิจัย

. ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ที่ใช้ได้งานวิจัยนี้เป็นค่าบวกเท่านั้น ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $0 < \rho < 1$

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบความถดถอยโพรบิทแบบเกาซ์เซียนคอพพูลา ซึ่งเพิ่มเติมจากกรณีตัวแบบความถดถอยโพรบิทที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เพื่อเป็นแนวทางในการประมาณพารามิเตอร์ของความถดถอยโพรบิทแบบเกาซ์เซียนคอพพูลา สำหรับการพยากรณ์ตัวแปรตามที่สนใจ

3. สามารถนำมาเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาในกรณีที่ตัวแปรตามในแต่ละค่าสังเกตของตัวแบบความถดถอยโพรบิทมีความสัมพันธ์กัน อันเนื่องมาจากยังมีปัจจัยหรือตัวแปรอิสระบางตัวที่สัมพันธ์กับตัวแปรตามอยู่อีก

4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเปรียบเทียบตัวแบบสำหรับตัวแบบอื่นๆต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาตัวแบบความถดถอยโพรบิทและตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

2. หาฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ เมื่อทราบค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

3. หาฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ เมื่อเทราบค่าสหสัมพันธ์ (ρ) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

4. ทำการจำลองข้อมูลให้ตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (Dichotomous) คือ 0 กับ 1 โดยให้แต่ละค่าสังเกตของตัวแปรตามสัมพันธ์กันแบบเกาซ์เซียนคอพพูลา ด้วยค่าความสัมพันธ์ ρ ณ ระดับต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ

5. ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี two-step regression

6. ประมาณค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z) จากฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ เมื่อทราบค่าสหสัมพันธ์ (ρ)

7. ประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท คือ ประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท จากฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ เมื่อทราบค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z) ซึ่งได้จากการประมาณในหัวข้อที่ 6

8. สังเกตคุณสมบัติของตัวประมาณของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

9. เปรียบเทียบความถูกต้องของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท

10. สรุปผลการวิจัย

เกณฑ์การตัดสินใจ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้วยวิธี two-step regression ดังนั้นจะทำการสังเกตคุณสมบัติของตัวประมาณดังกล่าวโดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจ ดังต่อไปนี้

1. เกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

$$\begin{aligned} MSE(\hat{\rho}) &= E(\hat{\rho}-\rho)^2 \\ &= E(\hat{\rho}-E(\hat{\rho})+E(\hat{\rho})-\rho)^2 \\ &= E(\hat{\rho}-E(\hat{\rho}))^2+(E(\hat{\rho})-\rho)^2 \\ &= Var(\hat{\rho})+(bias(\hat{\rho}))^2 \end{aligned}$$

และ ค่าความเอนเอียงของตัวประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ

$$bias(\hat{\rho}) = E(\hat{\rho})-\rho$$

2. เกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย

$$MSE_i = \frac{1}{p+1}\sum_{j=0}^{p}\left(\hat{\beta}_{ij}-\beta_j\right)^2 = \frac{1}{2}\left(\left(\hat{\beta}_{i0}-\beta_0\right)^2+\left(\hat{\beta}_{i1}-\beta_1\right)^2\right)$$

$$MSE = \frac{1}{1{,}000}\sum_{i=1}^{1{,}000} MSE_i$$

เมื่อ $i = 1,2,...,1000$ และ $j = 0,1$

$\hat{\beta}_{ij}$ คือ ตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยตัวที่ j ของการทดลองซ้ำครั้งที่ i

MSE_i คือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการทดลองซ้ำครั้งที่ i

MSE คือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการทดลองซ้ำทั้งหมด 1,000 รอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและสถิติที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

2.1 Probit regression

วัตถุประสงค์หลักของ Probit regression คือ การมุ่งหาตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ซึ่งเมื่อได้ตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแล้ว จะสามารถนำไปพยากรณ์โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่หน่วยตัวอย่างจะอยู่ในกลุ่มที่สนใจได้

ลักษณะทางด้านข้อมูลของเทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอยแบบโพรบิท มีความต้องการทางด้านข้อมูลดังนี้

- ตัวแปรอิสระ อาจจะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณหรือตัวแปรเชิงคุณภาพหรืออาจจะมีทั้งตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงคุณภาพก็ได้
- ตัวแปรตามสำหรับโพรบิท เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าตัวแปรหุ่น (Dummy variable) ที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1

เนื่องจากตัวแปรตาม (Y) มีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ 0 และ 1 ดังนั้นจึงมีการแจกแจงแบบเบอร์นูลลี (Bernoulli distribution) ดังนี้

$$P(Y=y)=p^{y}(1-p)^{1-y} \quad ; \quad y=0,1$$

สำหรับหน่วยตัวอย่างที่ i จะได้ว่า

$$P(Y_i=y_i)=p^{y_i}(1-p)^{1-y_i} \quad ; \quad y_i=0,1 \qquad (1)$$

จากสมการ (1) เมื่อ $y_i=0$ จะได้

$$P(Y_i=0)=p^{0}(1-p)^{1-0}=1-p=P \text{ (ไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ)}$$

และเมื่อ $y_i=1$ จะได้

$$P(Y_i=1)=p^{1}(1-p)^{1-1}=p=P \text{ (เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ)}$$

ซึ่ง $0\le p\le 1$

ดังนั้น Probit model สามารถเขียนให้อยู่ในรูป

$$probit(p)=\Phi^{-1}(p)=\mathbf{X_i'\beta}=\eta \qquad (2)$$

โดย $p = \Phi\left(\mathbf{X_i'\beta}\right)$

$$= \Phi(\eta)$$

$$= \int_{-\infty}^{\eta} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt = \int_{-\infty}^{\eta} \phi(t) dt \quad \text{เมื่อ} \quad \phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)$$

จากสมการที่(2) พบว่า การแปลงดังกล่าว จะทำให้เราได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรและการวิเคราะห์ความถดถอยซึ่งอาศัยการแปลงดังกล่าวนี้เรียกว่า การวิเคราะห์ความถดถอยโพรบิท (Probit regression)

วิธีการประมาณแบบจำลองโพรบิท จะใช้การประมาณด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation) โดยรูปแบบฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood function) ดังนี้

$$L(\boldsymbol{\beta}) = \prod_{i}^{n} \Phi\left(\mathbf{X_i'\beta}\right)^{Y_i} \left[1 - \Phi\left(\mathbf{X_i'\beta}\right)\right]^{1-Y_i}$$

$$\ln L(\boldsymbol{\beta}) = \sum_{i}^{n} \left\{Y_i \ln \Phi\left(\mathbf{X_i'\beta}\right) + (1 - Y_i) \ln\left(1 - \Phi\left(\mathbf{X_i'\beta}\right)\right)\right\}$$

และสามารถหาค่าพารามิเตอร์ของสัมประสิทธิ์การถดถอย $\boldsymbol{\beta}' = (\beta_0, \beta_1, ..., \beta_k)$ โดยการหาค่า First order condition ของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น โดยกำหนด

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}_\mathbf{k}} = 0 \ , \qquad k = 0,1,...,K$$

และสามารถแก้สมการหาค่า First order condition ของแบบจำลองโพรบิท ได้ว่า

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}} = \mathbf{U}(\boldsymbol{\beta}) = \sum_{y_i=0} -\left(\phi_i / (1 - \Phi_i)\right)\mathbf{X_i} + \sum_{y_i=1} \left(\phi_i / \Phi_i\right)\mathbf{X_i} = 0$$

เมื่อ ϕ_i คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ

Φ_i คือ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ

2.2 Gaussian copula

Copula เป็นฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของตัวแปรสุ่ม n ตัว โดยมีการแจกแจงส่วนริม (Marginal distribution) เป็นการแจงแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform distribution) บนช่วง $[0,1]$ นั่นคือ $C : [0,1]^n \to [0,1]$

Gaussion copula $\left(C_\Sigma^{Ga}\right)$ นิยามโดย

$$C_\Sigma^{Ga}(u) = C_\Sigma^{Ga}(u_1, u_2, ..., u_n) = \Phi_\Sigma^n\left(\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u)_2, ..., \Phi^{-1}(u_n)\right)$$

โดยที่

$\sum$ คือ เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Φ_{Σ}^{n} คือ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน n ตัว ที่มีเมตริกซ์สหสัมพันธ์ $\sum$

Φ^{-1} คือ ตัวผกผันของแจกแจงสะสมของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน 1 ตัว (Univariate standard normal)

$C_{\Sigma}^{Ga}(u)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของเกาซ์เซียนคอพพูลา ซึ่ง $u_i \sim U(0,1)$ เมื่อ $i = 1,2,...,n$ อีกในหนึ่ง ตัวแบบ Gaussion copula คือ ตัวแบบของตัวแปรสุ่มแบบสม่ำเสมอบนช่วง $[0,1]$ ที่มีโครงสร้างความสัมพันธ์เหนี่ยวนำโดยโครงสร้างความสัมพันธ์แบบปกติหลายมิติ (หลายตัวแปร)

- สำหรับกรณีเกาซ์เซียนคอพพูลา 2 ตัวแปร นิยามดังนี้

$$C_{\rho}^{Ga}(u_1,u_2) = \Phi_{\rho}\left(\Phi^{-1}(u_1),\Phi^{-1}(u_2)\right)$$
$$= \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(u_2)}\int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(u_1)} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}}\exp\left(-\frac{s^2-2\rho st+t^2}{2(1-\rho^2)}\right)dsdt$$

- สำหรับกรณีตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาแบบปัจจัยเดียว มีรูปแบบดังนี้

$$X_i = \sqrt{\rho}Z + \sqrt{1-\rho}\varepsilon_i \qquad ;i = 1,2,...,n$$
$$U_i = \Phi(X_i)$$

ดังนั้น c.d.f. ของ U_i คือ $C_{\Sigma}^{Ga}(u) = \Phi_{\Sigma}^{n}\left(\Phi^{-1}(u_1),\Phi^{-1}(u)_2,...,\Phi^{-1}(u_n)\right)$

โดยให้ $\tilde{\rho} = \Sigma = \begin{bmatrix} 1 & \rho & \cdots & \rho \\ \rho & 1 & \cdots & \rho \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \rho & \rho & \cdots & 1 \end{bmatrix}$ เมื่อ ρ มีค่าเป็นบวก

2.3 **ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท** (Gaussion copula probit model)

ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทเป็นตัวแบบความถดถอยโพรบิทที่นำความสัมพันธ์แบบเกาซ์เซียนคอพพูลาเข้ามาประกอบการพิจารณา กล่าวคือ เป็นตัวแบบที่ตัวแปรตามในแต่ละค่าสังเกตมีความสัมพันธ์กันด้วยเกาซ์เซียนคอพพูลา ซึ่งเป็นดังนี้

$$Y_{ij} = 0 \qquad \text{ถ้า} \qquad Y_{ij}^{*} \le 0$$
$$Y_{ij} = 1 \qquad \text{ถ้า} \qquad Y_{ij}^{*} > 0$$

โดยที่ $Y_{ij}^{*} = \beta_{0i} + \beta_{1i} x_{ij} + e_{ij}$

และ $e_{ij} = \sqrt{\rho} Z_i + \sqrt{1-\rho}\varepsilon_{ij}$

ซึ่งจะกำหนดให้ $\beta_{01} = \beta_{02} = ... = \beta_{0m} = \beta_0$ และ $\beta_{11} = \beta_{12} = ... = \beta_{1m} = \beta_1$

และให้ $Z_i \overset{iid}{\sim} N(0,1)$ และ $\varepsilon_{ij} \overset{iid}{\sim} N(0,1)$

โดยที่ $i = 1,2,...,m$ และ $j = 1,2,...,n_i$

เมื่อ m คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

n_i คือ จำนวนขนาดตัวอย่าง ในกลุ่มที่ i (ซึ่งให้ $n_1 = n_2 = ... = n_m = 30$)

n คือ จำนวนขนาดตัวอย่างทั้งหมด ; $n = \sum_{i=1}^{m} n_i$

ตัวแบบดังกล่าวจัดอยู่ในตัวแบบ frailty model (อ้างอิง)

จากงานวิจัยของสุกัญญา บุญมา(2551) พบว่า หากกำหนดเงื่อนไขว่าค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z_i) เป็นตัวแปรที่ทราบค่า จะได้ว่าโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเมื่อทราบค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z_i) เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} P(Y_{ij} = 1 \mid z_i) &= P(Y_{ij}^{*} > 0 \mid z_i) \\ &= P(\beta_0 + \beta_1 x_{ij} + e_{ij} > 0) \\ &= P(\beta_0 + \beta_1 x_{ij} + \sqrt{\rho} z_i + \sqrt{1-\rho}\varepsilon_{ij} > 0) \\ &= P\left(\varepsilon_{ij} > -\left(\frac{\beta_0 + \beta_1 x_{ij} + \sqrt{\rho} z_i}{\sqrt{1-\rho}}\right)\right) \end{aligned}$$

เนื่องจาก $\varepsilon_{ij} \sim N(0,1)$ ซึ่งมีความสมมาตร

$$= P\left(\varepsilon_{ij} < \left(\frac{\beta_0 + \beta_1 x_{ij} + \sqrt{\rho} z_i}{\sqrt{1-\rho}}\right)\right)$$

$$= \Phi\left(\frac{\beta_0 + \beta_1 x_{ij} + \sqrt{\rho} z_i}{\sqrt{1-\rho}}\right) \qquad (3)$$

$$= \Phi\left(\beta_0^{*} + \beta_1^{*} x_{ij} + z_i \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}}\right) \qquad (4)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$= \Phi\left(\beta_1^* x_{ij} + \left(z_i + \beta_0^* \sqrt{\frac{1-\rho}{\rho}} \right) \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}} \right)$$

$$= \Phi\left(\beta_1^* x_{ij} + \left(z_i + \beta_0^{**} \right) \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}} \right) \quad (5)$$

โดยที่ $\beta_0^* = \frac{\beta_0}{\sqrt{1-\rho}}, \beta_1^* = \frac{\beta_1}{\sqrt{1-\rho}}$ และ $\beta_0^{**} = \beta_0^* \sqrt{\frac{1-\rho}{\rho}} = \frac{\beta_0}{\sqrt{\rho}}$

แต่เนื่องจากปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลา (Z_i) เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกตค่าได้ ดังนั้นจะพบว่าโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ (ซึ่งจะสอดคล้องกับสมการที่(5)) เป็นดังนี้

$$P(Y_{ij} = 1) = \Phi\left(\beta_1^* x_{ij} + \left(z_i + \beta_0^{**} \right) \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}} \right)$$

$$P(Y_{ij} = 1) = \Phi\left(\beta_1^* x_{ij} + z_i^* \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}} \right) \quad (6)$$

$$P(Y_{ij} = 1) = \Phi\left(\beta_1^* x_{ij} + u_i \right) \quad (7)$$

เมื่อ $\beta_1^* = \frac{\beta_1}{\sqrt{1-\rho}}$, $u_i = z_i^* \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}}$ และ $z_i^* = \left(z_i + \beta_0^{**} \right) = \left(z_i + \frac{\beta_0}{\sqrt{\rho}} \right)$

<u>ข้อสังเกต</u>

1) เมื่อทราบค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z_i) จากสมการที่ (4) คือตัวแบบโพรบิท

2) จากสมการที่ (7) เป็นตัวแบบโพรบิท โดยมี u_i เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณ

สมการที่ (4) ; $P(Y_{ij} = 1 | z_i) = \Phi\left(\beta_0^* + \beta_1^* x_{ij} + z_i \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}} \right) = p_{ij}$ $;0 < p_{ij} < 1$

จะเห็นว่าเมื่อทราบค่าปัจจัยคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z_i) จะส่งผลให้เกิดความเป็นอิสระกันของข้อมูล ดังนั้นตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทเมื่อทราบค่าปัจจัยคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z_i) ก็คือ ตัวแบบโพรบิท นั่นเอง

ดังนั้น $Y_{ij} | Z_i \sim ber(p_{ij})$

โดยฟังก์ชันความหนาแน่น คือ $f_{Y_{ij}|Z_i}(y_{ij} | z_i) = f(y_{ij} | z_i) = p_{ij}^{y_{ij}} (1 - p_{ij})^{1-y_{ij}}$ (8)

และมีฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น (Likelihood function) เมื่อข้อมูลครบถ้วน เป็นดังนี้

$$L(\beta_0^*, \beta_1^*, \rho | D) = \prod_i^m \prod_j^{n_i} f(y_{ij} | z_i) \quad ; y_{ij} = 0,1 \quad (9)$$

เมื่อให้ $D=\{x_{ij},z_i,y_{ij}\}_{i=1,2,...,m;\,j=1,2,...,n_i}$ และ $D_{obs}=\{x_{ij},y_{ij}\}_{i=1,2,...,m;\,j=1,2,...,n_i}$ แต่เนื่องจากฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น (Likelihood function) ของพารามิเตอร์ทั้งหมด $(\beta_0^*,\beta_1^*,\rho)$ จะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่สังเกต (Observe) ได้ คือ $D_{obs}=\{x_{ij},y_{ij}\}_{i=1,2,...,m;\,j=1,2,...,n_i}$ เพราะในความเป็นจริงเป็นไปได้ยากที่เราจะสามารถสังเกตค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z_i) ได้ ดังนั้นจะทำการอินทิเกรตเพื่อเอาตัวแปรนี้ออกจากสมการที่ (8) และได้ฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น (Likelihood function) สำหรับข้อมูลที่สังเกต (Observe) ได้ เป็นดังนี้

$$L(\beta_0^*,\beta_1^*,\rho\mid D_{obs})=\prod_i^m\prod_j^{n_i}\int f(y_{ij}\mid z_i)g(z_i)dZ_i$$

$$=\prod_j^{n_1}\int f(y_{1j}\mid z_1)g(z_1)dZ_1\times\ldots\times\prod_j^{n_m}\int f(y_{mj}\mid z_m)g(z_m)dZ_m$$

จาก $Z_i\sim N(0,1)$ จะได้ $g(z_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{z_i}{2}^2\right)$

และ $Y_{ij}\mid Z_i\sim ber(p_{ij})$ จะได้ $f(y_{ij}\mid z_i)=p_{ij}{}^{y_{ij}}(1-p_{ij})^{1-y_{ij}}=(\Phi(\eta_{ij}))^{y_{ij}}(1-\Phi(\eta_{ij}))^{1-y_{ij}}$

โดยที่ $\eta_{ij}=\beta_0^*+\beta_1^*x_{ij}+\sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}}z_i$

และ $\Phi(\eta_{ij})=\int_{-\infty}^{\eta_{ij}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{\varepsilon_{ij}}{2}^2\right)d\varepsilon_{ij}$

เนื่องจากการอินทิเกรตมีความซับซ้อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการประมาณพารามิเตอร์ทั้งหมด ด้วยวิธีต่อไปนี้

2.3.1 การประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี two-step regression

ขั้นที่ 1 ประมาณ u_i สำหรับ $i=1,2,...,m$ ของตัวแบบโพรบิท โดยใช้สมการที่ (7)

ขั้นที่ 2 นำค่าประมาณปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาที่ได้จากขั้นที่ 1 ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์ความถดถอย โดยใช้สมการที่ (4)

<u>หมายเหตุ</u> (จะกล่าวโดยละเอียดในบทที่ 3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท เมื่อไม่ทราบค่าปัจจัยคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z) ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากการจำลอง(Simulation) ด้วยโปรแกรม R โดยจะครอบคลุมลักษณะศึกษาและการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้จำลองข้อมูลขึ้น โดยกำหนดสถานการณ์จำลองต่างๆของการวิเคราะห์ความถดถอยโพรบิทแบบเกาซ์เซียนคอพพูลา ดังต่อไปนี้

3.1.1 ตัวแปรตาม (Y) เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (Dichotomous) คือ 0 กับ 1 โดยให้แต่ละค่าสังเกตของตัวแปรตามสัมพันธ์กันด้วยเกาซ์เซียนคอพพูลา

3.1.2 ตัวแปรอิสระ (x) จำนวน 1 ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรที่สามารถสังเกต (Observe) ค่าได้ โดยจะสร้างจากการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

3.1.3 ปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z) เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกต (Unobserve) ค่าได้ โดยจะกำหนดให้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

3.1.4 กำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5,1,2,5,10$ ตามลำดับ

3.1.5 กำหนดให้เกาซ์เซียนคอพพูลาสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ ณ ระดับต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ

3.1.6 จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48

3.1.7 จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม (n_i) คือ 30

3.1.8 กำหนดจำนวนการทดลองซ้ำในแต่ละสถานการณ์ คือ 1,000 รอบ

3.2 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 ศึกษาตัวแบบความถดถอยโพรบิทและตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

3.2.2 หาฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ เมื่อทราบค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

3.2.3 หาฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ เมื่อเทราบค่าสหสัมพันธ์(ρ) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

3.2.4 ทำการจำลองข้อมูลให้ตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (Dichotomous) คือ 0 กับ 1 โดยให้แต่ละค่าสังเกตของตัวแปรตามสัมพันธ์กันแบบเกาซ์เซียนคอพพูลา ด้วยค่าความสัมพันธ์ ρ ณ ระดับต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ

3.2.5 ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดด้วยวิธี two-step regression

3.2.6 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการวิจัย

(จากหัวข้อที่ 3.2.1 - 3.2.3 ได้กล่าวโดยละเอียดในบทที่ 2 ส่วนหัวข้ออื่นๆที่เหลือ คือ หัวข้อที่ 3.2.4 - 3.2.5 จะขอกล่าวโดยละเอียด ดังต่อไปนี้)

3.3 การจำลองข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 สร้างตัวแปรตามให้มีความสัมพันธ์แบบเกาซ์เซียนคอพพูลา ดังนี้

$$Y_{ij} = 0 \quad \text{ถ้า} \quad Y_{ij}^{*} \le 0$$
$$Y_{ij} = 1 \quad \text{ถ้า} \quad Y_{ij}^{*} > 0$$

โดยที่ $Y_{ij}^{*} = \beta_{0i} + \beta_{1i} x_{ij} + e_{ij}$

$$e_{ij} = \sqrt{\rho} Z_i + \sqrt{1-\rho}\varepsilon_{ij}$$

และให้ $Z_i \sim N(0,1)$ และ $\varepsilon_{ij} \sim N(0,1)$

เมื่อ $i = 1,2,...,m$ และ $j = 1,2,...,n_i$

3.3.2 สร้างตัวแปรตามให้สัมพันธ์แบบเกาซ์เซียนคอพพูลาด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆคือ 0.1,0.2,…,0.9 ตามลำดับ

3.3.3 สร้างตัวแปรอิสระ(x_{ij}) จำนวน 1 ตัวแปร ให้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

3.3.4 กำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง(m) คือ 12,24,36 และ 48

3.3.5 กำหนดจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม(n_i) คือ 30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.6 กำหนดให้พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ความถดถอยในแต่ละกลุ่มเท่ากัน คือ

$$\beta_{01} = \beta_{02} = ...\beta_{0m} = \beta_0 \quad \text{และ} \quad \beta_{11} = \beta_{12} = ...\beta_{1m} = \beta_1$$

3.3.7 กำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5,1,2,5,10$ ตามลำดับ

3.4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด ด้วยวิธี two-step regression

ขั้นที่ 1 ประมาณ u_i สำหรับ $i = 1,2,...,m$ ของตัวแบบโพรบิท โดยใช้สมการที่ (7) คือ

$$P(Y_{ij} = 1) = \Phi(\beta_1^* x_{ij} + u_i)$$

สังเกตว่า $\hat{z}_i^* \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}} = \hat{u}_i$ และเนื่องจากในงานวิจัยนี้กำหนดให้ปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลา มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน คือ $Z_i \sim N(0,1)$

สมมติ $$U = Z^* \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}} = \left(Z + \frac{\beta_0}{\sqrt{\rho}} \right) \sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}} \qquad (10)$$

โดย $Z \sim N(0,1)$

จึงได้ $U \sim N\left(\frac{\beta_0}{\sqrt{1-\rho}}, \frac{\rho}{1-\rho} \right)$

จาก (10) จะได้ $Z = \frac{U - E(U)}{sd(U)}$

ดังนั้น ปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาสามารถประมาณ ได้ดังนี้

$$\hat{z}_i = \frac{\hat{u}_i - \bar{u}}{sd_{\hat{u}}} \qquad (11)$$

โดย $\bar{u}$ คือ ค่าเฉลี่ยของ $\hat{u}_i$

$sd_{\hat{u}}$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $\hat{u}_i$

จากสมการที่ (11) เมื่อสามารถหาค่าประมาณปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลา $(\hat{z}_i)$ ได้แล้ว จะนำไปใช้ในขั้นที่ 2 ต่อไป เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์ความถดถอย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นที่ 2 นำค่าประมาณปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลา $(\hat{z}_i)$ ที่ได้จากขั้นที่ 1 ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์ความถดถอย โดยใช้สมการที่ (4) คือ

$$P(Y_{ij}=1 \mid z_i)=\Phi\left(\beta_0^{*}+\beta_1^{*}x_{ij}+\hat{z}_i\sqrt{\frac{\rho}{1-\rho}}\right)$$

โดย $\hat{z}_i$ เป็นค่าประมาณของ z_i

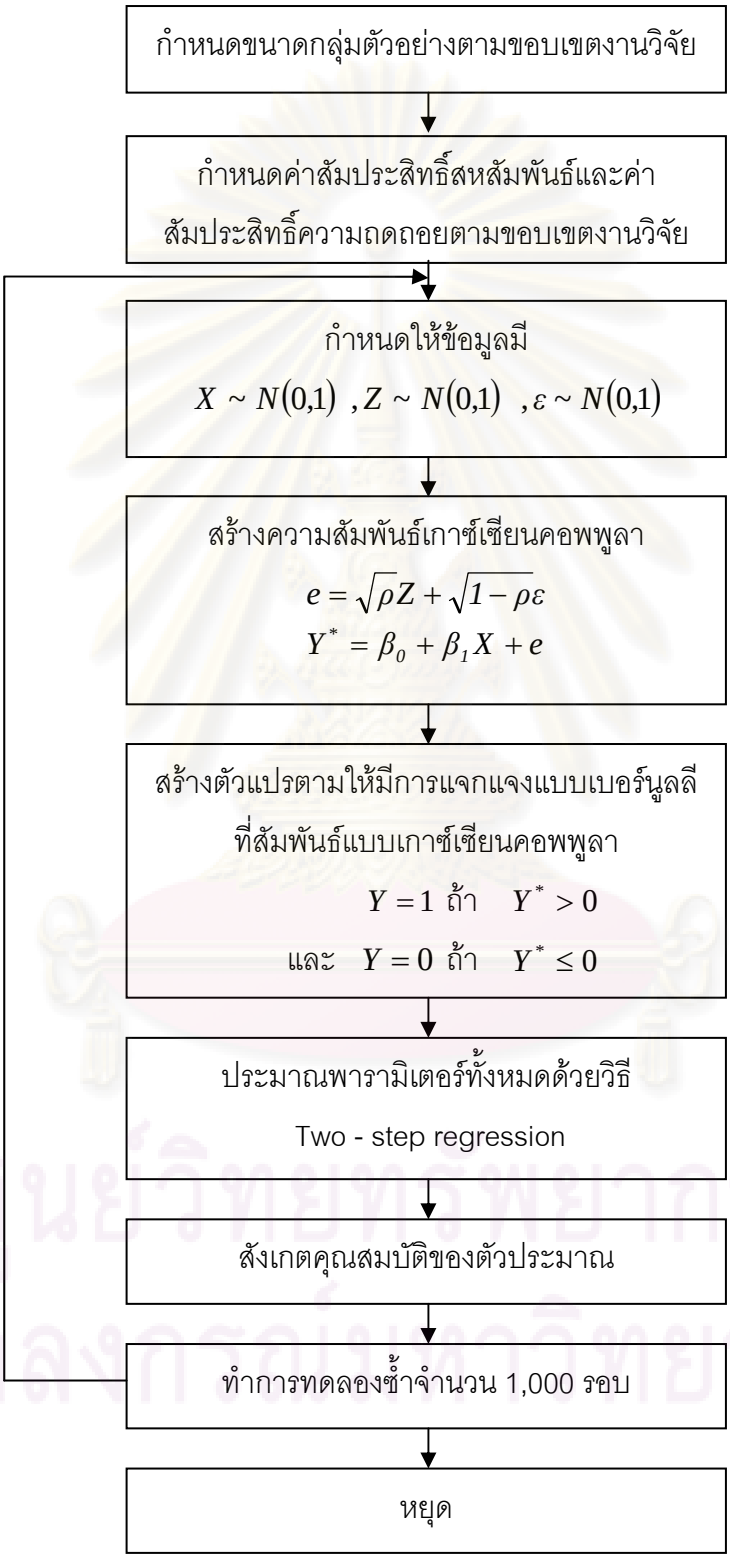
เมื่อ $\beta_0^{*}=\frac{\beta_0}{\sqrt{1-\rho}}$ และ $\beta_1^{*}=\frac{\beta_1}{\sqrt{1-\rho}}$

3.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทแล้ว จะนำผลการทดลองที่ได้มาสรุปในรูปแบบตารางและรูปภาพ เพื่อแสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาในแต่ละกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 3.2 **แสดงขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย**



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท เมื่อไม่ทราบค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z) เพื่อทำการสังเกตคุณสมบัติของตัวประมาณ ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากการจำลอง(Simulation) ด้วยโปรแกรม R โดยจะแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1. แสดงผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท
2. แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท

โดยคุณสมบัติของตัวประมาณดังกล่าวจะใช้เกณฑ์การตัดสินใจ 3 เกณฑ์ คือ เกณฑ์ในการวัดค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อพิจารณาว่าค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีคุณสมบัติของความเอนเอียงหรือไม่และทิศทางใด เกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) เนื่องจากค่าดังกล่าวจะเป็นการพิจาณาคุณภาพของตัวประมาณในภาพรวม คือ จะพิจารณาทั้งความแปรปรวนและค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าระดับความสัมพันธ์และจำนวนกลุ่มข้อมูลใดในแต่ละกรณีศึกษาที่ทำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์มากที่สุด และเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย ซึ่งจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าระดับความสัมพันธ์และจำนวนกลุ่มข้อมูลใดในแต่ละกรณีศึกษาที่ทำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์มากที่สุด อีกทั้งเพื่อใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบว่าตัวแบบใดระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทในแต่ละกรณีศึกษาที่ทำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์มากที่สุด

การวิจัยนี้จะนำเสนอผลการวิเคราะห์ในแต่ละกรณีศึกษา แยกตามวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย 2 ประเด็น ดังนี้

4.1 แสดงผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ในแต่ละกรณีศึกษา ดังนี้

4.1.1 กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

4.1.2 กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

4.1.3 กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

4.1.4 กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

4.1.5 กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท ในแต่ละกรณีศึกษา ดังนี้

4.1.1 กรณีศึกษาที่ 1 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

4.1.2 กรณีศึกษาที่ 2 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

4.1.3 กรณีศึกษาที่ 3 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

4.1.4 กรณีศึกษาที่ 4 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

4.1.5 กรณีศึกษาที่ 5 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ

การนำเสนอผลการวิจัยจะแสดงในรูปแบบของตารางพร้อมการอธิบายผลการวิจัยในแต่ละกรณีศึกษาที่เปลี่ยนไปตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง และแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48 พร้อมการอธิบายผลในแต่ละกรณีศึกษา อีกทั้งแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48 พร้อมการอธิบายผลในแต่ละกรณีศึกษา โดยการนำเสนอผลการวิจัยจะจำแนกตามวัตถุประสงค์หลัก ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>วัตถุประสงค์ที่</u> 4.1 แสดงผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

4.1.1 **กรณีศึกษาที่** 1 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.1.1.1 – 4.1.1.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1.1.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n = 360)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.166	0.087	0.066	0.012
0.2	0.278	0.138	0.078	0.025
0.3	0.406	0.188	0.106	0.047
0.4	0.530	0.200	0.130	0.057
0.5	0.649	0.190	0.149	0.058
0.6	0.750	0.160	0.150	0.048
0.7	0.831	0.117	0.131	0.031
0.8	0.893	0.073	0.093	0.014
0.9	0.942	0.037	0.042	0.003

จากตารางที่ 4.1.1.1 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.6$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง

ตารางที่ 4.1.1.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean $(\hat{\rho})$	sd $(\hat{\rho})$	bias $(\hat{\rho})$	MSE $(\hat{\rho})$
0.1	0.172	0.078	0.072	0.011
0.2	0.297	0.130	0.097	0.026
0.3	0.444	0.165	0.144	0.048
0.4	0.583	0.161	0.183	0.059
0.5	0.703	0.132	0.203	0.059
0.6	0.791	0.099	0.191	0.046
0.7	0.858	0.064	0.158	0.029
0.8	0.908	0.037	0.108	0.013
0.9	0.947	0.019	0.047	0.003

จากตารางที่ 4.1.1.2 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้งและจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง

ตารางที่ 4.1.1.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n = 1{,}080)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.172	0.070	0.072	0.010
0.2	0.306	0.128	0.106	0.028
0.3	0.450	0.150	0.150	0.045
0.4	0.590	0.140	0.190	0.056
0.5	0.708	0.114	0.208	0.056
0.6	0.798	0.075	0.198	0.045
0.7	0.863	0.045	0.163	0.029
0.8	0.910	0.028	0.110	0.013
0.9	0.948	0.014	0.048	0.003

จากตารางที่ 4.1.1.3 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง

ตารางที่ 4.1.1.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n = 1{,}440)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

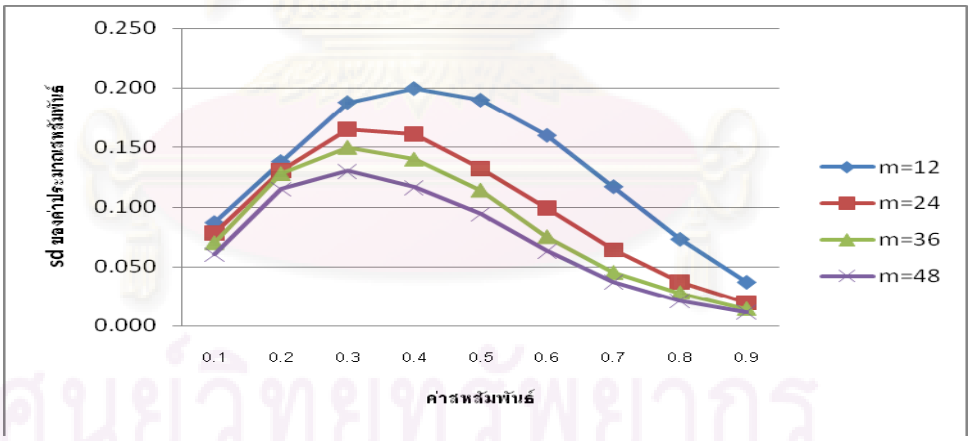
ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.171	0.060	0.071	0.009
0.2	0.311	0.115	0.111	0.025
0.3	0.462	0.130	0.162	0.043
0.4	0.611	0.116	0.211	0.058
0.5	0.717	0.094	0.217	0.056
0.6	0.803	0.063	0.203	0.045
0.7	0.866	0.037	0.166	0.029
0.8	0.912	0.021	0.112	0.013
0.9	0.950	0.011	0.050	0.003

จากตารางที่ 4.1.1.4 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้งและจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง

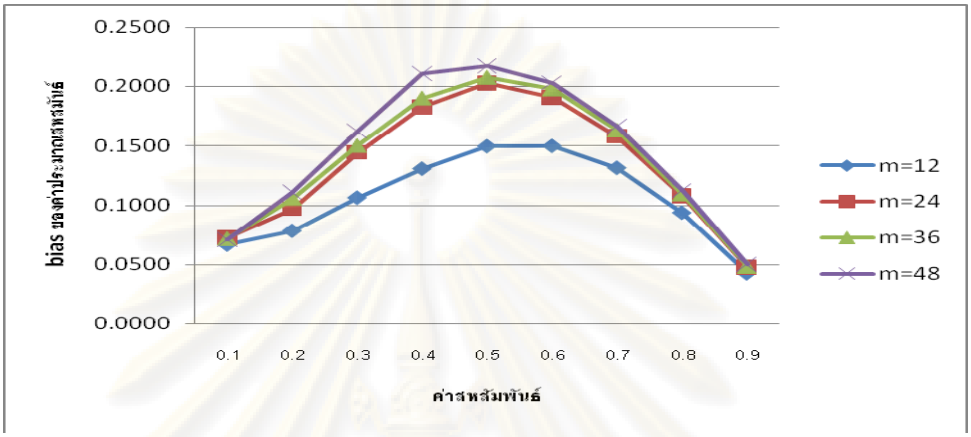
จากตารางที่ 4.1.1.1 - 4.1.1.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังรูปที่ 4.1.1.1 – 4.1.1.3 ดังต่อไปนี้

รูปที่ 4.1.1.1 แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



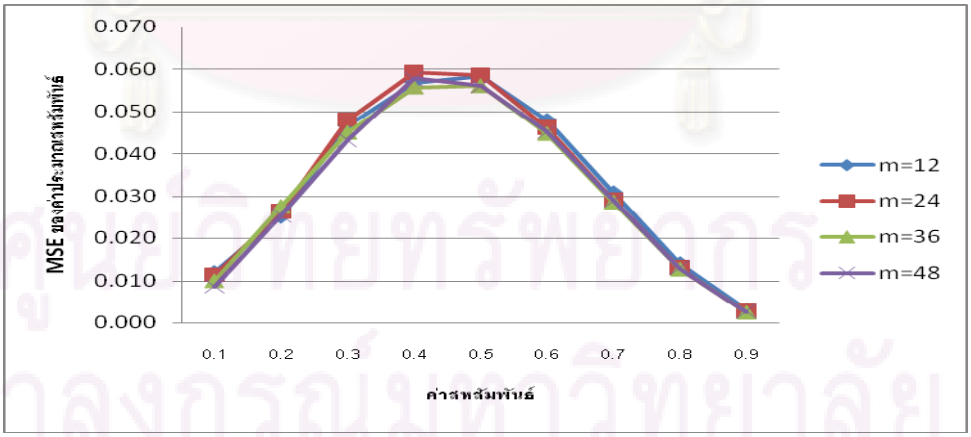
จากรูปที่ 4.1.1.1 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะเป็นรูปโค้งคว่ำเบ้ขวา

รูปที่ 4.1.1.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.1.2 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะเป็นรูปโค้งคว่ำ

รูปที่ 4.1.1.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.1.3 พบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะที่ซ้อนทับกัน ไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะเป็นรูปโค้งคว่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 **กรณีศึกษาที่** 2 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.1.2.1 – 4.1.2.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1.2.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n = 360)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.172	0.067	0.072	0.010
0.2	0.269	0.101	0.069	0.015
0.3	0.369	0.129	0.069	0.021
0.4	0.466	0.143	0.066	0.025
0.5	0.567	0.150	0.067	0.027
0.6	0.665	0.143	0.065	0.025
0.7	0.756	0.122	0.056	0.018
0.8	0.843	0.091	0.043	0.010
0.9	0.924	0.049	0.024	0.003

จากตารางที่ 4.1.2.1 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลง

ค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

ตารางที่ 4.1.2.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.175	0.054	0.075	0.008
0.2	0.276	0.081	0.076	0.012
0.3	0.377	0.101	0.077	0.016
0.4	0.486	0.121	0.086	0.022
0.5	0.592	0.123	0.092	0.024
0.6	0.690	0.111	0.090	0.020
0.7	0.784	0.087	0.084	0.015
0.8	0.863	0.058	0.063	0.007
0.9	0.933	0.028	0.033	0.002

จากตารางที่ 4.1.2.2 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ

ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE)ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

ตารางที่ 4.1.2.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n = 1{,}080)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.173	0.044	0.073	0.007
0.2	0.278	0.079	0.078	0.012
0.3	0.381	0.099	0.081	0.016
0.4	0.495	0.114	0.095	0.022
0.5	0.604	0.112	0.104	0.023
0.6	0.702	0.097	0.102	0.020
0.7	0.790	0.073	0.090	0.013
0.8	0.866	0.048	0.066	0.007
0.9	0.934	0.023	0.034	0.002

จากตารางที่ 4.1.2.3 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอน

เอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

ตารางที่ 4.1.2.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n = 1{,}440)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

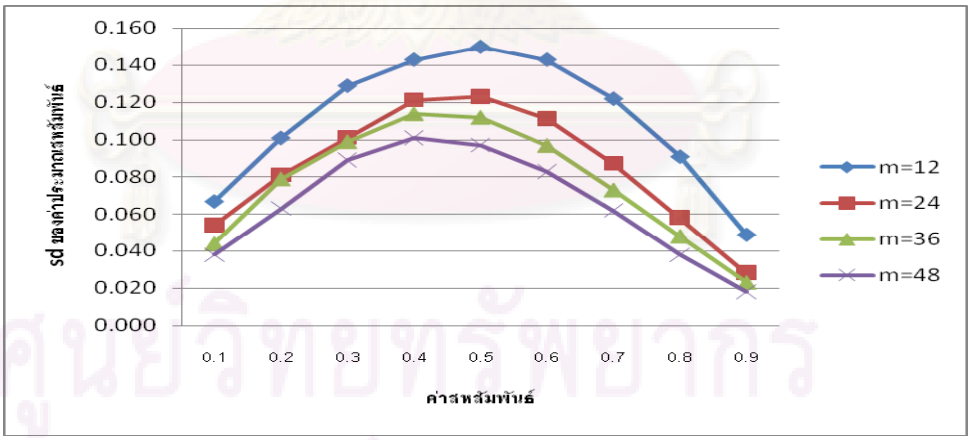
ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.173	0.038	0.073	0.007
0.2	0.275	0.063	0.075	0.010
0.3	0.386	0.089	0.086	0.015
0.4	0.498	0.101	0.098	0.020
0.5	0.610	0.097	0.110	0.021
0.6	0.710	0.083	0.110	0.019
0.7	0.795	0.062	0.095	0.013
0.8	0.869	0.038	0.069	0.006
0.9	0.935	0.018	0.035	0.002

จากตารางที่ 4.1.2.4 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

เมื่อเมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยที่ค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE)ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

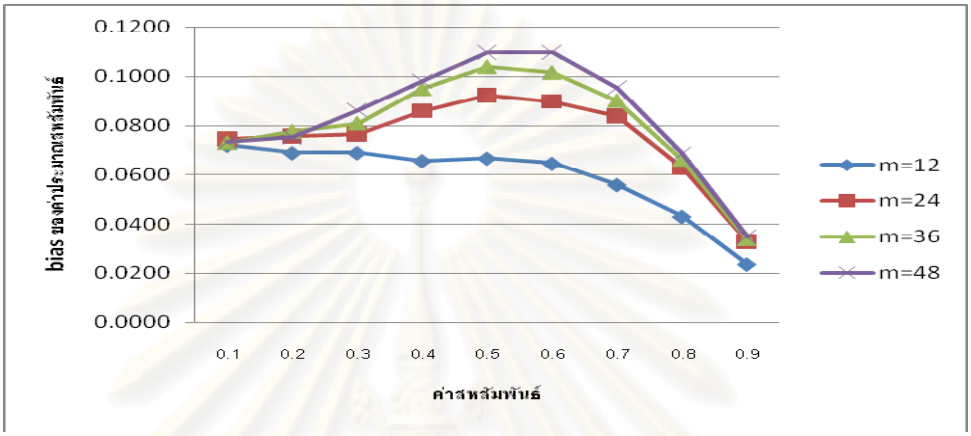
จากตารางที่ 4.1.2.1 - 4.1.2.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE)ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังรูปที่ 4.1.2.1 – 4.1.2.3 ดังต่อไปนี้

รูปที่ 4.1.2.1 แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



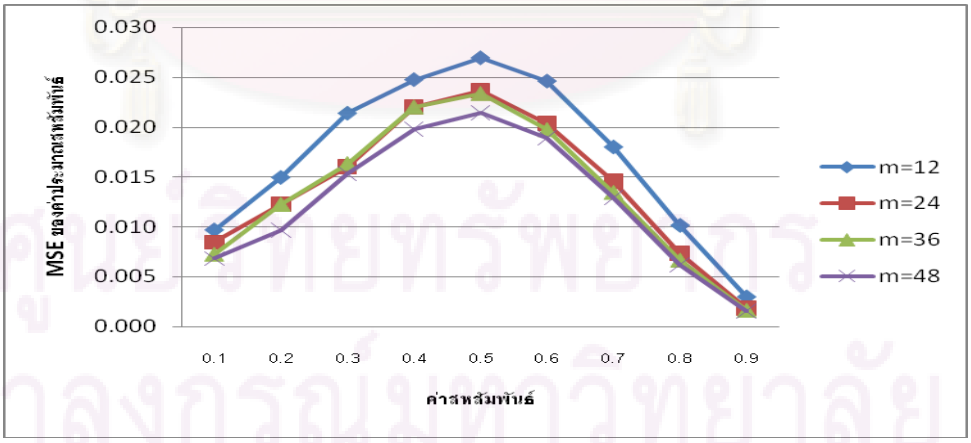
จากรูปที่ 4.1.2.1 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะเป็นรูปโค้งคว่ำ

รูปที่ 4.1.2.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.2.2 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะเป็นรูปโค้งคว่ำ

รูปที่ 4.1.2.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.2.3 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะเป็นรูปโค้งคว่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 **กรณีศึกษาที่** 3 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.1.3.1 – 4.1.3.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1.3.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n = 360)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.204	0.076	0.104	0.017
0.2	0.297	0.096	0.097	0.019
0.3	0.389	0.112	0.089	0.020
0.4	0.480	0.119	0.080	0.021
0.5	0.566	0.122	0.066	0.019
0.6	0.655	0.117	0.055	0.017
0.7	0.745	0.104	0.045	0.013
0.8	0.836	0.080	0.036	0.008
0.9	0.926	0.054	0.026	0.004

จากตารางที่ 4.1.3.1 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน

กำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

ตารางที่ 4.1.3.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.206	0.054	0.106	0.014
0.2	0.301	0.069	0.101	0.015
0.3	0.392	0.082	0.092	0.015
0.4	0.484	0.089	0.084	0.015
0.5	0.573	0.087	0.073	0.013
0.6	0.666	0.083	0.066	0.011
0.7	0.756	0.070	0.056	0.008
0.8	0.845	0.052	0.045	0.005
0.9	0.931	0.029	0.031	0.002

จากตารางที่ 4.1.3.2 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน

กำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

ตารางที่ 4.1.3.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n = 1{,}080)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.206	0.044	0.106	0.013
0.2	0.298	0.058	0.098	0.013
0.3	0.391	0.068	0.091	0.013
0.4	0.484	0.073	0.084	0.012
0.5	0.578	0.072	0.078	0.011
0.6	0.669	0.067	0.069	0.009
0.7	0.758	0.059	0.058	0.007
0.8	0.848	0.044	0.048	0.004
0.9	0.933	0.024	0.033	0.002

จากตารางที่ 4.1.3.3 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน

กำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มค่อยๆลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

ตารางที่ 4.1.3.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n = 1{,}440)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.206	0.039	0.106	0.013
0.2	0.300	0.051	0.100	0.013
0.3	0.393	0.058	0.093	0.012
0.4	0.487	0.063	0.087	0.012
0.5	0.580	0.064	0.080	0.010
0.6	0.670	0.058	0.070	0.008
0.7	0.759	0.049	0.059	0.006
0.8	0.848	0.036	0.048	0.004
0.9	0.932	0.032	0.032	0.002

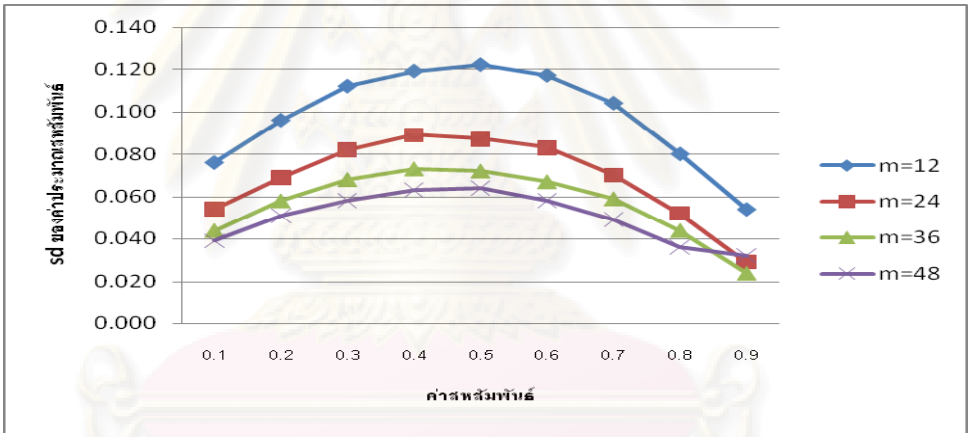
จากตารางที่ 4.1.3.4 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน

กำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มค่อยๆลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น และจะลดลงต่ำที่สุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

จากตารางที่ 4.1.3.1 - 4.1.3.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังรูปที่ 4.1.3.1 – 4.1.3.3 ดังต่อไปนี้

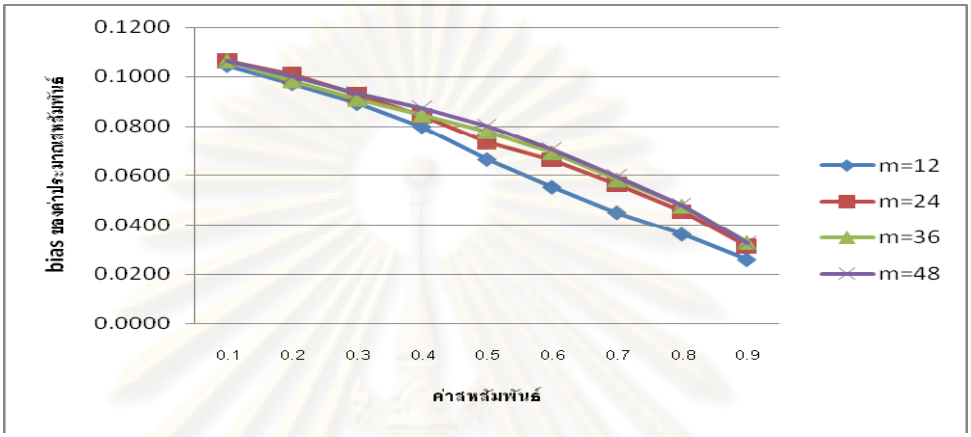
รูปที่ 4.1.3.1 แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.3.1 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลง อีกทั้งยังพบว่าเส้นกราฟของแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะเป็นรูปโค้งคว่ำ

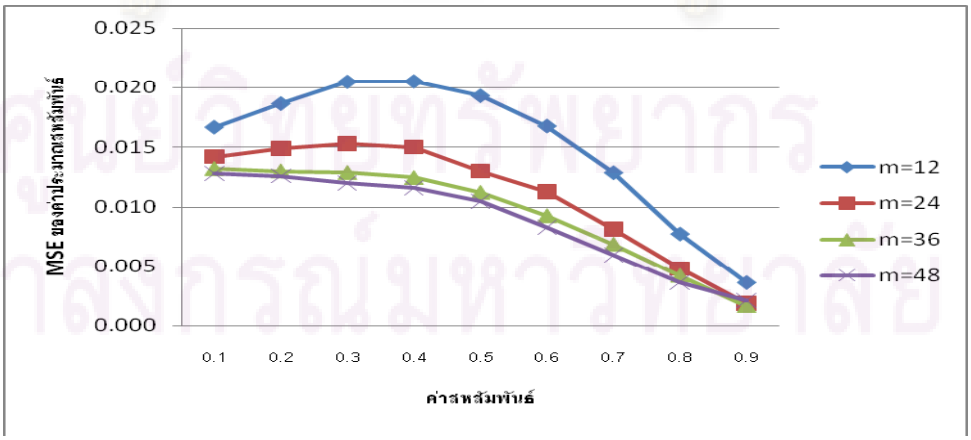
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1.3.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.3.2 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มขึ้นในลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีลักษณะเป็นรูปเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ แสดงว่า เมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 4.1.3.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.3.3 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลง อีก

ทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะเป็นรูปโค้งคว่ำและจะมีค่าต่ำสุด ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

4.1.4 **กรณีศึกษาที่** 4 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.1.4.1 – 4.1.4.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1.4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n = 360)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean $(\hat{\rho})$	sd $(\hat{\rho})$	bias $(\hat{\rho})$	MSE $(\hat{\rho})$
0.1	0.356	0.133	0.256	0.083
0.2	0.438	0.142	0.238	0.077
0.3	0.517	0.146	0.217	0.068
0.4	0.593	0.147	0.193	0.059
0.5	0.673	0.142	0.173	0.050
0.6	0.750	0.131	0.150	0.040
0.7	0.824	0.112	0.124	0.028
0.8	0.897	0.079	0.097	0.016
0.9	0.956	0.052	0.056	0.006

จากตารางที่ 4.1.4.1 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง และจะลดลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะในระดับความสัมพันธ์ที่สูง

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.1.4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.353	0.093	0.253	0.073
0.2	0.436	0.100	0.236	0.066
0.3	0.521	0.102	0.221	0.059
0.4	0.601	0.101	0.201	0.051
0.5	0.680	0.093	0.180	0.041
0.6	0.756	0.088	0.156	0.032
0.7	0.828	0.072	0.128	0.022
0.8	0.894	0.072	0.094	0.014
0.9	0.952	0.073	0.052	0.008

จากตารางที่ 4.1.4.2 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงและค่าเฉลี่ยความ

คลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.1.4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean $(\hat{\rho})$	sd $(\hat{\rho})$	bias $(\hat{\rho})$	MSE $(\hat{\rho})$
0.1	0.352	0.076	0.252	0.069
0.2	0.434	0.081	0.234	0.061
0.3	0.515	0.083	0.215	0.053
0.4	0.598	0.083	0.198	0.046
0.5	0.680	0.079	0.180	0.039
0.6	0.754	0.076	0.154	0.029
0.7	0.829	0.071	0.129	0.022
0.8	0.896	0.059	0.096	0.013
0.9	0.946	0.103	0.046	0.013

จากตารางที่ 4.1.4.3 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.3$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.9$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.1.4.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

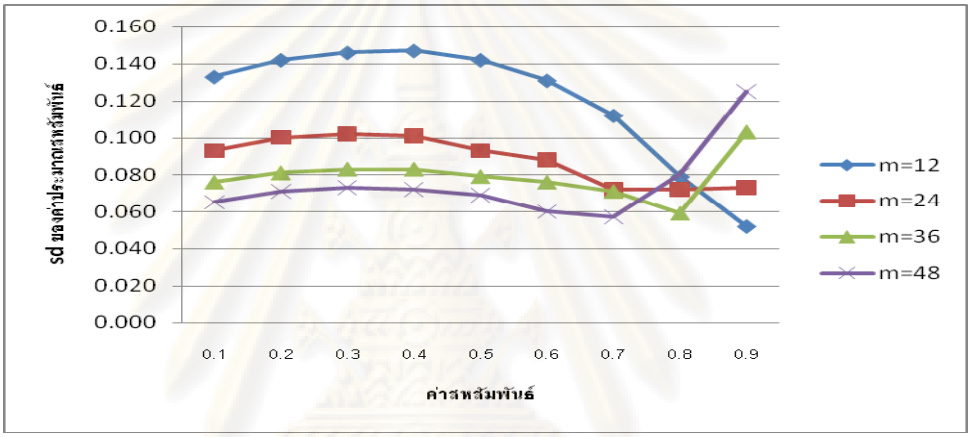
ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.350	0.065	0.250	0.067
0.2	0.436	0.071	0.236	0.061
0.3	0.518	0.073	0.218	0.053
0.4	0.599	0.072	0.199	0.045
0.5	0.679	0.069	0.179	0.037
0.6	0.756	0.060	0.156	0.028
0.7	0.828	0.057	0.128	0.020
0.8	0.893	0.080	0.093	0.015
0.9	0.938	0.125	0.038	0.017

จากตารางที่ 4.1.4.4 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.3$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.8$ และ $\rho=0.9$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น สำหรับค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.9$

จากตารางที่ 4.1.4.1 - 4.1.4.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังรูปที่ 4.1.4.1 – 4.1.4.3 ดังต่อไปนี้

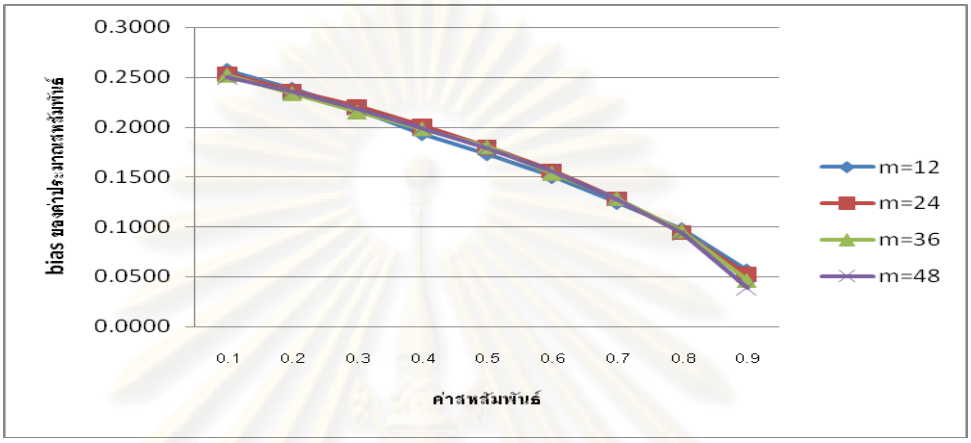
รูปที่ 4.1.4.1 แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.4.1 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ในระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ และ $\rho = 0.9$ อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง ยกเว้น ในระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ และ $\rho = 0.9$ ของจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 36 และ 48

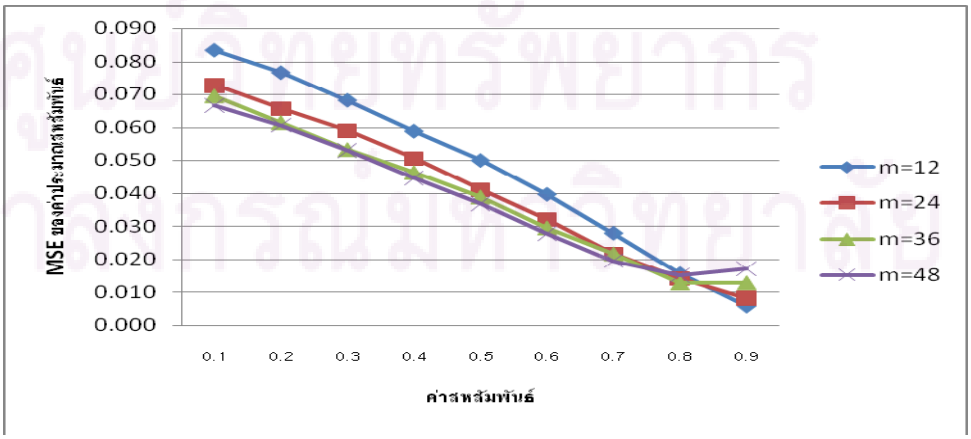
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1.4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.4.2 พบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีลักษณะที่ซ้อนทับกัน แสดงว่า ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีความใกล้เคียงกันมากในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่าเส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีลักษณะเป็นรูปเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ แสดงว่า เมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์มีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 4.1.4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.4.3 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ในระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ และ $\rho = 0.9$ อีกทั้งยังพบว่าเส้นกราฟของแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าสหสัมพันธ์สูงขึ้น ยกเว้น ในระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ และ $\rho = 0.9$ ของจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 36 และ 48

4.1.5 **กรณีศึกษาที่** 5 : เมื่อกำหนด $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$ โดยให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.1.5.1 – 4.1.5.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1.5.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n = 360)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean $(\hat{\rho})$	sd $(\hat{\rho})$	bias $(\hat{\rho})$	MSE $(\hat{\rho})$
0.1	0.611	0.193	0.511	0.298
0.2	0.660	0.180	0.460	0.244
0.3	0.715	0.167	0.415	0.200
0.4	0.765	0.157	0.365	0.158
0.5	0.814	0.142	0.314	0.119
0.6	0.861	0.124	0.261	0.084
0.7	0.900	0.133	0.200	0.058
0.8	0.938	0.096	0.138	0.028
0.9	0.963	0.098	0.063	0.014

จากตารางที่ 4.1.5.1 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ และการกระจายของ

ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.1.5.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.590	0.133	0.490	0.257
0.2	0.648	0.130	0.448	0.217
0.3	0.710	0.118	0.410	0.182
0.4	0.760	0.115	0.360	0.143
0.5	0.806	0.111	0.306	0.106
0.6	0.848	0.114	0.248	0.075
0.7	0.893	0.105	0.193	0.048
0.8	0.925	0.114	0.125	0.029
0.9	0.960	0.100	0.060	0.014

จากตารางที่ 4.1.5.2 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ และการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.6$ และ $\rho = 0.8$

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.1.5.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	bias$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
0.1	0.589	0.113	0.489	0.252
0.2	0.648	0.112	0.448	0.213
0.3	0.702	0.112	0.402	0.175
0.4	0.753	0.112	0.353	0.137
0.5	0.801	0.105	0.301	0.102
0.6	0.843	0.124	0.243	0.075
0.7	0.882	0.135	0.182	0.051
0.8	0.920	0.134	0.120	0.032
0.9	0.954	0.119	0.054	0.017

จากตารางที่ 4.1.5.3 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ ส่วนการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในแต่ละระดับความสัมพันธ์ต่างๆจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างไม่เป็นระบบ

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงและค่าเฉลี่ยความ

คลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.1.5.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ

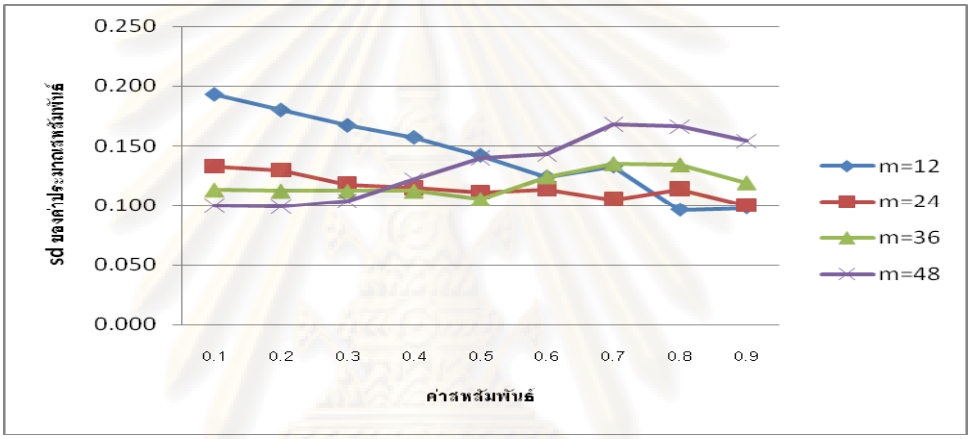
ให้ข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ ρ	mean $(\hat{\rho})$	sd $(\hat{\rho})$	bias $(\hat{\rho})$	MSE $(\hat{\rho})$
0.1	0.583	0.100	0.483	0.244
0.2	0.642	0.099	0.442	0.205
0.3	0.694	0.104	0.394	0.166
0.4	0.741	0.122	0.341	0.131
0.5	0.785	0.140	0.285	0.101
0.6	0.831	0.143	0.231	0.074
0.7	0.864	0.168	0.164	0.055
0.8	0.903	0.166	0.103	0.038
0.9	0.943	0.154	0.043	0.026

จากตารางที่ 4.1.5.4 เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 รอบ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์ และการกระจายของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.7$ แล้วหลังจากนั้นจะค่อยๆลดลง

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ที่มีทิศทางเป็นบวก โดยค่าความเอนเอียงและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

จากตารางที่ 4.1.5.1 - 4.1.5.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเอนเอียง และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังรูปที่ 4.1.5.1 – 4.1.5.3 ดังต่อไปนี้

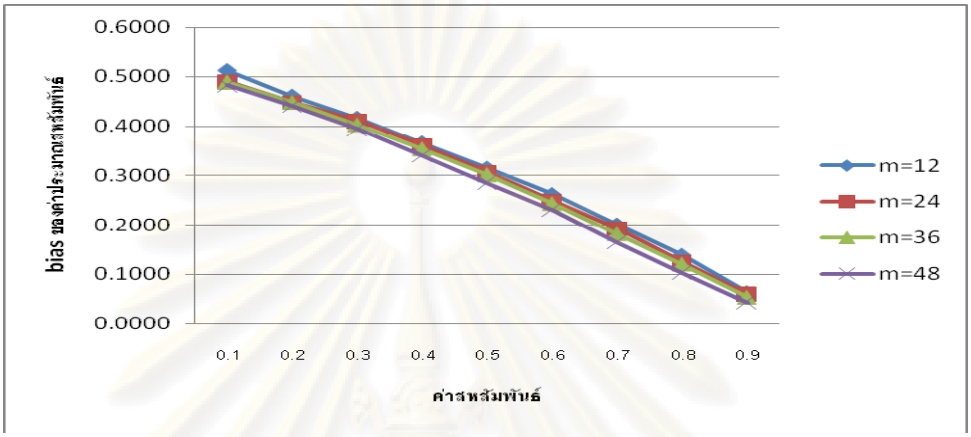
รูปที่ 4.1.5.1 แสดงการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.5.1 ในช่วงระดับความสัมพันธ์ที่ต่ำ พบว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงระดับความสัมพันธ์ที่สูง พบว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังพบว่าเส้นกราฟของจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 12 และ 24 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้น ส่วนเส้นกราฟของจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 36 และ 48 จะเพิ่มขึ้นและลดลงไม่เป็นระบบชัดเจนนัก

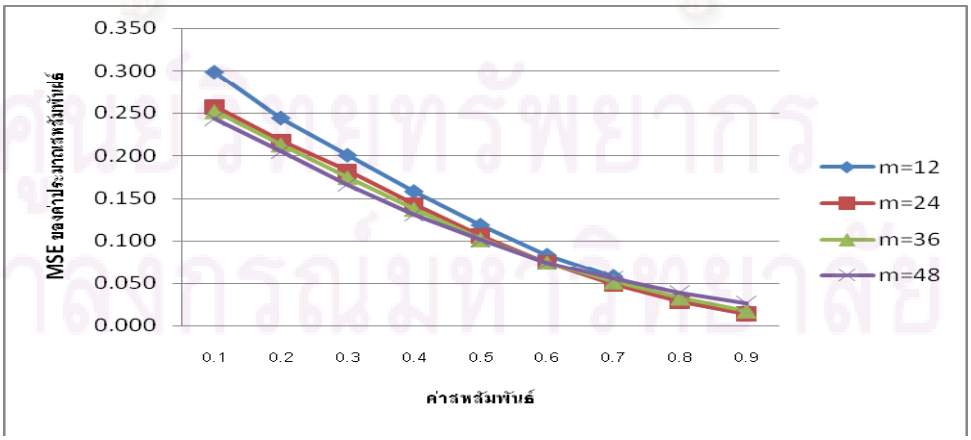
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1.5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.5.2 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยจะลดลงในลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีลักษณะเป็นรูปเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ แสดงว่า เมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 4.1.5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.1.5.3 ในช่วงระดับความสัมพันธ์ที่ต่ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

การทดลองเพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงระดับความสัมพันธ์ที่สูง พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีค่าใกล้เคียงกัน จนไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีลักษณะเป็นรูปเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ แสดงว่า เมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์และทุกจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ในทิศทางที่เป็นบวก โดยสามารถสรุปผลแยกตามแต่ละกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

<u>เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น</u>

กรณีศึกษา	bias$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
กรณีศึกษาที่ 1 $(\beta_1 = 0.5)$	จะให้ค่าเพิ่มขึ้นในทุกระดับความสัมพันธ์	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์	จะให้ค่าใกล้เคียงกันไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจน
กรณีศึกษาที่ 2 $(\beta_1 = 1)$	จะให้ค่าเพิ่มขึ้นในทุกระดับความสัมพันธ์	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์	
กรณีศึกษาที่ 3 $(\beta_1 = 2)$	จะให้ค่าเพิ่มขึ้นในทุกระดับความสัมพันธ์แต่เพิ่มขึ้นไม่มากนัก	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์	
กรณีศึกษาที่ 4 $(\beta_1 = 5)$	จะให้ค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่สามารถแยกได้ชัดเจน	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ (ยกเว้น ในระดับความสัมพันธ์ที่ 0.8 และ 0.9)	
กรณีศึกษาที่ 5 $(\beta_1 = 10)$	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์แต่จะลดลงไม่มากนัก	ในช่วงระดับความสัมพันธ์ต่ำจะให้ค่าลดลงแต่ในช่วงระดับความสัมพันธ์สูงจะให้ค่าเพิ่มขึ้น	ในช่วงระดับความสัมพันธ์ต่ำจะให้ค่าลดลงแต่ในช่วงระดับความสัมพันธ์สูงจะให้ค่าใกล้เคียงกันไม่สามารถแยกได้ชัดเจน

เมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้น

กรณีศึกษา	bias$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
กรณีศึกษาที่ 1 $(\beta_1 = 0.5)$	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง		
กรณีศึกษาที่ 2 $(\beta_1 = 1)$	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง		
กรณีศึกษาที่ 3 $(\beta_1 = 2)$	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง	
กรณีศึกษาที่ 4 $(\beta_1 = 5)$	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มค่อยๆลดลง	
กรณีศึกษาที่ 5 $(\beta_1 = 10)$	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง	สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 12 และ 24 จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง ส่วนจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 36 และ 48 จะให้ค่าที่ไม่เป็นระบบ	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง

จากผลการวิจัยทั้ง 5 กรณีศึกษาข้างต้น พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>วัตถุประสงค์ที่</u> 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท

4.2.1 **กรณีศึกษาที่** 1 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$ โดยจะกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,…,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.2.1.1 – 4.2.1.4 ต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.1.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n=360)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.4886	0.5009	0.0106	-0.4916	0.5068	0.0105	0.9975
	Sd	0.1197	0.0817		0.1207	0.0800		
0.2	Mean	-0.4832	0.4960	0.0155	-0.4894	0.5102	0.0151	0.9748
	Sd	0.1492	0.0922		0.1525	0.0826		
0.3	Mean	-0.4761	0.4741	0.0208	-0.4879	0.5101	0.0201	0.9662
	Sd	0.1684	0.1099		0.1801	0.0871		
0.4	Mean	-0.4672	0.4523	0.0268	-0.4870	0.5132	0.0257	0.9600
	Sd	0.1877	0.1225		0.2066	0.0919		
0.5	Mean	-0.4641	0.4237	0.0335	-0.4881	0.5160	0.0316	0.9445
	Sd	0.2087	0.1279		0.2309	0.0981		
0.6	Mean	-0.4648	0.3982	0.0405	-0.4898	0.5194	0.0381	0.9414
	Sd	0.2299	0.1289		0.2536	0.1075		
0.7	Mean	-0.4669	0.3822	0.0476	-0.4917	0.5251	0.0464	0.9754
	Sd	0.2546	0.1245		0.2781	0.1222		
0.8	Mean	-0.4717	0.3771	0.0536	-0.4944	0.5299	0.0562	1.0487
	Sd	0.2794	0.1156		0.3034	0.1401		
0.9	Mean	-0.4773	0.4061	0.0596	-0.4995	0.5394	0.0690	1.1568
	Sd	0.3141	0.1065		0.3316	0.1629		

จากตารางที่ 4.2.1.1 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ

สัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ และ $\rho = 0.9$ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.1.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.5044	0.4988	0.0056	-0.5058	0.5045	0.0055	0.9747
	Sd	0.0851	0.0629		0.0860	0.0590		
0.2	Mean	-0.5018	0.4863	0.0082	-0.5071	0.5056	0.0078	0.9491
	Sd	0.1046	0.0733		0.1088	0.0611		
0.3	Mean	-0.4972	0.4599	0.0116	-0.5106	0.5074	0.0104	0.8930
	Sd	0.1184	0.0873		0.1290	0.0630		
0.4	Mean	-0.4910	0.4291	0.0155	-0.5129	0.5092	0.0129	0.8328
	Sd	0.1298	0.0949		0.1457	0.0656		
0.5	Mean	-0.4893	0.3971	0.0194	-0.5152	0.5115	0.0160	0.8214
	Sd	0.1400	0.0925		0.1630	0.0707		
0.6	Mean	-0.4929	0.3740	0.0238	-0.5171	0.5132	0.0193	0.8117
	Sd	0.1547	0.0878		0.1793	0.0774		
0.7	Mean	-0.4958	0.3587	0.0287	-0.5189	0.5154	0.0231	0.8049
	Sd	0.1767	0.0791		0.1959	0.0855		
0.8	Mean	-0.5025	0.3594	0.0314	-0.5216	0.5174	0.0276	0.8788
	Sd	0.1949	0.0706		0.2124	0.0964		
0.9	Mean	-0.5125	0.3926	0.0315	-0.5249	0.5209	0.0334	1.0615
	Sd	0.2168	0.0655		0.2309	0.1118		

จากตารางที่ 4.2.1.2 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ

สัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้นตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.1$ ถึง 0.7

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลแต่ละตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.1.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.4987	0.4986	0.0033	-0.5000	0.5037	0.0032	0.9571
	Sd	0.0650	0.0493		0.0658	0.0451		
0.2	Mean	-0.4940	0.4826	0.0053	-0.4999	0.5038	0.0046	0.8711
	Sd	0.0794	0.0624		0.0835	0.0469		
0.3	Mean	-0.4879	0.4580	0.0077	-0.5003	0.5054	0.0061	0.7883
	Sd	0.0893	0.0741		0.0987	0.0484		
0.4	Mean	-0.4824	0.4263	0.0108	-0.5001	0.5069	0.0078	0.7189
	Sd	0.0994	0.0773		0.1131	0.0520		
0.5	Mean	-0.4789	0.3938	0.0150	-0.5003	0.5077	0.0094	0.6288
	Sd	0.1108	0.0778		0.1252	0.0564		
0.6	Mean	-0.4774	0.3689	0.0191	-0.5006	0.5097	0.0114	0.5971
	Sd	0.1259	0.0679		0.1375	0.0615		
0.7	Mean	-0.4808	0.3532	0.0222	-0.5009	0.5115	0.0136	0.6122
	Sd	0.1380	0.0582		0.1492	0.0689		
0.8	Mean	-0.4867	0.3551	0.0240	-0.5010	0.5141	0.0161	0.6734
	Sd	0.1547	0.0532		0.1611	0.0783		
0.9	Mean	-0.4920	0.3884	0.0220	-0.5024	0.5170	0.0190	0.8641
	Sd	0.1700	0.0509		0.1724	0.0895		

จากตารางที่ 4.2.1.3 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.6$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มที่ลดลงอีกครั้ง ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ

สัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้นตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.1$ ถึง 0.7

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลแต่ละตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.2$ ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.1.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.5023	0.4962	0.0025	-0.5030	0.5008	0.0024	0.9563
	Sd	0.0571	0.0421		0.0573	0.0393		
0.2	Mean	-0.4989	0.4799	0.0042	-0.5045	0.5020	0.0036	0.8519
	Sd	0.0710	0.0538		0.0737	0.0406		
0.3	Mean	-0.4933	0.4522	0.0064	-0.5058	0.5023	0.0047	0.7406
	Sd	0.0787	0.0647		0.0868	0.0429		
0.4	Mean	-0.4878	0.4154	0.0096	-0.5069	0.5026	0.0061	0.6306
	Sd	0.0859	0.0677		0.0999	0.0460		
0.5	Mean	-0.4862	0.3877	0.0133	-0.5076	0.5030	0.0075	0.5662
	Sd	0.0968	0.0660		0.1122	0.0488		
0.6	Mean	-0.4881	0.3646	0.0171	-0.5087	0.5044	0.0091	0.5300
	Sd	0.1108	0.0595		0.1234	0.0536		
0.7	Mean	-0.4920	0.3489	0.0203	-0.5108	0.5050	0.0108	0.5329
	Sd	0.1235	0.0489		0.1342	0.0589		
0.8	Mean	-0.4973	0.3508	0.0215	-0.5130	0.5071	0.0128	0.5972
	Sd	0.1374	0.0428		0.1452	0.0662		
0.9	Mean	-0.5025	0.3844	0.0192	-0.5151	0.5075	0.0152	0.7924
	Sd	0.1527	0.0417		0.1564	0.0755		

จากตารางที่ 4.2.1.4 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ

สัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้นตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.1$ ถึง 0.7

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

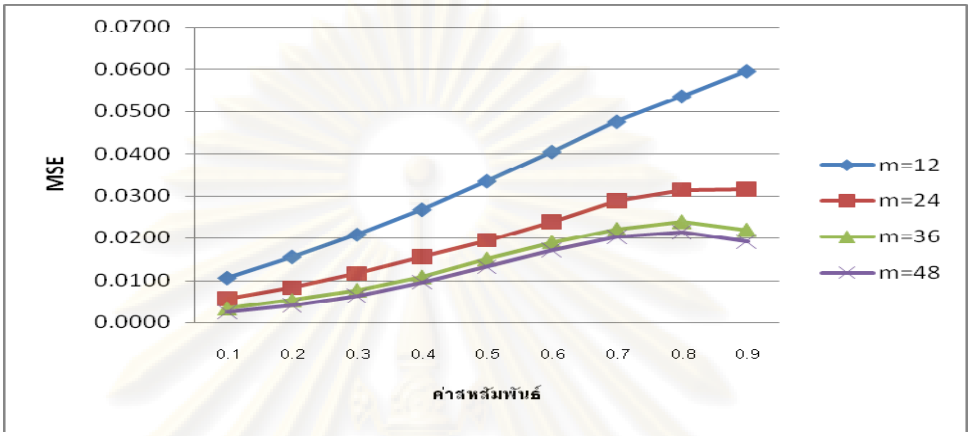
เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

จากตารางที่ 4.2.1.1 - 4.2.1.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2.1.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.2.1.1 พบว่า เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่า เส้นกราฟของแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีลักษณะเป็นรูปเส้นตรงที่มีความชันเป็นบวก แสดงว่าเมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 **กรณีศึกษาที่** 2 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$ โดยจะกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,…,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.2.2.1 – 4.2.2.4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2.2.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n = 360)$

ให้ ρ		ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท			ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.4912	1.0088	0.0142	-0.4944	1.0164	0.0143	1.0070
	Sd	0.1289	0.1080		0.1293	0.1078		
0.2	Mean	-0.4869	1.0046	0.0200	-0.4922	1.0197	0.0199	0.9950
	Sd	0.1614	0.1170		0.1632	0.1126		
0.3	Mean	-0.4827	0.9977	0.0268	-0.4914	1.0241	0.0257	0.9610
	Sd	0.1844	0.1389		0.1891	0.1228		
0.4	Mean	-0.4774	0.9886	0.0345	-0.4900	1.0281	0.0321	0.9314
	Sd	0.2061	0.1612		0.2135	0.1338		
0.5	Mean	-0.4739	0.9713	0.0442	-0.4915	1.0353	0.0396	0.8970
	Sd	0.2231	0.1928		0.2358	0.1498		
0.6	Mean	-0.4707	0.9570	0.0545	-0.4937	1.0457	0.0496	0.9108
	Sd	0.2400	0.2208		0.2590	0.1736		
0.7	Mean	-0.4685	0.9413	0.0625	-0.4974	1.0555	0.0595	0.9524
	Sd	0.2541	0.2367		0.2804	0.1934		
0.8	Mean	-0.4686	0.9334	0.0714	-0.5020	1.0674	0.0731	1.0240
	Sd	0.2739	0.2499		0.3037	0.2226		
0.9	Mean	-0.4749	0.9581	0.0784	-0.5064	1.0848	0.0914	1.1665
	Sd	0.2996	0.2545		0.3299	0.2587		

จากตารางที่ 4.2.2.1 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.1$ ถึง 0.7 ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ และ $\rho = 0.9$ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.2.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.5071	1.0033	0.0070	-0.5080	1.0087	0.0069	0.9776
	Sd	0.0879	0.0790		0.0884	0.0759		
0.2	Mean	-0.5078	0.9985	0.0105	-0.5101	1.0117	0.0099	0.9395
	Sd	0.1118	0.0921		0.1135	0.0816		
0.3	Mean	-0.5072	0.9918	0.0142	-0.5119	1.0148	0.0128	0.9003
	Sd	0.1294	0.1080		0.1323	0.0885		
0.4	Mean	-0.5059	0.9711	0.0202	-0.5151	1.0165	0.0163	0.8028
	Sd	0.1442	0.1374		0.1502	0.0973		
0.5	Mean	-0.5038	0.9457	0.0263	-0.5179	1.0189	0.0199	0.7572
	Sd	0.1555	0.1594		0.1658	0.1079		
0.6	Mean	-0.5004	0.9251	0.0319	-0.5191	1.0227	0.0238	0.7466
	Sd	0.1675	0.1735		0.1806	0.1187		
0.7	Mean	-0.4972	0.9015	0.0367	-0.5220	1.0290	0.0289	0.7881
	Sd	0.1756	0.1814		0.1957	0.1351		
0.8	Mean	-0.4976	0.8896	0.0393	-0.5249	1.0331	0.0342	0.8701
	Sd	0.1904	0.1740		0.2108	0.1495		
0.9	Mean	-0.5048	0.9175	0.0382	-0.5271	1.0396	0.0414	1.0835
	Sd	0.2056	0.1653		0.2258	0.1718		

จากตารางที่ 4.2.2.2 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$ ถึง 0.7 ส่วน

ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.2.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.4999	1.0030	0.0042	-0.5008	1.0074	0.0042	1.0021
	Sd	0.0692	0.0607		0.0699	0.0596		
0.2	Mean	-0.4983	0.9977	0.0064	-0.5008	1.0113	0.0058	0.9127
	Sd	0.0857	0.0739		0.0871	0.0632		
0.3	Mean	-0.4946	0.9856	0.0092	-0.4999	1.0121	0.0075	0.8133
	Sd	0.0980	0.0930		0.1010	0.0686		
0.4	Mean	-0.4897	0.9615	0.0136	-0.4996	1.0140	0.0096	0.7013
	Sd	0.1086	0.1178		0.1144	0.0765		
0.5	Mean	-0.4858	0.9330	0.0189	-0.5007	1.0159	0.0118	0.6254
	Sd	0.1187	0.1381		0.1269	0.0855		
0.6	Mean	-0.4809	0.9103	0.0232	-0.5014	1.0209	0.0143	0.6188
	Sd	0.1270	0.1477		0.1380	0.0960		
0.7	Mean	-0.4804	0.8902	0.0269	-0.5036	1.0247	0.0174	0.6439
	Sd	0.1376	0.1502		0.1496	0.1084		
0.8	Mean	-0.4802	0.8838	0.0283	-0.5039	1.0274	0.0207	0.7309
	Sd	0.1467	0.1458		0.1601	0.1227		
0.9	Mean	-0.4865	0.9125	0.0259	-0.5055	1.0317	0.0247	0.9552
	Sd	0.1597	0.1360		0.1709	0.1389		

จากตารางที่ 4.2.2.3 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.9$ ส่วนค่าเฉลี่ยของ

ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ ถึง 0.9 ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.1$ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.2.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.5024	0.9996	0.0034	-0.5028	1.0023	0.0033	0.9735
	Sd	0.0600	0.0561		0.0598	0.0545		
0.2	Mean	-0.5029	0.9959	0.0049	-0.5045	1.0055	0.0045	0.9238
	Sd	0.0746	0.0651		0.0751	0.0582		
0.3	Mean	-0.5017	0.9820	0.0078	-0.5064	1.0080	0.0060	0.7689
	Sd	0.0869	0.0882		0.0881	0.0647		
0.4	Mean	-0.4987	0.9589	0.0117	-0.5080	1.0090	0.0078	0.6699
	Sd	0.0984	0.1095		0.1013	0.0724		
0.5	Mean	-0.4939	0.9272	0.0161	-0.5090	1.0106	0.0097	0.6017
	Sd	0.1054	0.1259		0.1129	0.0805		
0.6	Mean	-0.4901	0.8999	0.0203	-0.5106	1.0146	0.0117	0.5788
	Sd	0.1112	0.1344		0.1232	0.0893		
0.7	Mean	-0.4885	0.8793	0.0235	-0.5124	1.0175	0.0140	0.5958
	Sd	0.1200	0.1336		0.1333	0.0987		
0.8	Mean	-0.4932	0.8789	0.0235	-0.5151	1.0208	0.0165	0.6998
	Sd	0.1288	0.1257		0.1432	0.1086		
0.9	Mean	-0.5007	0.9057	0.0214	-0.5175	1.0236	0.0194	0.9076
	Sd	0.1429	0.1165		0.1543	0.1194		

จากตารางที่ 4.2.2.4 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้นตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.3$ ถึง 0.7 ส่วน

ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

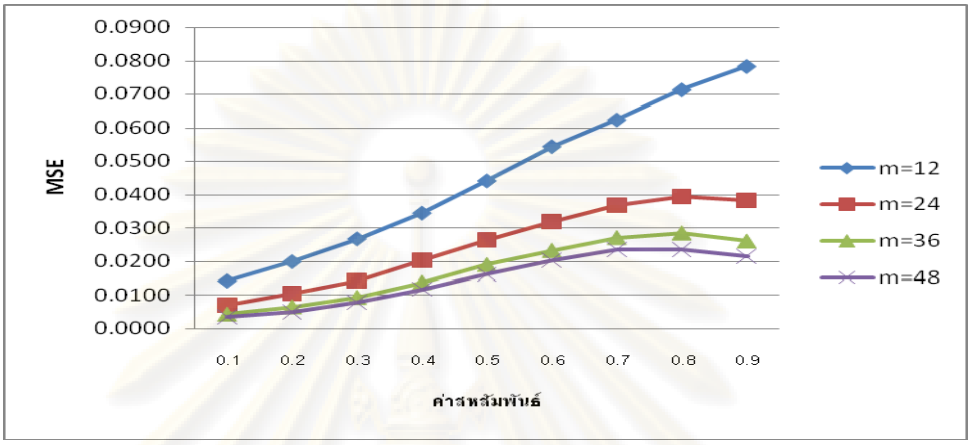
เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

จากตารางที่ 4.2.2.1 - 4.2.2.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2.2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.2.2.1 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่าเมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 **กรณีศึกษาที่** 3 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$ โดยจะกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.2.3.1 – 4.2.3.4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2.3.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n = 360)$

ให้ ρ		ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท			ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า)
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	$\frac{MSE_p}{MSE_g}$
0.1	Mean	-0.4942	2.0337	0.0331	-0.4987	2.0519	0.0344	1.0410
	Sd	0.1438	0.2107		0.1448	0.2129		
0.2	Mean	-0.4888	2.0370	0.0408	-0.4955	2.0636	0.0432	1.0598
	Sd	0.1750	0.2226		0.1768	0.2263		
0.3	Mean	-0.4858	2.0346	0.0485	-0.4956	2.0716	0.0527	1.0866
	Sd	0.2005	0.2357		0.2039	0.2425		
0.4	Mean	-0.4850	2.0372	0.0600	-0.4972	2.0860	0.0656	1.0936
	Sd	0.2215	0.2635		0.2269	0.2692		
0.5	Mean	-0.4831	2.0383	0.0732	-0.4979	2.0994	0.0807	1.1021
	Sd	0.2415	0.2940		0.2490	0.2994		
0.6	Mean	-0.4847	2.0517	0.0908	-0.5017	2.1249	0.1031	1.1361
	Sd	0.2616	0.3323		0.2706	0.3430		
0.7	Mean	-0.4845	2.0588	0.1106	-0.5046	2.1450	0.1280	1.1579
	Sd	0.2826	0.3712		0.2931	0.3863		
0.8	Mean	-0.4868	2.0806	0.1386	-0.5099	2.1809	0.1654	1.1932
	Sd	0.3015	0.4243		0.3152	0.4461		
0.9	Mean	-0.4872	2.0877	0.1666	-0.5146	2.2097	0.2120	1.2728
	Sd	0.3196	0.4727		0.3377	0.5159		

จากตารางที่ 4.2.3.1 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้นตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$ ถึง 0.9 ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.3.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.5076	2.0182	0.0151	-0.5095	2.0288	0.0155	1.0259
	Sd	0.0965	0.1433		0.0971	0.1438		
0.2	Mean	-0.5105	2.0207	0.0189	-0.5134	2.0358	0.0196	1.0362
	Sd	0.1180	0.1528		0.1194	0.1532		
0.3	Mean	-0.5101	2.0151	0.0239	-0.5139	2.0367	0.0245	1.0244
	Sd	0.1368	0.1699		0.1390	0.1679		
0.4	Mean	-0.5115	2.0207	0.0293	-0.5162	2.0463	0.0308	1.0526
	Sd	0.1532	0.1860		0.1560	0.1870		
0.5	Mean	-0.5127	2.0214	0.0360	-0.5185	2.0539	0.0379	1.0549
	Sd	0.1677	0.2080		0.1713	0.2083		
0.6	Mean	-0.5158	2.0218	0.0443	-0.5234	2.0657	0.0469	1.0594
	Sd	0.1794	0.2362		0.1856	0.2338		
0.7	Mean	-0.5184	2.0249	0.0532	-0.5265	2.0755	0.0568	1.0680
	Sd	0.1923	0.2618		0.1995	0.2599		
0.8	Mean	-0.5188	2.0225	0.0617	-0.5288	2.0827	0.0681	1.1030
	Sd	0.2043	0.2845		0.2135	0.2881		
0.9	Mean	-0.5221	2.0280	0.0714	-0.5331	2.0968	0.0838	1.1735
	Sd	0.2168	0.3077		0.2279	0.3246		

จากตารางที่ 4.2.3.2 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$ ส่วนค่าเฉลี่ยของ

ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.3$

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.3.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.4984	2.0073	0.0097	-0.4996	2.0138	0.0101	1.0370
	Sd	0.0758	0.1167		0.0757	0.1192		
0.2	Mean	-0.4979	2.0080	0.0119	-0.4999	2.0186	0.0122	1.0329
	Sd	0.0902	0.1247		0.0906	0.1264		
0.3	Mean	-0.4972	2.0099	0.0146	-0.5004	2.0255	0.0151	1.0354
	Sd	0.1058	0.1340		0.1068	0.1351		
0.4	Mean	-0.4980	2.0084	0.0183	-0.5022	2.0294	0.0187	1.0192
	Sd	0.1180	0.1508		0.1195	0.1493		
0.5	Mean	-0.4982	2.0111	0.0225	-0.5034	2.0387	0.0230	1.0239
	Sd	0.1282	0.1686		0.1307	0.1657		
0.6	Mean	-0.4978	2.0087	0.0273	-0.5040	2.0430	0.0282	1.0344
	Sd	0.1384	0.1881		0.1418	0.1858		
0.7	Mean	-0.4978	2.0054	0.0321	-0.5056	2.0496	0.0337	1.0497
	Sd	0.1472	0.2063		0.1522	0.2044		
0.8	Mean	-0.4981	2.0056	0.0382	-0.5071	2.0587	0.0420	1.0995
	Sd	0.1566	0.2279		0.1632	0.2323		
0.9	Mean	-0.4982	2.0116	0.0447	-0.5084	2.0707	0.0516	1.1552
	Sd	0.1659	0.2487		0.1742	0.2607		

จากตารางที่ 4.2.3.3 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.3.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.5046	2.0059	0.0072	-0.5056	2.0108	0.0072	1.0000
	Sd	0.0657	0.1001		0.0653	0.0999		
0.2	Mean	-0.5044	2.0029	0.0090	-0.5062	2.0119	0.0092	1.0196
	Sd	0.0813	0.1071		0.0815	0.1078		
0.3	Mean	-0.5059	2.0044	0.0116	-0.5088	2.0173	0.0118	1.0177
	Sd	0.0939	0.1200		0.0946	0.1199		
0.4	Mean	-0.5066	2.0022	0.0147	-0.5104	2.0209	0.0148	1.0096
	Sd	0.1054	0.1349		0.1069	0.1328		
0.5	Mean	-0.5072	2.0014	0.0185	-0.5125	2.0260	0.0186	1.0079
	Sd	0.1160	0.1533		0.1180	0.1501		
0.6	Mean	-0.5082	2.0015	0.0220	-0.5144	2.0315	0.0225	1.0200
	Sd	0.1247	0.1688		0.1273	0.1661		
0.7	Mean	-0.5084	2.0030	0.0263	-0.5163	2.0397	0.0276	1.0460
	Sd	0.1341	0.1862		0.1376	0.1855		
0.8	Mean	-0.5103	2.0015	0.0310	-0.5201	2.0484	0.0333	1.0745
	Sd	0.1430	0.2035		0.1474	0.2052		
0.9	Mean	-0.5112	2.0027	0.0352	-0.5224	2.0577	0.0397	1.1301
	Sd	0.1522	0.2169		0.1575	0.2256		

จากตารางที่ 4.2.3.4 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.2$

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

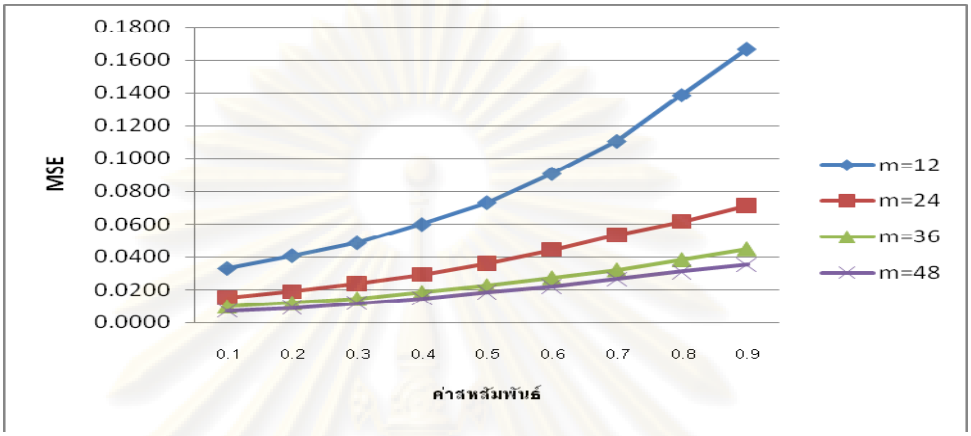
เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.1$ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

จากตารางที่ 4.2.3.1 - 4.2.3.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2.3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.2.3.1 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่าเมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.4 **กรณีศึกษาที่** 4 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$ โดยจะกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,...,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.2.4.1 – 4.2.4.4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2.4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n = 360)$

ให้ ρ		ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท			ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า)
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	$\frac{MSE_p}{MSE_g}$
0.1	Mean	-0.4984	5.1017	0.2818	-0.5113	5.2344	0.3249	1.1532
	Sd	0.1900	0.7195		0.1934	0.7470		
0.2	Mean	-0.4928	5.1082	0.3033	-0.5084	5.2714	0.3643	1.2010
	Sd	0.2090	0.7428		0.2152	0.7805		
0.3	Mean	-0.4924	5.1166	0.3310	-0.5121	5.3202	0.4193	1.2667
	Sd	0.2322	0.7714		0.2403	0.8240		
0.4	Mean	-0.4888	5.1168	0.3381	-0.5116	5.3509	0.4515	1.3351
	Sd	0.2476	0.7758		0.2609	0.8440		
0.5	Mean	-0.4882	5.1217	0.4052	-0.5152	5.3993	0.5582	1.3776
	Sd	0.2672	0.8514		0.2844	0.9364		
0.6	Mean	-0.4830	5.1270	0.4630	-0.5147	5.4499	0.6774	1.4632
	Sd	0.2800	0.9121		0.3041	1.0300		
0.7	Mean	-0.4797	5.1411	0.5527	-0.5219	5.5386	0.9752	1.7643
	Sd	0.3007	0.9979		0.3418	1.2428		
0.8	Mean	-0.4809	5.1779	0.6935	-0.5297	5.6523	1.3365	1.9271
	Sd	0.3174	1.1206		0.3639	1.4549		
0.9	Mean	-0.4782	5.2338	0.8305	-0.5419	5.7768	1.7131	2.0627
	Sd	0.3350	1.2228		0.4004	1.6320		

จากตารางที่ 4.2.4.1 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกันเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.5029	5.0335	0.1302	-0.5115	5.1167	0.1340	1.0292
	Sd	0.1309	0.4922		0.1289	0.4876		
0.2	Mean	-0.5077	5.0386	0.1377	-0.5172	5.1409	0.1494	1.0851
	Sd	0.1448	0.5031		0.1444	0.5080		
0.3	Mean	-0.5081	5.0344	0.1492	-0.5191	5.1559	0.1686	1.1300
	Sd	0.1570	0.5223		0.1581	0.5365		
0.4	Mean	-0.5091	5.0361	0.1637	-0.5225	5.1803	0.1899	1.1601
	Sd	0.1698	0.5455		0.1716	0.5637		
0.5	Mean	-0.5114	5.0278	0.1744	-0.5269	5.1980	0.2158	1.2376
	Sd	0.1799	0.5620		0.1860	0.5979		
0.6	Mean	-0.5113	5.0167	0.1943	-0.5297	5.2161	0.2518	1.2960
	Sd	0.1892	0.5939		0.1986	0.6458		
0.7	Mean	-0.5107	5.0113	0.2309	-0.5317	5.2498	0.3180	1.3772
	Sd	0.2016	0.6492		0.2154	0.7258		
0.8	Mean	-0.5107	4.9993	0.2521	-0.5356	5.2824	0.3779	1.4990
	Sd	0.2125	0.6778		0.2315	0.7886		
0.9	Mean	-0.5111	5.0244	0.2988	-0.5424	5.3293	0.4619	1.5461
	Sd	0.2214	0.7406		0.2469	0.8681		

จากตารางที่ 4.2.4.2 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.4972	4.9968	0.0799	-0.5029	5.0710	0.0831	1.0404
	Sd	0.1041	0.3862		0.1023	0.3885		
0.2	Mean	-0.4963	4.9907	0.0802	-0.5027	5.0773	0.0868	1.0824
	Sd	0.1130	0.3844		0.1137	0.3936		
0.3	Mean	-0.4940	4.9862	0.0896	-0.5017	5.0868	0.0999	1.1151
	Sd	0.1274	0.4036		0.1295	0.4191		
0.4	Mean	-0.4943	4.9845	0.1023	-0.5029	5.0998	0.1151	1.1246
	Sd	0.1372	0.4310		0.1398	0.4482		
0.5	Mean	-0.4937	4.9780	0.1160	-0.5036	5.1188	0.1371	1.1818
	Sd	0.1451	0.4589		0.1493	0.4878		
0.6	Mean	-0.4904	4.9713	0.1325	-0.5029	5.1356	0.1602	1.2090
	Sd	0.1507	0.4915		0.1578	0.5266		
0.7	Mean	-0.4898	4.9683	0.1474	-0.5050	5.1639	0.1954	1.3259
	Sd	0.1607	0.5178		0.1705	0.5790		
0.8	Mean	-0.4866	4.9486	0.1695	-0.5066	5.1899	0.2381	1.4049
	Sd	0.1676	0.5553		0.1826	0.6381		
0.9	Mean	-0.4857	4.9567	0.1994	-0.5106	5.2288	0.3007	1.5079
	Sd	0.1705	0.6067		0.1901	0.7165		

จากตารางที่ 4.2.4.3 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.4$ ส่วนค่าเฉลี่ยของ

ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.9$

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.4.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.5032	4.9773	0.0654	-0.5084	5.0489	0.0665	1.0168
	Sd	0.0921	0.3491		0.0919	0.3495		
0.2	Mean	-0.5060	4.9806	0.0683	-0.5118	5.0638	0.0726	1.0631
	Sd	0.1033	0.3545		0.1042	0.3610		
0.3	Mean	-0.5063	4.9782	0.0749	-0.5133	5.0737	0.0813	1.0859
	Sd	0.1130	0.3696		0.1151	0.3793		
0.4	Mean	-0.5058	4.9806	0.0836	-0.5147	5.0905	0.0953	1.1404
	Sd	0.1205	0.3905		0.1240	0.4088		
0.5	Mean	-0.5057	4.9774	0.0907	-0.5166	5.1091	0.1107	1.2198
	Sd	0.1282	0.4058		0.1333	0.4377		
0.6	Mean	-0.5053	4.9637	0.1054	-0.5185	5.1191	0.1310	1.2433
	Sd	0.1364	0.4371		0.1424	0.4770		
0.7	Mean	-0.5036	4.9525	0.1183	-0.5201	5.1368	0.1535	1.2980
	Sd	0.1421	0.4629		0.1500	0.5154		
0.8	Mean	-0.5028	4.9430	0.1296	-0.5235	5.1573	0.1818	1.4030
	Sd	0.1485	0.4839		0.1590	0.5598		
0.9	Mean	-0.5000	4.9358	0.1454	-0.5258	5.1749	0.2140	1.4715
	Sd	0.1543	0.5130		0.1672	0.6075		

จากตารางที่ 4.2.4.4 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.4$ ถึง 0.9 ส่วน

ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่ลดลงตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ ถึง 0.9

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

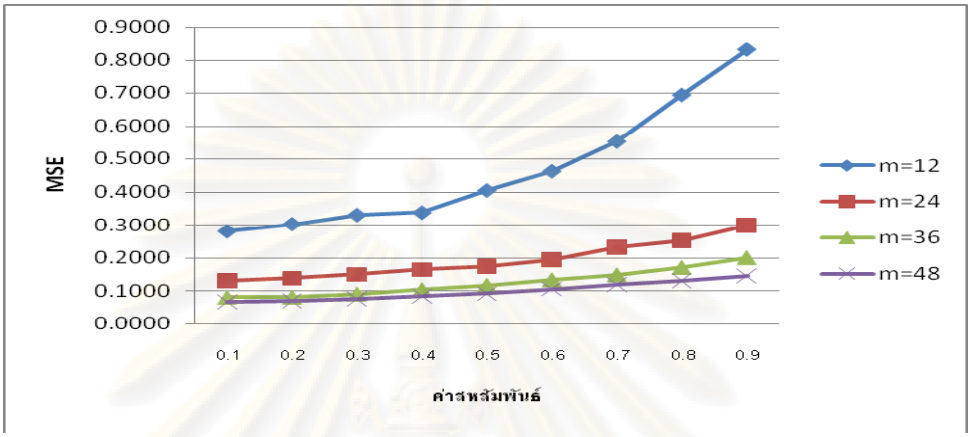
เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

จากตารางที่ 4.2.4.1 - 4.2.4.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2.4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.2.4.1 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่าเมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.5 **กรณีศึกษาที่** 5 : เมื่อกำหนดให้ $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$ โดยจะกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12,24,36 และ 48 ด้วยค่าสหสัมพันธ์ ณ ระดับต่างๆ คือ 0.1,0.2,…,0.9 ตามลำดับ ซึ่งจะนำเสนอในตารางที่ 4.2.5.1 – 4.2.5.4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2.5.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 กลุ่ม $(n = 360)$

ให้ ρ		ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท			ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) $\frac{MSE_p}{MSE_g}$
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	
0.1	Mean	-0.4737	9.7948	2.1984	-0.5440	11.2597	9.5812	4.3583
	Sd	0.2662	2.0706		0.3261	4.1815		
0.2	Mean	-0.4663	9.7635	2.1502	-0.5336	11.1806	4.8176	2.2405
	Sd	0.2758	2.0424		0.3097	2.8553		
0.3	Mean	-0.4585	9.7186	2.1030	-0.5329	11.2714	5.3221	2.5308
	Sd	0.2866	2.0117		0.3298	2.9878		
0.4	Mean	-0.4508	9.6929	2.1862	-0.5373	11.4042	5.8090	2.6572
	Sd	0.2922	2.0480		0.3533	3.0870		
0.5	Mean	-0.4427	9.6293	2.2358	-0.5403	11.5205	6.1769	2.7628
	Sd	0.3009	2.0603		0.3707	3.1485		
0.6	Mean	-0.4354	9.5745	2.4140	-0.5415	11.6686	7.6386	3.1643
	Sd	0.3133	2.1329		0.3951	3.5139		
0.7	Mean	-0.4302	9.5151	2.7297	-0.5486	11.8399	9.1142	3.3389
	Sd	0.3220	2.2630		0.4169	3.8317		
0.8	Mean	-0.4188	9.4167	2.6562	-0.5657	12.1332	14.6396	5.5115
	Sd	0.3270	2.2054		0.4583	4.9537		
0.9	Mean	-0.4052	9.2779	3.0496	-0.6308	12.9218	187.7169	61.5549
	Sd	0.3391	2.3365		1.6237	19.0948		

จากตารางที่ 4.2.5.1 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.5.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 24 กลุ่ม $(n = 720)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า)
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	$\frac{MSE_p}{MSE_g}$
0.1	Mean	-0.4696	9.4616	0.9657	-0.5154	10.3779	1.0829	1.1213
	Sd	0.1742	1.2696		0.1764	1.4120		
0.2	Mean	-0.4723	9.4262	0.9948	-0.5194	10.4315	1.1606	1.1667
	Sd	0.1829	1.2758		0.1891	1.4495		
0.3	Mean	-0.4724	9.3852	1.0375	-0.5249	10.4853	1.3309	1.2829
	Sd	0.1913	1.2889		0.2027	1.5450		
0.4	Mean	-0.4717	9.3444	1.0879	-0.5298	10.5248	1.3989	1.2858
	Sd	0.1998	1.3065		0.2144	1.5742		
0.5	Mean	-0.4698	9.2891	1.1291	-0.5337	10.5573	1.5221	1.3481
	Sd	0.2028	1.3087		0.2236	1.6387		
0.6	Mean	-0.4680	9.2544	1.2567	-0.5369	10.6307	1.7897	1.4241
	Sd	0.2090	1.3838		0.2371	1.7684		
0.7	Mean	-0.4640	9.1965	1.3043	-0.5418	10.6983	2.0482	1.5704
	Sd	0.2152	1.3847		0.2533	1.8832		
0.8	Mean	-0.4582	9.1498	1.3999	-0.5494	10.8057	2.3794	1.6997
	Sd	0.2187	1.4246		0.2669	2.0100		
0.9	Mean	-0.4366	8.9622	1.7152	-0.5536	10.9122	2.8486	1.6608
	Sd	0.2263	1.5167		0.2797	2.1884		

จากตารางที่ 4.2.5.2 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.4$ ถึง 0.9 ส่วน

ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลแต่ละตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.5.3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 36 กลุ่ม $(n=1,080)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า)
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	$\frac{MSE_p}{MSE_g}$
0.1	Mean	-0.4680	9.3846	0.6781	-0.5097	10.3067	0.6696	0.9875
	Sd	0.1412	0.9784		0.1403	1.1075		
0.2	Mean	-0.4636	9.3576	0.6772	-0.5066	10.3449	0.7135	1.0537
	Sd	0.1464	0.9591		0.1498	1.1344		
0.3	Mean	-0.4614	9.2963	0.7348	-0.5080	10.3427	0.7785	1.0595
	Sd	0.1517	0.9751		0.1599	1.1897		
0.4	Mean	-0.4590	9.2576	0.7773	-0.5088	10.3692	0.8411	1.0821
	Sd	0.1566	0.9890		0.1704	1.2322		
0.5	Mean	-0.4552	9.2367	0.8489	-0.5099	10.4275	0.9882	1.1640
	Sd	0.1634	1.0429		0.1827	1.3274		
0.6	Mean	-0.4499	9.1980	0.9345	-0.5086	10.4429	1.0288	1.1008
	Sd	0.1685	1.0937		0.1893	1.3518		
0.7	Mean	-0.4438	9.1705	0.9628	-0.5096	10.5087	1.1851	1.2309
	Sd	0.1762	1.0975		0.2020	1.4397		
0.8	Mean	-0.4380	9.1553	1.0589	-0.5118	10.5718	1.3662	1.2902
	Sd	0.1780	1.1705		0.2080	1.5377		
0.9	Mean	-0.4265	9.0173	1.2300	-0.5157	10.6119	1.4674	1.1930
	Sd	0.1787	1.2077		0.2151	1.5863		

จากตารางที่ 4.2.5.3 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่าง

สัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.1$ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.5.4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 48 กลุ่ม $(n=1,440)$

ให้ ρ	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท				ตัวแบบโพรบิท			ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า)
		b_0	b_1	MSE_g	b_0	b_1	MSE_p	$\frac{MSE_p}{MSE_g}$
0.1	Mean	-0.4683	9.3050	0.6575	-0.5085	10.1914	0.4675	0.7110
	Sd	0.1157	0.9046		0.1210	0.9405		
0.2	Mean	-0.4707	9.2647	0.6659	-0.5144	10.2230	0.4954	0.7440
	Sd	0.1271	0.8803		0.1334	0.9613		
0.3	Mean	-0.4729	9.2323	0.7069	-0.5188	10.2691	0.5559	0.7864
	Sd	0.1317	0.8985		0.1417	1.0100		
0.4	Mean	-0.4714	9.2087	0.7731	-0.5209	10.2949	0.6239	0.8071
	Sd	0.1406	0.9488		0.1504	1.0672		
0.5	Mean	-0.4684	9.1737	0.8161	-0.5204	10.3181	0.7069	0.8662
	Sd	0.1415	0.9641		0.1567	1.1354		
0.6	Mean	-0.4672	9.1614	0.8379	-0.5226	10.3653	0.7901	0.9429
	Sd	0.1465	0.9752		0.1639	1.1920		
0.7	Mean	-0.4628	9.1405	0.8893	-0.5228	10.3844	0.8715	0.9799
	Sd	0.1512	1.0083		0.1704	1.2519		
0.8	Mean	-0.4576	9.1175	0.9224	-0.5260	10.4087	0.9532	1.0333
	Sd	0.1541	1.0206		0.1783	1.3072		
0.9	Mean	-0.4416	9.0035	1.0569	-0.5290	10.4444	1.0938	1.0349
	Sd	0.1597	1.0454		0.1875	1.3986		

จากตารางที่ 4.2.5.4 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้นตั้งแต่ ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho=0.4$ ถึง 0.9 ส่วนค่าเฉลี่ย

ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยใกล้เคียงพารามิเตอร์ในทุกระดับความสัมพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_0 จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.5$ ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย b_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

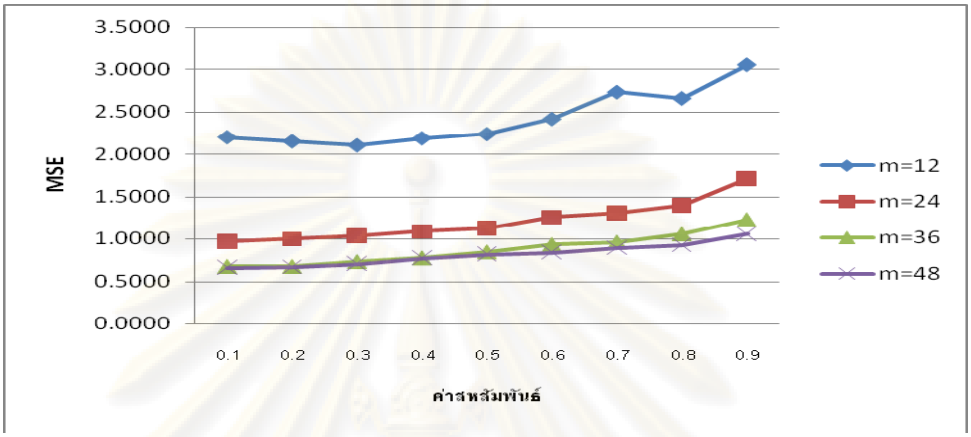
เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทเพื่อเปรียบเทียบประกอบการตัดสินใจ พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) สูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ และ $\rho = 0.9$ โดยที่ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่า เมื่อตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) มากกว่า 1 และถ้าตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทด้อยกว่าตัวแบบโพรบิทจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (เท่า) น้อยกว่า 1

จากตารางที่ 4.2.5.1 - 4.2.5.4 จะสามารถแสดงรูปภาพเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ12, 24, 36 และ48 พร้อมการอธิบายผล ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2.5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท ณ ที่ระดับค่าสหสัมพันธ์ต่างๆ คือ $\rho = 0.1,0.2,...,0.9$ ตามลำดับ ในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) คือ 12, 24, 36 และ 48



จากรูปที่ 4.2.5.1 พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ อีกทั้งยังพบว่าเมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) มีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท

พบว่า ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ไม่แตกต่างกันมากนักในทุกระดับความสัมพันธ์และทุกจำนวนกลุ่มตัวอย่าง โดยเมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยลดลง ซึ่งสามารถสรุปผลเป็นตารางแสดงการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยของทั้งสองตัวแบบแยกตามแต่ละกรณีศึกษา ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2.6 แสดงผลสรุปการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท

กรณีศึกษา	**ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยของทั้งสองตัวแบบ**	MSE
กรณีศึกษาที่ 1 $(\beta_1 = 0.5)$	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทให้ค่าสูงกว่าตัวแบบโพรบิท
กรณีศึกษาที่ 2 $(\beta_1 = 1)$	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทให้ค่าสูงกว่าตัวแบบโพรบิท
กรณีศึกษาที่ 3 $(\beta_1 = 2)$	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทให้ค่าต่ำกว่าตัวแบบโพรบิท
กรณีศึกษาที่ 4 $(\beta_1 = 5)$	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทให้ค่าต่ำกว่าตัวแบบโพรบิท
กรณีศึกษาที่ 5 $(\beta_1 = 10)$	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ให้ผลสรุปไม่ชัดเจน

หมายเหตุ **ในกรณีที่** 5 จะให้ผลสรุปที่ไม่เป็นระบบ โดยจะขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ดังนี้

- สำหรับขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 12 และ 24 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์

- สำหรับขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 36 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.1$

- สำหรับขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 48 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยสูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ และ $\rho = 0.9$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท เมื่อไม่ทราบค่าปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาหรือตัวแปรที่ไม่ครบถ้วน (Z) เพื่อทำการสังเกตคุณสมบัติของตัวประมาณ ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากการจำลอง(Simulation) ด้วยโปรแกรม R โดยจะแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1. แสดงผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

2. แสดงผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท

โดยคุณสมบัติของตัวประมาณดังกล่าวจะใช้เกณฑ์การตัดสินใจ 3 เกณฑ์ คือ เกณฑ์ในการวัดค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อพิจารณาว่าค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีคุณสมบัติของความเอนเอียงหรือไม่และทิศทางใด เกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) เนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นการพิจาณาคุณภาพของตัวประมาณในภาพรวม คือ จะพิจารณาทั้งค่าความแปรปรวนและค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าระดับความสัมพันธ์และจำนวนกลุ่มข้อมูลใดในแต่ละกรณีศึกษาที่ทำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์มากที่สุด และเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอย ซึ่งจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าระดับความสัมพันธ์และจำนวนกลุ่มข้อมูลใดในแต่ละกรณีศึกษาที่ทำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์มากที่สุด อีกทั้งเพื่อใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบว่าตัวแบบใดระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิทในแต่ละกรณีศึกษาที่ทำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์มากที่สุด โดยจะสรุปผลแยกตามวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย 2 ประเด็น ดังนี้

5.1 สรุปผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

พบว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จริงในทุกระดับความสัมพันธ์และทุกจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง (biased estimator) ในทิศทางที่เป็นบวก โดยสามารถสรุปผลแยกตามแต่ละกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

<u>เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น</u>

กรณีศึกษา	bias$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
กรณีศึกษาที่ 1 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$)	จะให้ค่าเพิ่มขึ้นในทุกระดับความสัมพันธ์	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์	จะให้ค่าใกล้เคียงกันไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจน
กรณีศึกษาที่ 2 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$)	จะให้ค่าเพิ่มขึ้นในทุกระดับความสัมพันธ์	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์	
กรณีศึกษาที่ 3 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$)	จะให้ค่าเพิ่มขึ้นในทุกระดับความสัมพันธ์แต่เพิ่มขึ้นไม่มากนัก	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์	
กรณีศึกษาที่ 4 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$)	จะให้ค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่สามารถแยกได้ชัดเจน	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์ (ยกเว้น ในระดับความสัมพันธ์ที่ 0.8 และ 0.9)	
กรณีศึกษาที่ 5 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$)	จะให้ค่าลดลงในทุกระดับความสัมพันธ์แต่จะลดลงไม่มากนัก	ในช่วงระดับความสัมพันธ์ต่ำจะให้ค่าลดลงแต่ในช่วงระดับความสัมพันธ์สูงจะให้ค่าเพิ่มขึ้น	ในช่วงระดับความสัมพันธ์ต่ำจะให้ค่าลดลงแต่ในช่วงระดับความสัมพันธ์สูงจะให้ค่าใกล้เคียงกันไม่สามารถแยกได้ชัดเจน

เมื่อข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้น

กรณีศึกษา	bias$(\hat{\rho})$	sd$(\hat{\rho})$	MSE$(\hat{\rho})$
กรณีศึกษาที่ 1 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$)	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง		
กรณีศึกษาที่ 2 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$)	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง		
กรณีศึกษาที่ 3 $\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึง ณ ระดับหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง	
กรณีศึกษาที่ 4 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$)	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มค่อยๆลดลง	
กรณีศึกษาที่ 5 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$)	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง	สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง(m) ที่ 12 และ 24 จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง ส่วนจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง(m)ที่ 36 และ 48 จะให้ค่าที่ไม่เป็นระบบ	จะให้ค่าที่มีแนวโน้มลดลง

จากผลการวิจัยทั้ง 5 กรณีศึกษาข้างต้น พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง(MSE)ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ลดลง

สำหรับเกณฑ์ในการวัดค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง(MSE) เพราะค่าดังกล่าวจะเป็นการ

พิจาณาคุณภาพของตัวประมาณในภาพรวม คือ พิจารณาทั้งค่าความแปรปรวนและค่าความเอนเอียงของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งจากผลการวิจัยทั้ง 5 กรณีศึกษาข้างต้น พบว่า เมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าลดลง

โดยสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ดังนี้

- <u>ระดับความสัมพันธ์</u> สำหรับกรณีศึกษาที่ 1-3 พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทุกจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้น จนถึง ณ ระดับหนึ่ง แล้วหลังจากนั้นจะกลับมามีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง สำหรับกรณีศึกษาที่ 4-5 พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทุกจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองจะมีแนวโน้มลดลง

- <u>จำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง</u> ในทุกกรณีศึกษา พบว่า เมื่อจำนวนตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทุกจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นในกรณีศึกษาที่ 1 และ 5 จะให้ผลที่ไม่ชัดเจนนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท

พบว่า ทั้งสองตัวแบบจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ไม่แตกต่างกันมากนักในทุกระดับความสัมพันธ์และทุกจำนวนกลุ่มตัวอย่าง โดยเมื่อค่าสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลองเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยลดลง ซึ่งสามารถสรุปผลเป็นตารางแยกตามแต่ละกรณีศึกษา ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2.1 แสดงผลสรุปการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยระหว่างตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทและตัวแบบโพรบิท

กรณีศึกษา	**ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยของทั้งสองตัวแบบ**	MSE	**การตัดสินใจ**
กรณีศึกษาที่ 1 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 0.5$)	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทให้ค่าสูงกว่าตัวแบบโพรบิท	ตัวแบบโพรบิทดีกว่า
กรณีศึกษาที่ 2 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 1$)	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทให้ค่าสูงกว่าตัวแบบโพรบิท	ตัวแบบโพรบิทดีกว่า
กรณีศึกษาที่ 3 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 2$)	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทให้ค่าต่ำกว่าตัวแบบโพรบิท	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่า
กรณีศึกษาที่ 4 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 5$)	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทให้ค่าต่ำกว่าตัวแบบโพรบิท	ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทดีกว่า

กรณีศึกษา	**ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยของทั้งสองตัวแบบ**	MSE	**การตัดสินใจ**
กรณีศึกษาที่ 5 ($\beta_0 = -0.5$ และ $\beta_1 = 10$)	ใกล้เคียงพารามิเตอร์	ให้ผลสรุปไม่ชัดเจน	-

หมายเหตุ

1 ตัวแบบใดให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยต่ำกว่าจะถือว่าเป็นตัวแบบที่ดีกว่า แสดงว่า ตัวแบบนั้นจะให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีค่าใกล้เคียงกับพารามิเตอร์จริงมากกว่า

2 **ในกรณีที่** 5 จะให้ผลสรุปที่ไม่เป็นระบบ โดยจะขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ดังนี้

- สำหรับขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 12 และ 24 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์
- สำหรับขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 36 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยต่ำกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.1$
- สำหรับขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (m) ที่ 48 พบว่า ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทจะให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความถดถอยสูงกว่าตัวแบบโพรบิทในทุกระดับความสัมพันธ์ ยกเว้น ณ ระดับความสัมพันธ์ที่ $\rho = 0.8$ และ $\rho = 0.9$

ข้อเสนอแนะ

1. ตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิทเหมาะสำหรับข้อมูลที่ตัวแปรตามแต่ละค่าสังเกตมีความสัมพันธ์กัน
2. วิธี Two-step regression มีความสะดวกในการประมาณค่าพารามิเตอร์ แต่อาจส่งผลให้ค่าประมาณที่ได้เกิดความเอนเอียงในทิศทางที่เป็นบวก ดังนั้นผู้วิจัยขอเสนอแนะแนวคิดในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ ถ้าทำการเพิ่มขนาดตัวอย่างภายในกลุ่มตัวอย่างการทดลอง (ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการแปลค่าปัจจัยดังกล่าว เนื่องจากเกินขอบเขตของงานวิจัย) อาจทำให้ค่าความเอนเอียงของตัวประมาณลดลง ซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางในงานวิจัยชิ้นต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สุกัญญา บุญมา. ตัวแบบความถดถอยโลจิสติคแบบเกาซ์เซียนคอพพูลา : วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ภาษาอังกฤษ

Daniel A. Powers, Yu Xie. Statistical Methods for Categorical Data Analysis. USA: Academic Press, 2000.

Roger B. Nelsen. An Introduction to Copulas. New York: Springer,1999.

Cherubini U., ULuciano E., and Vecchiato W. Copula method in finance. New York: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

Sinha, Debajyoti Chen and Ming-Hui. “Frailty Models”. Bayesian survival analysis. New York: Springe, c2001.

Sunti Tirapat and Seksan Kiatsupaibul. “Credit value at risk via credit scoring model”. Simulation Society Research Workshop, 2007.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก ตัวอย่างการใช้โปรแกรม R ในการดำเนินงานวิจัย

*** กรณี เมื่อกำหนดให้ Beta0=-0.5 และ Beta0=1 โดยให้ข้อมูลแต่ละตัวอย่างสัมพันธ์กันด้วยค่าสหสัมพันธ์ rho=0.5 ของขนาดกลุ่มตัวอย่างการทดลอง 12 กลุ่ม ***

```
load("seed1")
.Random.seed<-seed

rho_est<-c()
beta0<-c()
beta1<-c()
probitbeta0<-c()
probitbeta1<-c()
for(j in 1:1000){
Beta0<--0.5
Beta1<-1
rho<-0.5
rhostar<-0.1                    # Fix rhostar=0.1
r<-matrix(,360,12)
x<-rnorm(360,0,1)
t<-c()
z<-c()
z_real<-c()

# สร้างข้อมูล
for(i in 1:12){
        t<-c(t,rep(i,30))
        z_real[i]<-rnorm(1,0,1)
        z<-c(z,rep(z_real[i],30))
        r[,i]<-rep(c(0,sqrt(rhostar/(1-rhostar)),0),c((i-1)*30,30,330-(i-1)*30))
}
error<-sqrt(rho)*z+sqrt(1-rho)*rnorm(360,0,1)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
ystar<-Beta0+Beta1*x+error
y<-ifelse(ystar>0,1,0)
```

<u># ขั้นที่ 1 กำหนดค่าสหสัมพันธ์ (rhostar) เพื่อประมาณปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลา</u>

```
data<-
data.frame(y,x,r1=r[,1],r2=r[,2],r3=r[,3],r4=r[,4],r5=r[,5],r6=r[,6],r7=r[,7],r8=r[,8],r9=r[,9]
,r10=r[,10],r11=r[,11],r12=r[,12])
data
probit<-glm(y~.-1,family=binomial(link=probit),data=data)
summary(probit)
coef(probit)
coef<-as.matrix(coef(probit))
z_est<-
matrix(c(coef[2],coef[3],coef[4],coef[5],coef[6],coef[7],coef[8],coef[9],coef[10],coef[11],
coef[12],coef[13]),12,1)
z_est

# แก้สมการเพื่อหาค่าประมาณปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลา
u<-c()
diff<-c()
newz<-c()
u<-z_est*sqrt(rhostar)/sqrt(1-rhostar);
meanu<-mean(u)
diff<-u-meanu
meandiff<-mean(diff)
sddiff<-sd(diff)
knowz<-diff/sddiff          # ค่าประมาณปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลา ทั้ง 12 กลุ่ม

for(i in 1:12){
newz<-c(newz,rep(knowz[i],30))
}
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
# ขั้นที่ 2 นำค่าประมาณปัจจัยเกาซ์เซียนคอพพูลาที่ได้จากขั้นที่ 1 ไปประมาณ
# ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์ความถดถอย
data1<-data.frame(y,x,newz)
data1
probit1<-glm(y~.,family=binomial(link=probit),data=data1)
summary(probit1)
coef(probit1)
sqrt(rho)/sqrt(1-rho)
newcoef<-as.matrix(coef(probit1))

rho_est[j]<-(newcoef[3]^2)/(1+(newcoef[3]^2))      # ค่าประมาณ rho ของรอบที่ j
beta0[j]<-newcoef[1]*sqrt(1-rho_est[j])            # ค่าประมาณ Beta0 ของรอบที่ j
beta1[j]<-newcoef[2]*sqrt(1-rho_est[j])            # ค่าประมาณ Beta1 ของรอบที่ j

# กรณี probit ทั่วไป
data2<-data.frame(y,x)
probit2<-glm(y~.,family=binomial(link=probit),data=data2)
coef(probit2)
probitcoef<-as.matrix(coef(probit2))
probitbeta0[j]<-probitcoef[1]          # ค่าประมาณ Beta0 ของตัวแบบโพรบิท ของรอบที่ j
probitbeta1[j]<-probitcoef[2]          # ค่าประมาณ Beta1 ของตัวแบบโพรบิท ของรอบที่ j
}
rho_est
beta0
beta1

mean(beta0)                # ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ Beta0
mean(beta1)                # ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ Beta1
mean(probitbeta0)          # ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ Beta0 ของตัวแบบโพรบิท
mean(probitbeta1)          # ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ Beta1 ของตัวแบบโพรบิท
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
mean(rho_est)                    # ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ rho
sd(rho_est)                      # ส่วนเบี่ยงเบนของค่าประมาณ rho

mserho_est<-mean((rho_est-rho)^2)          # MSE ของค่าประมาณ rho
mserho_est

RMSE1<-sqrt((((beta0-Beta0)^2)+((beta1-Beta1)^2))/(2))
RMSE1
ARMSE1<-mean(RMSE1)
ARMSE1                                  # ARMSE ของตัวแบบเกาซ์เซียนคอพพูลาโพรบิท

RMSE2<-sqrt((((probitbeta0-Beta0)^2)+((probitbeta1-Beta1)^2))/(2))
RMSE2
ARMSE2<-mean(RMSE2)
ARMSE2                                  # ARMSE ของตัวแบบโพรบิท
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวลดาวัลย์ ศรีดาเดช เกิดวันจันทร์ที่ 16 เมษายน พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต (สต.ม.) สาขาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2550

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย