ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)
ปริญญา

สถิติ	สถิติ
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การเปรียบเทียบตัวประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอย ที่เกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร

A Comparison of Parameter Estimators in Regression Models with Multicollinearity

นามผู้วิจัย นางสาวนภัสพร จันทวงษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

(รองศาสตราจารย์เปรมใจ ตรีสรานุวัฒนา, M.S.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ....

(รองศาสตราจารย์สมบูรณ์ สุขพงษ์, M.S.)

หัวหน้าภาควิชา ....

(รองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ .... **เดือน** .... **พ.ศ.** ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบตัวประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอย ที่เกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร

A Comparison of Parameter Estimators in Regression Models with Multicollinearity

โดย

นางสาวภัสพร จันทวงษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นภัสพร จันทวงษ์ 2557: การเปรียบเทียบตัวประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยที่เกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ) สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์เปรมใจ ตรีสรานุวัฒนา, M.Stat. 120 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร โดยเปรียบเทียบตัวประมาณจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLSE) วิธีริดจ์รีเกรสชั่น (RRE) และวิธีลิว (LE) ใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวประมาณ กรณีศึกษาประกอบด้วยจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30, 50 และ 100 ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 0.01, 1 และ 100 และกำหนดระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ 4 ระดับ คือ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคแบบจำลองมอนติคาร์โล ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ทำซ้ำจำนวน 1000 รอบ

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ กรณีตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 วิธี LE เหมาะสมที่สุด ในทุกระดับความแปรปรวน ทุกระดับความสัมพันธ์ และทุกขนาดตัวอย่าง แต่ค่า AMSE ที่ได้จากการวิจัยนี้แสดงว่า วิธี OLSE และ RRE สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมในบางสถานการณ์ คือในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนเท่ากับ 0.01 หรือ 1

การศึกษานี้พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในกรณีที่เกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปรได้แก่ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน และขนาดตัวอย่าง กล่าวคือค่า AMSE เพิ่มขึ้น เมื่อระดับความสัมพันธ์และความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น แต่ค่า AMSE ลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

________________________ ________________________ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Napassaporn Juntawong 2014: A Comparison of Parameter Estimators in Regression Models with Multicollinearity. Master of Science (Statistics), Major Field: Statistics, Department of Statistics. Thesis Advisor: Associate Professor Premjai Trisaranuwattana, M.Stat. 120 pages.

This research focused on estimation of multiple linear regression coefficients with multicollinearity, estimators under study were Ordinary Least Square estimator (OLSE), Ridge Regression estimator (RRE) and Liu estimator (LE). The Average of Mean Square Error (AMSE) was used as a criterion in comparisons among three estimators. The conditions under investigated were as follow; 3, 5 and 10 independent variables, sample sizes of 30, 50 and 100, errors were normally distributed with zero mean and variances of 0.01, 1 and 100. Also included in the study was degree of correlation between any two independent variables which were at 4 levels; 0.8, 0.9, 0.95 and 0.99. All data were generated by Monte Carlo techniques with repeated 1,000 times under each situations.

The results of the research were as follows; For 3, 5 and 10 independent variables in regression model LE is the optimal method for all cases. It was also found that OLSE and RRE estimators were as efficient as LE when variances of error were low as 0.01 or 1.

When considering factors affected the regression coefficient estimators, it showed that degree of correlation, amount of error variances and sample sizes were important factors. This implied that the AMSE increased as degree of correlation and variances of error increased, on the other hand the AMSE decreased as sample size increased.

______________________ ______________________ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์เปรมใจ ตรีสรานุวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สมบูรณ์ สุขพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลี่ลี อิงศรีสว่าง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิภา โรจน์รุ่งวศินกุล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครู-อาจารย์ และเพื่อนๆทุกคน ที่ได้แนะนำสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้กำลังใจ ชี้แนะ และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้

นภัสพร จันทวงษ์

พฤษภาคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(19)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	23
สรุปและข้อเสนอแนะ	61
สรุป	61
ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	67
ภาคผนวก	69
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100	24
2	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100	25
3	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100	26
4	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100	28
5	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100	29
6	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100	30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

7 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 32

8 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 33

9 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 34

10 แสดงตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่เหมาะสมที่สุด เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 63

11 แสดงตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่เหมาะสมที่สุด เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 64

12 แสดงตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่เหมาะสมที่สุด เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 65

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 แผนผังการเขียนโปรแกรม 21

2 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 35

3 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 36

4 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 36

5 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 37

6 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 38

7 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 38

8 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 39

9 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 40

10 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

11 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 41
12 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 42
13 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 42
14 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 43
15 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 43
16 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 44
17 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 45
18 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 45
19 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 46
20 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 47

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

21 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 47
22 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 48
23 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 49
24 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 49
25 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 50
26 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 50
27 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 51
28 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 51
29 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ภาพที่		หน้า
30	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95	52
31	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95	53
32	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99	53
33	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99	54
34	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99	54
35	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$	56
36	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$	56
37	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$	57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

38 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตาม ขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 57

39 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตาม ขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 58

40 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตาม ขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 58

41 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตาม ขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 59

42 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตาม ขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 59

43 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตาม ขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 60

ภาพผนวกที่

1 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับ ความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

ภาพผนวกที่		หน้า
2	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$	70
3	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$	71
4	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$	71
5	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$	72
6	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$	72
7	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$	73
8	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$	73
9	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$	74
10	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$	74
11	แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$	75

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

12 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 75

13 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 76

14 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 76

15 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 77

16 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 77

17 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 78

18 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 78

19 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 79

20 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 79

21 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

22 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 80
23 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 81
24 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 81
25 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 82
26 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 82
27 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 83
28 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 83
29 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 84

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

30 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 84

31 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 85

32 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 85

33 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 86

34 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 86

35 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 87

36 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 87

37 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 88

38 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

39 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 89

40 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 89

41 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 90

42 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 90

43 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 91

44 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 91

45 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 92

46 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 92

47 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 93

48 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

49 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 94
50 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 94
51 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 95
52 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 95
53 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 96
54 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 96
55 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 97
56 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 97
57 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 98
58 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

59 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 99

60 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 99

61 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 100

62 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 100

63 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 101

64 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 101

65 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 102

66 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 102

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

67 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 103

68 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 103

69 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 104

70 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 104

71 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 105

72 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 105

73 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 106

74 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

75 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 107

76 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 107

77 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 108

78 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$ 108

79 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 109

80 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 109

81 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$ 110

82 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 110

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

83 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตาม ขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 111
84 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตาม ขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$ 111

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

OLSE	=	ตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด
RRE	=	ตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีริดจ์รีเกรสชั่น
LE	=	ตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีลิว
MSE	=	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
MSE	=	ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
HKB	=	วิธีของ Hoerl Kennard and Baldwin ที่ใช้ประมาณค่าคงที่ที่เหมาะสมของวิธีริดจ์รีเกรสชั่น
ρ	=	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ
Z_{ij}	=	ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน
VIF	=	ค่า Variance Inflation Factor
β	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย
$\widehat{\beta}$	=	ค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด
$\widehat{\beta}_R$	=	ค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธีริดจ์รีเกรสชั่น
$\widehat{\beta}_d$	=	ค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธีลิว
λ_i	=	ค่าลักษณะเฉพาะ (eigenvalue)
y	=	เวกเตอร์ของตัวแปรตาม
X	=	เมตริกซ์ของตัวแปรอิสระ
ε	=	เวกเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อน
n	=	ขนาดตัวอย่าง
k	=	จำนวนตัวแปรอิสระ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปรียบเทียบตัวประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอย ที่เกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร

A Comparison of Parameter Estimators in Regression Models with Multicollinearity

คำนำ

ปัจจุบันงานวิจัยในหลายสาขา ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ หรือสังคมศาสตร์ ต้องอาศัยความรู้ทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อให้งานวิจัยมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ และเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่นิยมใช้กันมากเทคนิคหนึ่ง คือ การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยกำหนดให้ตัวแปรที่สนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า ตัวแปรตาม (Dependent variable) ส่วนตัวแปรที่เหลือ เรียกว่า ตัวแปรอิสระ (Independent variables) เพื่อศึกษาว่าตัวแปรอิสระส่งผลอย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม หรือตัวแปรอิสระมีส่วนช่วยในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้มากน้อยเพียงใด โดยอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ด้วยตัวแบบการถดถอย (Regression Model) ซึ่งตัวแบบที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม กับตัวแปรอิสระ 1 ตัว เรียกว่า ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear regression model) แต่ถ้ามีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัว เรียกว่า การตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple linear regression model)

ตัวแบบแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุระหว่างตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามในรูปของเมตริกซ์ คือ

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

เมื่อ $\mathbf{y}$ คือ เวกเตอร์ของตัวแปรตามขนาด $n \times 1$

$\mathbf{X}$ คือ เมตริกซ์ของตัวแปรอิสระขนาด $n \times p$

$\boldsymbol{\beta}$ คือ เวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยขนาด $p \times 1$

$\boldsymbol{\varepsilon}$ คือ เวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนขนาด $n \times 1$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

n คือ ขนาดตัวอย่าง และ p คือ จำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบ

โดยที่ $E(\boldsymbol{\varepsilon}) = 0$ และ $COV(\boldsymbol{\varepsilon}) = \boldsymbol{\sigma}^2\mathbf{I}_n$

ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ วิธีที่นิยมใช้ คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares Method : OLS) ซึ่งมีตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยอยู่ในรูปของ $\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{y}$ วิธีนี้ให้ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงที่ดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator : BLUE) ตามทฤษฎีเกาส์-มาร์คอฟ (Gauss-Markov Theorem) โดยมีข้อกำหนด (Assumption) ของตัวแบบที่จำเป็นอยู่ข้อหนึ่งว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวที่อยู่ในตัวแบบการถดถอยไม่มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น แต่ในทางปฏิบัติแล้ว บ่อยครั้งที่พบว่า ตัวแปรอิสระมีแนวโน้มที่จะเกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร (Multicollinearity) คือ ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งมีผลต่อการอนุมานค่าพารามิเตอร์ เนื่องจากตัวประมาณที่ได้จะมีค่าความแปรปรวนเพิ่มมากขึ้น เมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในระดับที่สูงขึ้น ทำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยขาดความแม่นยำ และความน่าเชื่อถือไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งปัญหานี้เกิดขึ้นได้ทั้ง ในข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross sectional data) และข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series data) ถ้าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในระดับที่ไม่สูงมากนัก ก็จะมีผลต่อการอนุมานค่าพารามิเตอร์เพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ และหาวิธีแก้ไขในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร (Multicollinearity) เพื่อช่วยให้การอนุมานมีความแม่นยำ และน่าเชื่อถือ แนวทางการแก้ไข ได้แก่

1. การเพิ่มขนาดของตัวอย่าง เพื่อทำให้ข้อมูลมีการกระจายมากขึ้น อย่างไรก็ตามบางครั้งการเพิ่มขนาดของตัวอย่างเป็นสิ่งที่ทำได้ยากในทางปฏิบัติ เพราะทำให้ค่าใช้จ่าย และใช้เวลาเพิ่มมากขึ้น หรือทำให้ได้ข้อมูลที่มีค่าอยู่นอกเหนือจากความสนใจ และอาจทำให้ได้ค่าที่ผิดปกติ ซึ่งจะส่งผลต่อตัวแบบการถดถอย

2. การเปลี่ยนตัวแบบการถดถอย โดยการตัดตัวแปรอิสระบางตัวที่มีความสัมพันธ์กันออกจากตัวแบบ ถ้าหากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระนั้นมีความชัดเจนพอ แต่ในบางครั้งการตัดตัวแปรอิสระตัวใดตัวหนึ่งออกจากตัวแบบทำได้ยาก เนื่องจากลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจน และอาจตัดตัวแปรอิสระที่มีอำนาจสูงในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามออก ซึ่งจะส่งผลต่อตัวแบบการถดถอยอย่างมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การใช้ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีอื่น ที่ยอมให้ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ต้องตัดตัวแปรอิสระออกจากตัวแบบ ตัวประมาณที่ได้จะมีความเอนเอียง (Biased) แต่ตัวประมาณโดยวิธีเหล่านี้จะมีความแปรปรวนต่ำกว่าตัวประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares Method : OLS) ตัวอย่างวิธีการประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปรมีผู้เสนอแนะวิธีการไว้ดังนี้

ปี ค.ศ. 1970 โฮเอิร์ล และเคนนาร์ด (Hoerl and Kennard) ได้เสนอตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบริดจ์ (Ridge Regression Estimator : RRE) อยู่ในรูปของ

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_R = (\mathbf{X}'\mathbf{X} + c\mathbf{I})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{y} \quad ; \quad c > 0$$

โดยหลักการของวิธีนี้ คือ การนำค่าคงที่ c ที่มากกว่าศูนย์ มาบวกกับสมาชิกทุกตัวบนเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ จะทำให้ $(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ มีค่าลดลง โดยข้อดีของตัวประมาณริดจ์ทำให้ได้ตัวประมาณที่มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Squares Error : MSE) ต่ำกว่าตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุด แต่ข้อจำกัด คือ ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับการคำนวณค่า c ที่เหมาะสม

ในปี ค .ศ. 1993 ลิว (Liu) ได้เสนอตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบลิว (Liu Estimator : LE) อยู่ในรูปของ

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_d = (\mathbf{X}'\mathbf{X} + \mathbf{I})^{-1}(X'\mathbf{y} + d\hat{\boldsymbol{\beta}}) \quad ; \quad d \in (-\infty, +\infty)$$

เมื่อ $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ คือ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด

วิธีนี้ใช้หลักการของตัวประมาณแบบริดจ์ โดยการนำค่าคงที่ d มาบวกกับสมาชิกทุกตัวบนเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ โดยข้อดีของตัวประมาณลิว คือ เป็นฟังก์ชันของ d ทำให้การคำนวณหาค่า d ที่เหมาะสมสะดวกกว่าการคำนวณหาค่า c จากวิธีริดจ์รีเกรสชั่น แต่ข้อจำกัด คือ ไม่มีโปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณหาค่า d

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งตามข้อกำหนดของตัวแบบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวที่อยู่ในตัวแบบการถดถอยไม่มีความสัมพันธ์ในลักษณะร่วมเชิงเส้นกัน ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงตัวแบบการถดถอยให้เป็นไปตามข้อกำหนด เหมาะสมต่อการนำไปใช้พยากรณ์ และมีความแม่นยำ ในการศึกษานี้จึงสนใจเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร วิธีการที่นำมาศึกษา ได้แก่ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด ตัวประมาณริดจ์ และ ตัวประมาณลิว โดยใช้การจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคแบบจำลองมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาข้อดี ข้อเสีย คุณสมบัติ และข้อจำกัดของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปรแต่ละวิธี

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร ได้แก่

2.1 ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares Estimator : OLSE)

2.2 ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยริดจ์ (Ridge Regression Estimator : RRE)

2.3 ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยลิว (Liu Estimator : LE)

3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ ทั้ง 3 วิธี ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ ความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน ขนาดตัวอย่าง และจำนวนตัวแปรอิสระ

โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย คือ การพิจารณาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ของตัวประมาณใดที่มีค่าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดจะเป็นตัวประมาณที่เหมาะสมที่สุด ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร และสรุปตัวประมาณที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่เหมาะสม ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร

2. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา /วิจัยเพิ่มเติม ในการแก้ไข และปรับปรุงตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ในกรณีอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

3. นำผลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในงานสาขาต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาการเกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร

ขอบเขตของการวิจัย

1. จำนวนตัวแปรอิสระ (X) ที่นำมาศึกษามี 3 ระดับ คือ 3, 5 และ10

2. ขนาดตัวอย่าง (n) ที่นำมาศึกษามี 3 ขนาด คือ 30, 50 และ100

3. ค่าความคลาดเคลื่อน (ε) ที่นำมาศึกษามีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) โดยมีค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 0 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 0.01, 1 และ 100

4. ระดับสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ρ) ที่นำมาศึกษา มี 4 ระดับคือ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99

5. จำลองข้อมูลด้วยเทคนิคแบบจำลองมอนติคาร์โล ทำการจำลองในแต่ละสถานการณ์ของการวิจัยจำนวน 1000 รอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

การตรวจเอกสารแยกออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. วิธีการทางสถิติ
2. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิธีการทางสถิติ

1. วิธีการตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน

วิธีตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปรหรือไม่นั้นมีหลายวิธี สำหรับวิธีที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ การพิจารณาจากค่า VIF (Variance Inflation Factor) ซึ่งวัดว่าความแปรปรวนของ แต่ละเทอมในตัวแบบที่เกิดจากตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร มีค่ามากเกินไปเพียงใด เมื่อเทียบกับกรณีที่ตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กัน เป็นค่าที่คำนวณสำหรับทุกๆตัวแปร ซึ่งคำนวณจาก

$$VIF_j = (1-R_j^2)^{-1} \qquad \text{เมื่อ } j = 1, 2, \ldots, k$$

เมื่อ R_j^2 คือ สัมประสิทธิ์ตัวกำหนดของ X_j กับตัวแปรอิสระอื่นๆ ที่เหลือ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจจากค่า VIF ว่า ถ้าเทอมใดมีค่า VIF มากกว่า 10 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร

2. การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร

วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปรมีหลายวิธี แต่วิธีที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้จะพิจารณา 3 วิธี โดยรายละเอียดของแต่ละวิธี มีดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares Estimator : OLSE)

ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares Estimator : OLSE) เป็นวิธีมาตรฐานที่นิยมใช้กันทั่วไป อยู่ในรูปของ

$$\hat{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{y} \qquad (2.1.1)$$

ซึ่ง $\hat{\beta}$ เป็นตัวประมาณที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงที่ดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator : BLUE) ของ β โดยมีคุณสมบัติตามทฤษฎีเกาส์ -มาร์คอฟ (Gauss-Markov Theorem) ที่มีข้อกำหนด (Assumption) ของตัวแบบที่จำเป็นอยู่ข้อหนึ่งว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวที่อยู่ในตัวแบบการถดถอยไม่มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น แต่ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร (Multicollinearity) ตัวประมาณโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะมีความเอนเอียง และมีค่าความแปรปรวนมาก ซึ่งสามารถพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของตัวประมาณ $\hat{\beta}$ และค่าเฉลี่ยความแตกต่างกำลังสองระหว่าง $\hat{\beta}$ และ β ดังต่อไปนี้

ตัวประมาณ $\hat{\beta}$ มีค่าความแปรปรวนเป็น

$$\mathrm{Var}(\hat{\beta}) = \sigma^2(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \qquad (2.1.2)$$

และให้ L_1 คือ ความแตกต่างระหว่าง $\hat{\beta}$ และ β ดังนั้นค่าความแตกต่างกำลังสองระหว่าง $\hat{\beta}$ และ β มีค่าดังนี้

$$L_1^2 = (\hat{\beta} - \beta)'(\hat{\beta} - \beta) \qquad (2.1.3)$$

และค่าคาดหวังของความแตกต่างกำลังสองระหว่าง $\hat{\beta}$ และ β คือ

$$E(L_1^2) = \sigma^2 \mathrm{trace}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \qquad (2.1.4)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งนี้ $$E(L_1^2) = E[(\hat{\beta} - \boldsymbol{\beta})'(\hat{\beta} - \boldsymbol{\beta})]$$
$$= E[\hat{\beta}'\hat{\beta} - 2\hat{\beta}'\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\beta}'\boldsymbol{\beta})]$$
$$= E(\hat{\beta}'\hat{\beta}) - \boldsymbol{\beta}'\boldsymbol{\beta}$$

หรือ $$E(\hat{\beta}'\hat{\beta}) = \boldsymbol{\beta}'\boldsymbol{\beta} + \sigma^2 \text{trace}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$$

เมื่อ $\boldsymbol{\varepsilon}$ มีการแจกแจงแบบปกติจะได้

$$\text{Var}(L_1^2) = 2\sigma^4 \text{trace}[(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}]^2 \qquad (2.1.5)$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าการประมาณค่าต่างๆจะอยู่ในรูปเมตริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบการประมาณค่า $\hat{\beta}$ จึงควรแปลงให้อยู่ในรูปค่าลักษณะเฉพาะ (Eigenvalue) ของเมตริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ โดยใช้สมบัติข้อหนึ่งของค่าลักษณะเฉพาะ ถ้า λ_i เป็นค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ เมื่อ i = 1, 2, …, k+1 แล้ว $\sum_{i=1}^{k+1}\lambda_i$ จะเท่ากับ trace($\mathbf{X}'\mathbf{X}$)

สมมติให้ค่า λ_i เป็นค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ ซึ่ง λ_{max} คือ ค่าลักษณะเฉพาะที่มีค่ามากที่สุด และ λ_{min} คือ ค่าลักษณะเฉพาะที่มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้น

$$(\lambda_{max} = \lambda_1) \geq \lambda_2 \geq \ldots \geq (\lambda_{min} = \lambda_{k+1}) > 0$$

จากสมการ (2.1.4) และ (2.1.5) สามารถเขียนในรูปค่าลักษณะเฉพาะได้ดังนี้

$$E(L_1^2) = \sigma^2 \sum_{i=1}^{k+1} \frac{1}{\lambda_i}$$

และ $$\text{Var}(L_1^2) = 2\sigma^4 \sum_{i=1}^{k+1} \left(\frac{1}{\lambda_i}\right)^2$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีสภาพไม่เหมาะสม ค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X'X}$ จะมีค่าน้อย ซึ่งทำให้ผลต่างระหว่างเวกเตอร์ของ $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ และเวกเตอร์ $\boldsymbol{\beta}$ มีค่ามากจึงส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Squares Error : MSE) มีค่ามากขึ้น หรือหมายความว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าตัวประมาณที่มีค่ามากเกินไป ดังนั้นในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจึงอาจเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม เมื่อค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X'X}$ มีค่าน้อย

2.2 ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีริดจ์รีเกรสชั่น (Ridge Regression Estimator : RRE)

โฮเอิร์ล และเคนนาร์ด (1970) ได้ทำการศึกษา และเสนอตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีริดจ์รีเกรสชั่น (Ridge Regression Estimator : RRE) ซึ่งอาศัยหลักการ คือ ลดค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณให้น้อยลง โดยการนำค่าคงที่ (c) ที่มากกว่าศูนย์มาบวกกับสมาชิกทุกตัวบนเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์ $\mathbf{X'X}$ เพื่อที่จะทำให้ค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X'X}$ มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ตัวประมาณที่มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำกว่าตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุด

ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบริดจ์ (RRE : $\hat{\boldsymbol{\beta}}_R$) คือ

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_R = (\mathbf{X'X} + c\mathbf{I})^{-1}\mathbf{X'y} \quad ; \quad c > 0 \qquad (2.2.1)$$

$$= \mathbf{W}\hat{\boldsymbol{\beta}} \qquad (2.2.2)$$

เมื่อ $\mathbf{W} = [\mathbf{I} + c(\mathbf{X'X})^{-1}]^{-1}$; $c > 0$ และ ถ้า $c = 0$; ตัวประมาณ $\hat{\boldsymbol{\beta}}_R = \hat{\boldsymbol{\beta}}$

และ $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ = ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLSE)

โดย $\hat{\boldsymbol{\beta}}_R$ เป็นตัวประมาณที่เอนเอียง (Biased) ของ $\boldsymbol{\beta}$ ทั้งนี้เพราะ

$$E(\hat{\boldsymbol{\beta}}_R) = E(\mathbf{W}\hat{\boldsymbol{\beta}})$$

$$= \mathbf{W}\boldsymbol{\beta} \qquad (2.2.3)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$\hat{\beta}_R$ มีค่าความแปรปรวนเป็น

$$\mathbf{Var}\,(\hat{\beta}_R) = \sigma^2(\mathbf{X'X} + c\mathbf{I})^{-1}\mathbf{X'X}(\mathbf{X'X} + c\mathbf{I})^{-1} \qquad (2.2.4)$$

โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบริดจ์เป็น

$$\mathbf{MSE}\,(\hat{\beta}_R) = E[(\hat{\beta}_R - \beta)'(\hat{\beta}_R - \beta)]$$

$$= \sigma^2\sum_{i=1}^{k+1}\frac{\lambda_i}{(\lambda_i + c)^2} + c^2\beta'(\mathbf{X'X} + c\mathbf{I})^{-2}\beta \qquad (2.2.5)$$

โดยที่ λ_i คือ ค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X'X}$

σ^2 คือ ค่าความแปรปรวนที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

สำหรับการประมาณค่า c ที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้วิธีของโฮเอิร์ล เคนนาร์ด และบาลด์วิน (Hoerl, Kennard and Baldwin ; HKB, 1975) วิธีนี้จะให้ค่า MSE ต่ำ เมื่อ $c_i = \dfrac{\sigma^2}{\beta_i'\beta_i}$ ซึ่งค่า c เกิดจากการทำซ้ำ (iteration) เมื่อต้องการค่า c เพียงหนึ่งค่า สามารถทำได้การนำค่า c มาหาค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิค (Harmonic mean) ดังนี้

$$c = \frac{k\hat{\sigma}^2}{\hat{\beta}'\hat{\beta}}$$

โดยที่ k คือ จำนวนตัวแปรอิสระ

$\hat{\beta}$ คือ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด

$\hat{\sigma}^2$ คือ ค่าประมาณของความแปรปรวนโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่อมา โฮเอิร์ล และเคนนาร์ดได้พัฒนาวิธีการนี้โดยนำค่า c จากสมการ c = $\frac{k\hat{\sigma}^2}{\hat{\beta}'\hat{\beta}}$ เป็นค่าเริ่มต้น และทำซ้ำเพื่อหาค่า $\hat{\beta}_R$ จะได้เวกเตอร์ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบริดจ์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 จาก $\hat{\beta}$ ที่ได้คำนวณหาค่า c_0 จาก $c_0 = \frac{k\hat{\sigma}^2}{\hat{\beta}'\hat{\beta}}$

ขั้นที่ 2 จาก $\hat{\beta}_R(c_0)$ ที่ได้คำนวณหาค่า c_1 จาก $c_1 = \frac{k\hat{\sigma}^2}{\hat{\beta}'_R(c_0)\hat{\beta}_R(c_0)}$

ขั้นที่ 3 จาก $\hat{\beta}_R(c_1)$ ที่ได้คำนวณหาค่า c_2 จาก $c_2 = \frac{k\hat{\sigma}^2}{\hat{\beta}'_R(c_1)\hat{\beta}_R(c_1)}$

.

.

.

จะทำซ้ำไปเรื่อยๆ และจะหยุดทำซ้ำในครั้งที่ j+1 เมื่อ $\frac{c_{j+1} - c_j}{c_j} < 20T^{-1.3}$ โดยที่

$$T = \frac{\text{trace}(\mathbf{X'X})^{-1}}{k}$$

ถ้าหากตัวแปรอิสระเกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปรมากๆ ค่าของ T จะมีค่ามาก ซึ่งทำให้ $20T^{-1.3}$ มีค่าน้อย จำนวนครั้งที่ทำซ้ำจะมากขึ้น

2.3 ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบลิว (Liu Estimator : LE)

ลิว (Liu, 1993) ได้เสนอตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบลิว (Liu Estimator : LE) โดยการปรับปรุงตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุด และตัวประมาณแบบริดจ์ โดยอาศัยหลักการคือ ลดค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณให้น้อยลง โดยการนำค่าคงที่ (d) ค่าหนึ่งมาบวกกับสมาชิกทุกตัวบนเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์ $\mathbf{X'X}$ เพื่อแก้ปัญหาในการประมาณค่า k แต่ใช้การประมาณค่า d โดยใช้หลักของสไตน์แทน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบลิว (LE) มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำกว่าตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งอยู่ในรูปของ

$$\hat{\beta}_d = (\mathbf{X}'\mathbf{X} + \mathbf{I})^{-1}(X'\mathbf{y} + d\hat{\beta}) \quad ; \quad d \in (-\infty, +\infty) \qquad (2.3.1)$$

$$= \mathbf{F_d}\,\hat{\beta} \qquad (2.3.2)$$

เมื่อ $\mathbf{F_d} = (\mathbf{X}'\mathbf{X} + \mathbf{I})^{-1}(\mathbf{X}'\mathbf{X} + d\mathbf{I})$ และ ถ้า $d = 1$; LE จะลดรูปเป็น OLSE
และ $\hat{\beta}$ คือ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด

โดย $\hat{\beta}_d$ เป็นตัวประมาณที่เอนเอียง (Biased) ของ β ทั้งนี้เพราะ

$$E(\hat{\beta}_d) = E(\mathbf{F_d}\,\hat{\beta})$$

$$= (\mathbf{F_d} - \mathbf{I})\beta \qquad (2.3.3)$$

$\hat{\beta}_d$ มีค่าความแปรปรวนเป็น

$$\mathbf{Var}(\hat{\beta}_d) = \sigma^2\mathbf{F_d}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{F_d}' \qquad (2.3.4)$$

โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบลิวเป็น

$$\mathbf{MSE}\,(\hat{\beta}_d) = E[(\hat{\beta}_d - \beta)'(\hat{\beta}_d - \beta)]$$

$$= \sigma^2 \mathrm{trace}(\mathbf{F_d}\,(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\,\mathbf{F_d}') + (d-1)^2\beta'(\mathbf{X}'\mathbf{X} + \mathbf{I})^{-2}\beta \qquad (2.3.5)$$

$$= \sigma^2\sum_{i=1}^{p}\frac{(\lambda_i + d)^2}{(\lambda_i + 1)^2} + (d-1)^2\sum_{i=1}^{p}\frac{\alpha_i^2}{(\lambda_i + 1)^2} \qquad (2.3.6)$$

โดยที่ σ^2 คือ ค่าความแปรปรวนที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

$\alpha = \mathbf{Q}'\beta$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Q คือ เมตริกซ์เชิงตั้งฉากขนาด p × p โดยที่แต่ละแนวตั้งของ p คือ เวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (eigenvector) ที่สอดคล้องกับค่าลักษณะเฉพาะของ $\mathbf{X'X}$ กล่าวคือ $\mathbf{Q} = (q_1, q_2,\ldots, q_p)$ เมื่อ $q_1, q_2,\ldots, q_p$ เป็นเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะที่สอดคล้องกับค่าลักษณะเฉพาะ $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$

สำหรับการประมาณค่า d ที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้วิธีของลิว (Liu, 1993) วิธีนี้จะให้ค่า MSE น้อยที่สุด สามารถหาได้ดังนี้

$$d = \frac{\sum_{i=1}^{k+1}\left(\frac{(\sigma^2 - k\alpha_i^2)}{(\lambda_i + k)^2}\right)}{\sum_{i=1}^{k+1}\left(\frac{(k\alpha_i^2 + \sigma^2)}{\lambda_i(\lambda_i + k)^2}\right)}$$

โดยที่ k คือ จำนวนตัวแปรอิสระ

λ_i คือ ค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X'X}$

σ^2 คือ ค่าความแปรปรวนที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

$\alpha = \mathbf{Q}'\boldsymbol{\beta}$

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นุสรา (2535) ได้ศึกษาเปรียบเทียบตัวประมาณที่เหมาะสมในการประมาณค ่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส ้นตรงแบบพหุในกรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ ์กัน โดยใช้ตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) ตัวประมาณริดจ์รีเกรสชั่นเมื่อค่า k คำนวณจากวิธี Hoerl, Kennard Baldwin (HKB) และ วิธี Lawless and Wang (LW) และตัวประมาณลาเทนรูทธ ์รีเกรสชั่น (LR) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 30 และ 50 จำนวนตัวแปรอิสระเท ่ากับ 3 และ 5 ตามลำดับ และกำหนดระดับการเกิดพหุสัมพันธ ์ระหว ่างตัวแปรอิสระเป็ น 9 ช่วง โดยพิจารณาค ่าเฉลี่ยกำลังสองความคลาดเคลื่อน (AMSE) สามารถสรุปได ้ว่าเมื่อความคลาดเคลื่อนของข ้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติตัวประมาณ LR ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้น ตัวประมาณ HKB เป็นตัวประมาณที่ดีที่สุด ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติปลอมปนตัวประมาณ LR เป็นตัวประมาณที่ดีที่สุด เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงขึ้น ตัวประมาณ HKB จะให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด นอกจากนี้ ในกรณีที่ค่าสเกลแฟคเตอร์และเปอร์เซ็นต์ของการปลอมปนมีค่าสูงขึ้น ตัวประมาณ HKB จะให้ค่า AMSE

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่ำที่สุดในทุกกรณีของระดับความสัมพันธ์ สำหรับในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล สรุปได้ว่าตัวประมาณ LR เป็นตัวประมาณที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุดใน ทุกกรณี จากการพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อค่ากำลังสองของความคลาดเคลื่อน พบว่า การเพิ่มจำนวนตัวแปรอิสระ การเพิ่มค่าการเกิดความสัมพันธ์ทำให้ค่า AMSE สูงขึ้น และการเพิ่มขนาดตัวอย่างมีผลทำให้ค่า AMSE ลดลง นอกจากนี้เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ตัวประมาณทั้ง 4 วิธี ให้ค่า AMSE ต่ำกว่าในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติปลอมปนและ แบบลอกนอร์มอล

ธันยากร (2538) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุในกรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีริดจ์รีเกรสชั่น (RR) และ วิธีที่ใช้หลักของริดจ์และสไตน์ (RS) โดยทำซ้ำ 500 ครั้งในแต่ละกรณี พิจารณาจากเกณฑ์เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง พบว่า กรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและปกติปลอมปน วิธี RR ให้ผลดีเป็นส่วนใหญ่ในทุกการแจกแจง ส่วนวิธี RS ให้ผลดีที่สุดในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดยที่ระดับพหุสัมพันธ์มีค่าอยู่ในระดับต่ำ และปานกลาง และจะให้ผลดีสุดเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ที่ระดับพหุสัมพันธ์มีค่าอยู่ในระดับต่ำ และปานกลาง ซึ่งในกรณีนี้ให้ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.05 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 นอกจากนี้วิธี RS ให้ผลดีที่สุดในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติปลอมปนเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ 5 โดยที่ระดับพหุสัมพันธ์มีค่าอยู่ในระดับต่ำ และปานกลาง ซึ่งในกรณีนี้ให้ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.05 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 3 และเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ 5 และ 10 กรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล วิธี RS ให้ผลดีที่สุดในทุกกรณี และจะให้ผลดีขึ้นเมื่อค่า CV มีค่าเพิ่มขึ้น

กรรณิกาณ์ (2540) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุในกรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน วิธีการเปรียบเทียบที่นำมาพิจารณาคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบ่งส่วน (PLS) วิธีการถดถอยองค์-ประกอบ (PCR) และวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) เกณฑ์ การเปรียบเทียบ คือ อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยกำลังสองความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัย เท่ากับ 5, 8 และ 12 ขนาดตัวอย่างที่ใช้เท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระบวกด้วย 40 ความคลาดเคลื่อนเป็นกลุ่มตัวอย่าง ที่สุ่มจากการแจกแจงปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.0, 3.0, 5.0, 7.0 และ 10.0 ตามลำดับโดยกำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับความสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.60, 0.70, 0.80, 0.95, 0.975 และ 0.999 ผลการวิจัยได้ข้อสรุปในแต่ละวิธีการดังนี้ คือวิธี OLS มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการพยากรณ์ในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันไม่มากนักและในทุกระดับความสัมพันธ์ สำหรับวิธี PCR มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการพยากรณ์ในกรณีที่ตัวแปรอิสระทุกตัวมีความสัมพันธ์กันและระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระมีค่าสูง ส่วนวิธี PLS มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการพยากรณ์ในกรณีที่ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันมีจำนวนเกินครึ่งหนึ่งของจำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมดป ัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังสองความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (AMSEP) ของวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ การถดถอยในแต่ละวิธีเรียงตามลำดับจากมากไปน ้อย คือ จำนวนตัวแปรอิสระและลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน และระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ โดยที่ค่า AMSEP ของแต่ละวิธีจะแปรผันตามหรือแปรผกผันกับระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระในบางกรณีทั้งนี้ขึ้นอยู ่กับจำนวนตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ ์กันและลักษณะของความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ

พรทิพย์ (2542) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมการพยากรณ์เมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบริดจ์ วิธีวิเคราะห์ความถดถอยองค์ประกอบหลัก และวิธีวิเคราะห์ความถดถอยลาเทนรูทธ์ เกณฑ์การเปรียบเทียบที่ใช้ คือ ค่าอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยจากค่าเวกเตอร์เจาะจงที่สอดคล้องกับค่าเจาะจงที่มากสุดและน้อยสุด โดยที่กำหนดจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, 7 และ 9 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 50 และ 70 และระดับความสัมพันธ์ 3 ระดับ คือ ระดับสูง ปานกลาง และต่ำ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) กรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ พบว่าวิธีริดจ์ (HBK) ให้ผลดีกว่าในทุกกรณี ยกเว้น เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยคือค่าเวกเตอร์เจาะจงที่สอดคล้องกับค่าเจาะจงที่น้อยสุด เมื่อระดับสัมประสิทธิ์ความผันแปรสูงขึ้นวิธีลาเทนรูทธ์ให้ผลดีกว่า 2) กรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบลอกนอร ์มอล พบว่าเมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยคือค ่าเวกเตอร์เจาะจง ที่สอดคล้องกับค่าเจาะจงที่มากสุดในระดับความสัมพันธ ์สูงและต่ำวิธีวิเคราะห ์องค์ประกอบหลักให้ผลดีกว่าทุกกรณี แต่ในระดับความสัมพันธ์ปานกลาง วิธีริดจ์ให้ผลดีกว่า และเมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยคือค่าเวกเตอร์เจาะจงที่สอดคล้องกับค่าเจาะจงที่น้อยที่สุด เมื่อระดับ C.V. ต่ำวิธีลาเทนรูทธ์ให้ผลดีกว่า แต่เมื่อระดับ C.V. สูงขึ้น วิธีริดจ์ให้ผลดีกว่า ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนแปรผันตามจำนวนตัวแปรอิสระและระดับ C.V. แต่แปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kaciranlar *et al.* (1999) ได้ทำการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) ตัวประมาณโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดที่ถูกจำกัด (RLS) และตัวประมาณแบบลิวที่ถูกจำกัด (RL) ผลจากการศึกษา พบว่า RL มีค่า MSE น้อยกว่า OLS และ RLS ซึ่งตรงตามทฤษฎีที่ได้เสนอไว้

Akdeniz and Kaciranlar (2001) ได้ทำการศึกษาตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบลิวที่ถูกจำกัด (RL) เปรียบเทียบกับตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุดที่ถูกจำกัด (RLS) โดยใช้ค่า MSE เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลจากการศึกษา พบว่า ในกรณีที่ข้อจำกัดเป็นจริง และไม่เป็นจริง RL มีค่า MSE ต่ำกว่า หรือเท่ากับ RLS

Jahufer and Wijekoon (2003) ได้ทำการศึกษาตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบต่างๆ คือ เปรียบเทียบระหว่างตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยของริดจ์แบบดัดแปลง (MRRE) กับ ตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยของริดจ์ที่ถูกจำกัด (RRRE) ตัวประมาณโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLSE) กับ ตัวประมาณของลิว (LE) และตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุดที่ถูกจำกัด (RLSE) กับ ตัวประมาณของลิวที่ถูกจำกัด (RLE) โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการเลือกตัวประมาณที่เหมาะสม ผลจากการศึกษา พบว่า จากการเปรียบเทียบ MRRE กับ RRRE ที่ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแตกต่างกัน 3 ระดับ สรุปได้ว่า ควรใช้ RRRE แทน MRRE ที่ระดับของค่า k เดียวกัน จะสามารถลดปัญหาเมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน โดยระดับของค่า k ที่เลือกใช้ต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม และในกรณีที่เกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ควรใช้ LE แทน OLSE และ ใช้ RLE แทน RLSE จะสามารถลดปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันได้

Kibria (2003) ได้ทำการศึกษาตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบริดจ์ โดยทำการประมาณค่าคงที่ (k) และใช้ค่า MSE เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลจากการศึกษา พบว่า วิธี GM และ LW ให้ผลดีเท่ากัน และให้ผลที่ดีกว่าวิธี HKB เพียงเล็กน้อย ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำวิธี GM ให้ผลที่ดีกว่าวิธี LW แต่ถ้าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงวิธี LW ให้ผลที่ดีกว่าวิธี GM และวิธี HKB

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำขนาด 224 MB มีความเร็วในการประมวลผล 256 MHz และโปรแกรม VB.net ที่ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้จากการสร้างข้อมูล โดยใช้การจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) ภายใต้สถานการณ์ต่างๆกัน ตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการวิจัย ในแต่ละสถานการณ์สร้างข้อมูล 1,000 รอบ

รายละเอียดของขั้นตอนการวิจัยมีดังนี้

1. สร้างข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน (ε) ที่มีการแจกแจงปกติ (normal distribution) โดยมีค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 0 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 0.01, 1 และ 100 โดยที่ฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงอยู่ในรูปของ

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right], \quad -\infty < x < \infty$$

2. สร้างข้อมูลของตัวแปรอิสระ (X_{ij}) ให้มีระดับสหสัมพันธ์ต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการวิจัย โดยจำลองข้อมูลตามจำนวนตัวแปรอิสระ

$$X_{ij} = (1 - \rho^2)^{\frac{1}{2}} Z_{ij} + \rho Z_{i(k+1)} \; ; \; i = 1, 2, 3, \ldots, n \; ; \; j = 1, 2, 3, \ldots, k$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เช่น กรณีตัวแปรอิสระ 5 ตัว และขนาดตัวอย่าง (n)

$$X_{ij} = (1 - \rho^2)^{1/2} Z_{ij} + \rho Z_{i6} \; ; \; i = 1, 2, 3, \ldots, n \; ; \; j = 1, 2, 3, 4, 5$$

เมื่อ Z_{ij} คือ ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1 และเป็นอิสระต่อกัน

ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีระดับความสัมพันธ์ตามที่กำหนด

k คือ จำนวนตัวแปรอิสระ

3. กำหนดค่าเบต้า (β) ให้ค่าคลาดเคลื่อนของตัวประมาณมีค่าน้อยสุด ค่าเบต้าควรมีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 (Bolch and Huang,1974) จึงกำหนด $\beta_0 = 0$ และ $\beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_k = 1$

4. สร้างข้อมูลของตัวแปรตาม (y) ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรอิสระ โดยใช้รูปแบบความสัมพันธ์ $y = X\beta + \varepsilon$

5. คำนวณหาตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLSE) ตัวประมาณแบบริดจ์ (RRE) และตัวประมาณแบบลิว (LE) ตามสถานการณ์ต่างๆที่กำหนดไว้ 1,000 รอบ

6. คำนวณหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLSE) ตัวประมาณแบบริดจ์ (RRE) และตัวประมาณแบบลิว (LE)

6.1 คำนวณค่า MSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เมื่อกระทำซ้ำจำนวน 1,000 ครั้ง จากสูตร

$$MSE_j = \frac{1}{1000} \sum_{i=1}^{1000} \left(\hat{\beta}_{ij} - \beta_j \right)^2$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ β_j แทนตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยตัวที่ j เมื่อกำหนด $\beta_0 = 0$ และ $\beta_j = 1$

$\hat{\beta}_{ij}$ แทนตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยตัวที่ j จากการประมาณครั้งที่ i

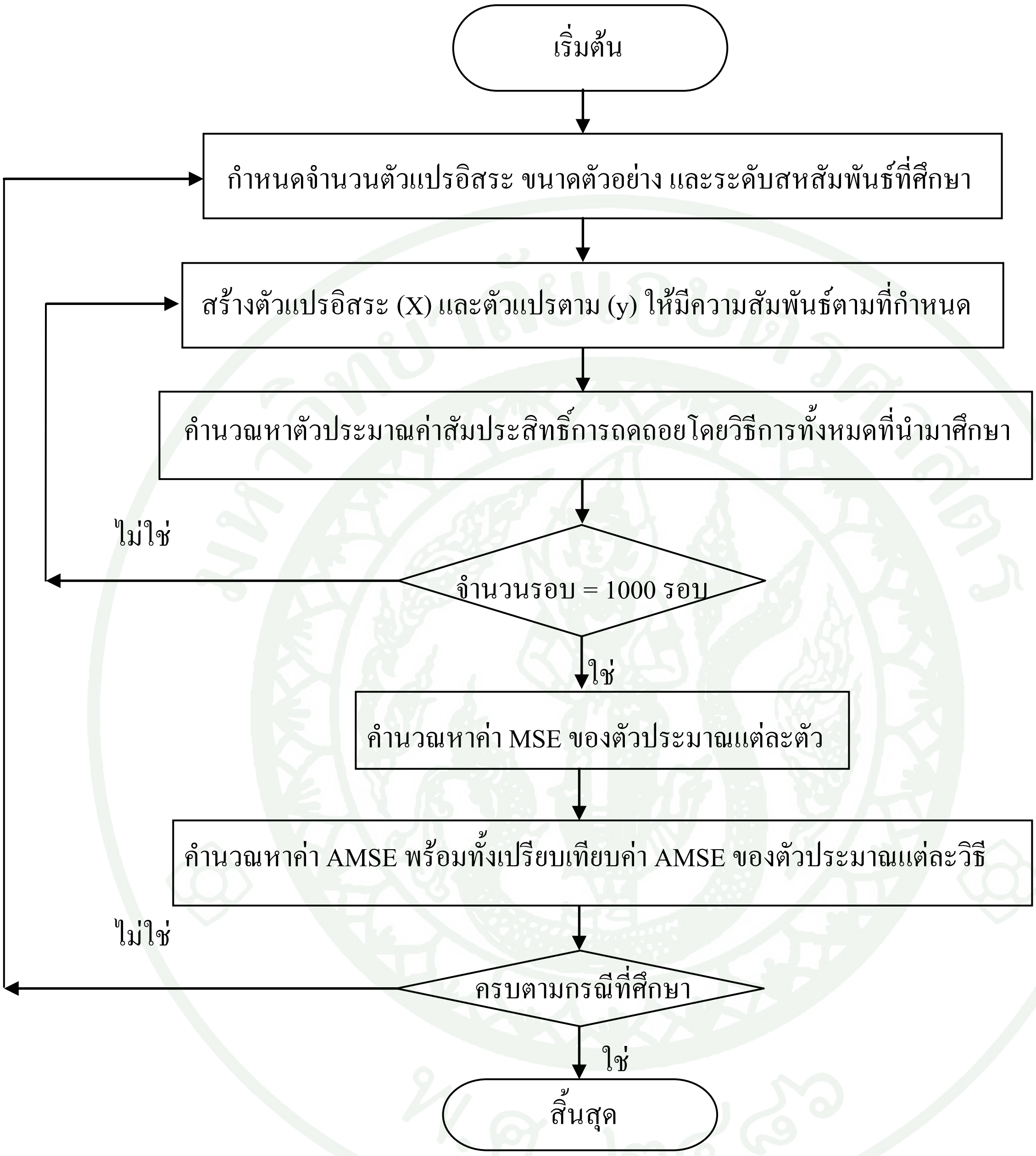
MSE_j แทนค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย β_j

6.2 คำนวณค่าเฉลี่ยของ MSE (AMSE) ของตัวประมาณแต่ละวิธี จากสูตร

$$\text{AMSE(estimator)} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\text{MSE(estimator)}_j$$

การเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ในกรณีที่ ตัวแปรอิสระมีภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร โดยใช้การจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล สามารถสรุปได้ตามแผนผังดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่และระยะเวลาในการทำการวิจัย

1. สถานที่

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ระยะเวลาในการทำวิจัย

ตั้งแต่เดือน เมษายน 2555 ถึง เดือนตุลาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด (OLSE) ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบริดจ์ (RRE) และ ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแบบลิว (LE) โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจ จากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ในการเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ทั้งนี้จะพิจารณาผลการวิจัยในสถานการณ์ต่างๆเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระเป็น 3, 5 และ 10 ตามลำดับ

จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3

การเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เมื่อมีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ศึกษากรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01, 1 และ 100 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30, 50 และ100 ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระมี 4 ระดับ คือ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 ซึ่งผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของ MSE (AMSE) จากการทำซ้ำ 1000 รอบ โดยการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี OLSE RRE และ LE

โดยตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01, 1 และ 100 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01

ระดับความสัมพันธ์	ขนาดตัวอย่าง	ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธี		
(ρ)	(n)	OLSE	RRE	LE
	30	0.00492	0.00403	0.00338
0.8	50	0.00267	0.00218	0.00199
	100	0.00227	0.00195	0.00118
	30	0.00655	0.00598	0.00446
0.9	50	0.00578	0.00512	0.00407
	100	0.00543	0.00489	0.00349
	30	0.01327	0.01241	0.01048
0.95	50	0.01280	0.01224	0.00995
	100	0.01212	0.01175	0.00891
	30	0.01963	0.01871	0.01634
0.99	50	0.01858	0.01795	0.01493
	100	0.01797	0.01644	0.01405

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1

ระดับความสัมพันธ์ (ρ)	ขนาดตัวอย่าง (n)	ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธี OLSE	RRE	LE
	30	0.48715	0.31448	0.29459
0.8	50	0.26448	0.24821	0.22448
	100	0.22459	0.19852	0.18144
	30	0.60158	0.55125	0.52238
0.9	50	0.53112	0.50495	0.46779
	100	0.49883	0.46118	0.43995
	30	1.12431	1.05495	1.01144
0.95	50	1.08445	0.94598	0.90478
	100	1.03548	0.89975	0.86558
	30	1.52344	1.18751	1.13995
0.99	50	1.44212	1.12459	1.08446
	100	1.39449	1.05441	1.02458

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 100

ระดับความสัมพันธ์	ขนาดตัวอย่าง	ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธี		
(ρ)	(n)	OLSE	RRE	LE
	30	45.71903	7.58369	4.44791
0.8	50	24.82145	5.98558	3.51060
	100	21.07777	4.78731	2.80781
	30	59.18344	25.77645	15.43501
0.9	50	52.25159	23.61146	14.13860
	100	49.07490	21.56478	12.91304
	30	115.70274	73.21880	44.78214
0.95	50	111.60075	65.65574	40.15642
	100	106.56125	62.44715	38.19400
	30	163.67839	109.31030	68.31894
0.99	50	154.94137	103.51851	64.69907
	100	149.82401	97.05844	60.66153

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5

การเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เมื่อมีตัวแปรอิสระ 5 ตัว ศึกษากรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01, 1 และ 100 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30, 50 และ100 ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระมี 4 ระดับ คือ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 ซึ่งผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 4 ถึงตารางที่ 6 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของ MSE (AMSE) จากการทำซ้ำ 1000 รอบ โดยการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี OLSE RRE และ LE

โดยตารางที่ 4 ตารางที่ 5 และตารางที่ 6 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01, 1 และ 100 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และ ขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01

ระดับความสัมพันธ์ (ρ)	ขนาดตัวอย่าง (n)	ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธี OLSE	RRE	LE
	30	0.00245	0.00203	0.00147
0.8	50	0.00134	0.00117	0.00101
	100	0.00102	0.00098	0.00083
	30	0.00346	0.00303	0.00255
0.9	50	0.00263	0.00214	0.00192
	100	0.00224	0.00181	0.00176
	30	0.00620	0.00596	0.00535
0.95	50	0.00576	0.00537	0.00496
	100	0.00539	0.00494	0.00462
	30	0.00986	0.00677	0.00623
0.99	50	0.00895	0.00601	0.00566
	100	0.00842	0.00528	0.00496

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และ ขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1

ระดับความสัมพันธ์ (ρ)	ขนาดตัวอย่าง (n)	ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธี OLSE	RRE	LE
	30	0.24275	0.15842	0.11449
0.8	50	0.13240	0.12227	0.10115
	100	0.10069	0.09875	0.06478
	30	0.31742	0.27472	0.23448
0.9	50	0.24150	0.22654	0.20144
	100	0.20578	0.19978	0.17339
	30	0.52488	0.50489	0.45338
0.95	50	0.48792	0.45776	0.41997
	100	0.45669	0.41853	0.39124
	30	0.76488	0.52534	0.48349
0.99	50	0.69446	0.46608	0.43944
	100	0.65348	0.40955	0.38476

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และ ขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 100

ระดับความสัมพันธ์	ขนาดตัวอย่าง	ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธี		
(ρ)	(n)	OLSE	RRE	LE
	30	22.78209	3.82029	2.24064
0.8	50	12.42574	2.94854	1.72935
	100	9.44976	2.38136	1.39669
	30	31.22778	12.84591	7.69216
0.9	50	23.75877	10.59301	6.34312
	100	20.24464	9.34171	5.59384
	30	54.01540	35.04189	21.43235
0.95	50	51.24095	31.77083	19.43170
	100	46.99797	29.04807	17.76643
	30	82.17871	48.35755	30.22347
0.99	50	74.61278	42.90266	26.81416
	100	70.20989	37.69908	23.56193

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10

การเปรียบเทียบตัวประมาณค่า สัมประสิทธิ์การถดถอย เมื่อมีตัวแปรอิสระ 10 ตัว ศึกษากรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01, 1 และ 100 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30, 50 และ100 ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระมี 4 ระดับ คือ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 ซึ่งผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 7 ถึงตารางที่ 9 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของ MSE (AMSE) จากการทำซ้ำ 1000 รอบ โดยการประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี OLSE RRE และ LE

โดยตารางที่ 7 ตารางที่ 8 และตารางที่ 9 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01, 1 และ 100 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และ ขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01

ระดับความสัมพันธ์ (ρ)	ขนาดตัวอย่าง (n)	ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธี OLSE	RRE	LE
	30	0.00126	0.00105	0.00069
0.8	50	0.00096	0.00084	0.00039
	100	0.00074	0.00043	0.00029
	30	0.00174	0.00136	0.00111
0.9	50	0.00128	0.00107	0.00074
	100	0.00108	0.00081	0.00065
	30	0.00316	0.00276	0.00228
0.95	50	0.00288	0.00253	0.00215
	100	0.00270	0.00234	0.00207
	30	0.00482	0.00448	0.00418
0.99	50	0.00454	0.00407	0.00379
	100	0.00422	0.00381	0.00354

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และ ขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1

ระดับความสัมพันธ์ (ρ)	ขนาดตัวอย่าง (n)	ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธี OLSE	RRE	LE
	30	0.12485	0.07842	0.05344
0.8	50	0.09478	0.06248	0.03055
	100	0.07352	0.03357	0.02310
	30	0.15984	0.12478	0.10155
0.9	50	0.11779	0.09785	0.06778
	100	0.09877	0.07446	0.05944
	30	0.26795	0.23411	0.20955
0.95	50	0.24412	0.21449	0.19874
	100	0.22878	0.19851	0.17497
	30	0.37455	0.34745	0.32475
0.99	50	0.35248	0.31556	0.29458
	100	0.32779	0.29546	0.27476

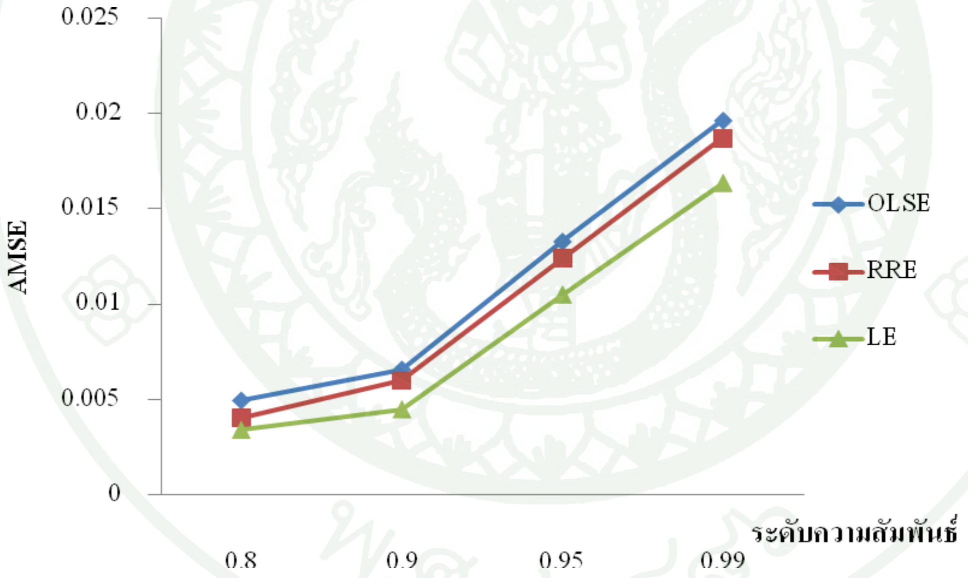
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 ที่ระดับความสัมพันธ์ 0.8, 0.9, 0.95 และ 0.99 และ ขนาดตัวอย่าง 30, 50 และ 100 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 100

ระดับความสัมพันธ์	ขนาดตัวอย่าง	ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธี		
(ρ)	(n)	OLSE	RRE	LE
	30	11.71717	1.89031	1.10869
0.8	50	8.895103	1.50671	0.88370
	100	6.89985	0.80954	0.47480
	30	15.72506	5.83471	3.49384
0.9	50	11.58818	4.57547	2.73980
	100	9.71699	3.48175	2.08489
	30	27.57473	16.24840	9.93786
0.95	50	25.12239	14.88668	9.10500
	100	23.54375	13.77759	8.42666
	30	40.24165	31.98277	19.98923
0.99	50	37.87045	29.04729	18.15456
	100	35.21776	27.19709	16.99818

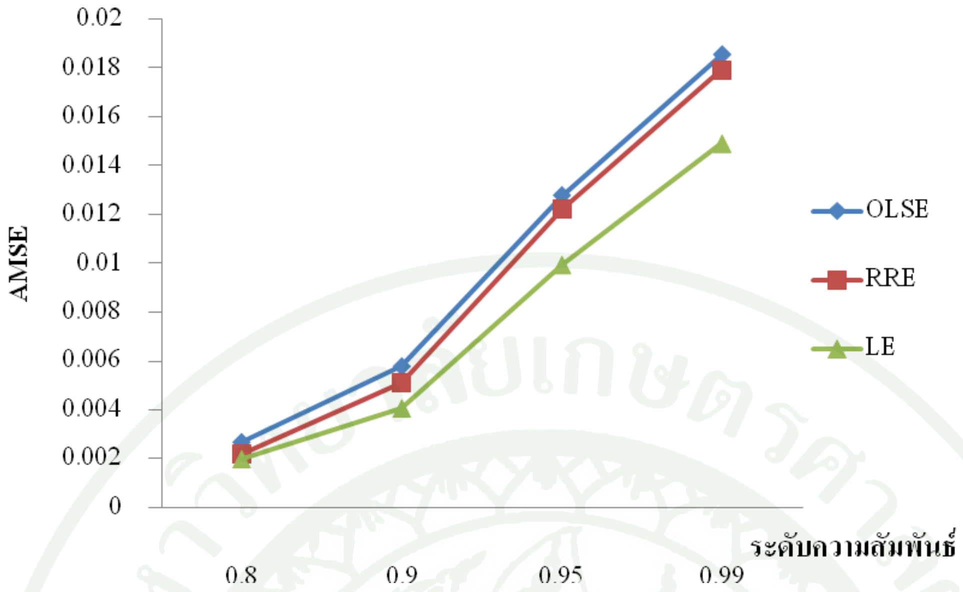
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระดับความสัมพันธ์ต่อค่า AMSE แบ่งตามระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01 ในกรณีที่มีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ให้ผลในลักษณะเดียวกัน ซึ่งตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 จะแสดงในภาพที่ 2 ถึง 4 ส่วนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ 10 จะแสดงในภาพผนวกที่ 1 ถึง 3 และ 34 ถึง 36 (ภาคผนวก) จากข้อมูลพบว่าตัวประมาณ LE มีค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกระดับความสัมพันธ์รองลงมาคือ ตัวประมาณ RRE และ OLSE ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าระดับความสัมพันธ์มีผลต่อค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย กล่าวคือ เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ ค่า AMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X'X}$ มีค่าลดลงจึงส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่า AMSE ของตัวประมาณ OLSE RRE และ LE ในกรณีนี้มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ในทุกระดับความสัมพันธ์

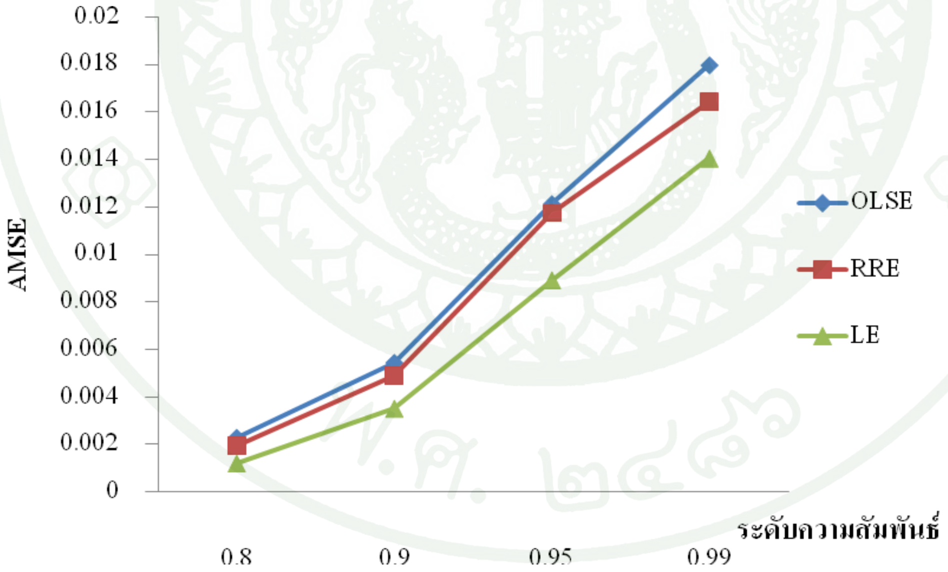


ภาพที่ 2 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



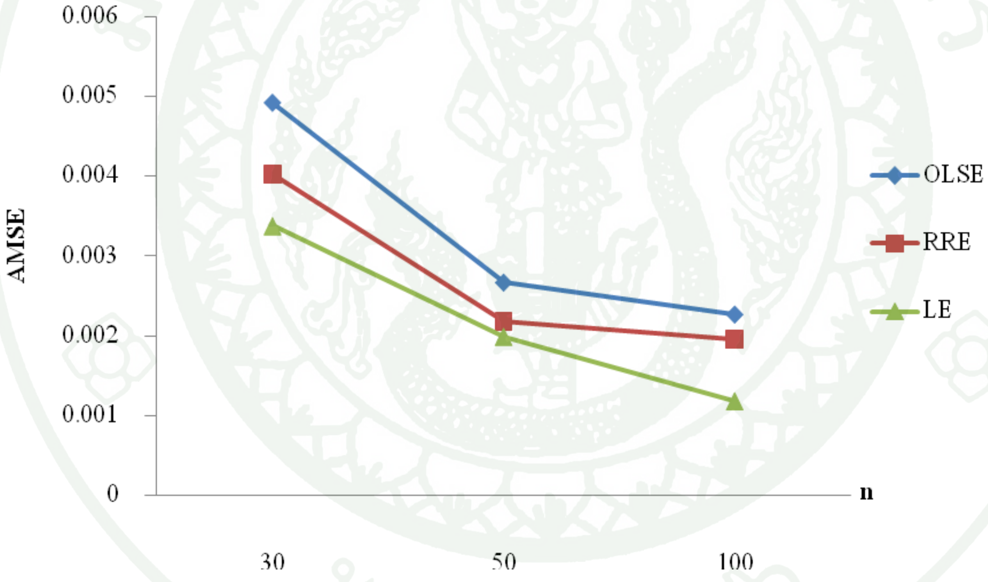
ภาพที่ 3 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$



ภาพที่ 4 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

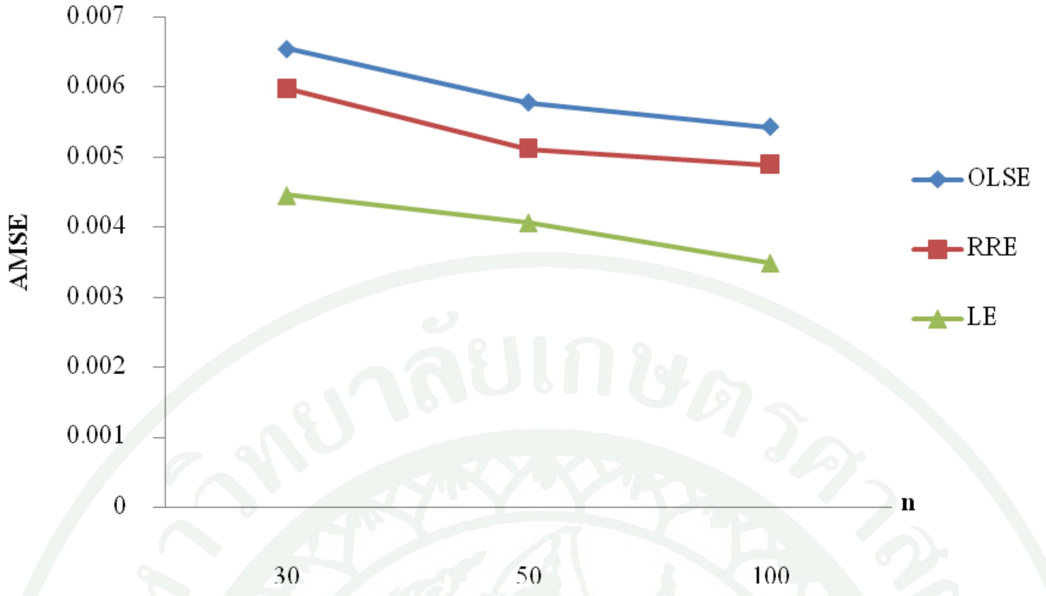
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขนาดตัวอย่างต่อค่า AMSE ที่แต่ละระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 0.01 ในกรณีที่มีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ให้ผลในลักษณะเดียวกัน ซึ่งตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 จะแสดงในภาพที่ 5 ถึง 8 ส่วนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ 10 จะแสดงในภาพผนวกที่ 4 ถึง 7 และ 37 ถึง 40 (ภาคผนวก) จากข้อมูลพบว่า ตัวประมาณ LE มีค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง และระดับความสัมพันธ์ รองลงมาคือ ตัวประมาณ RRE และ OLSE ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าขนาดตัวอย่างมีผลต่อค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย กล่าวคือ เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อ ขนาดตัวอย่าง ใหญ่ขึ้นทำให้ค่าความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม ค่า AMSE ของตัวประมาณ OLSE RRE และ LE ในกรณีนี้มีค่าแตกต่างกันไม่มากนักในทุกขนาดตัวอย่าง

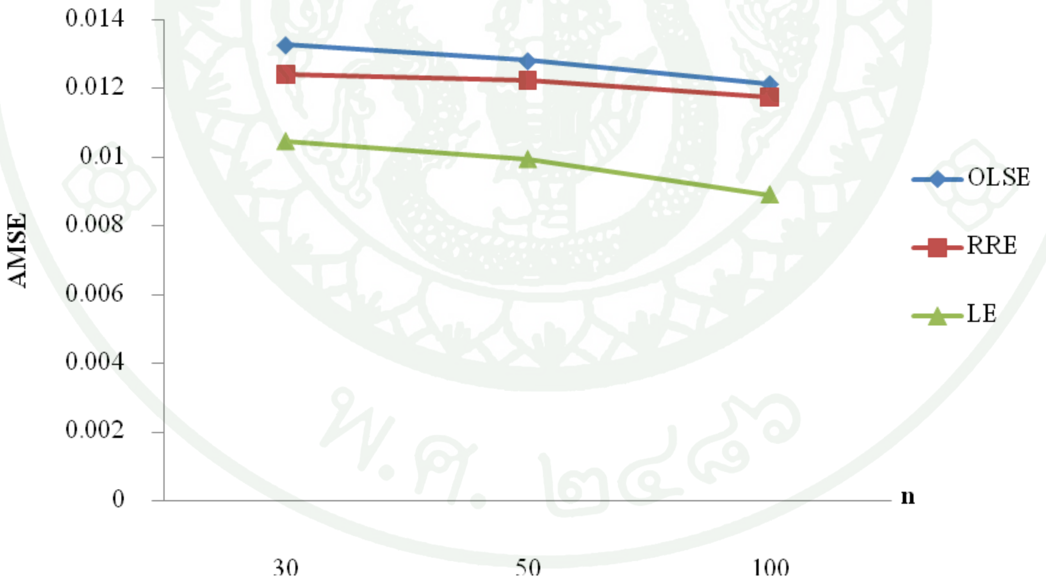


ภาพที่ 5 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

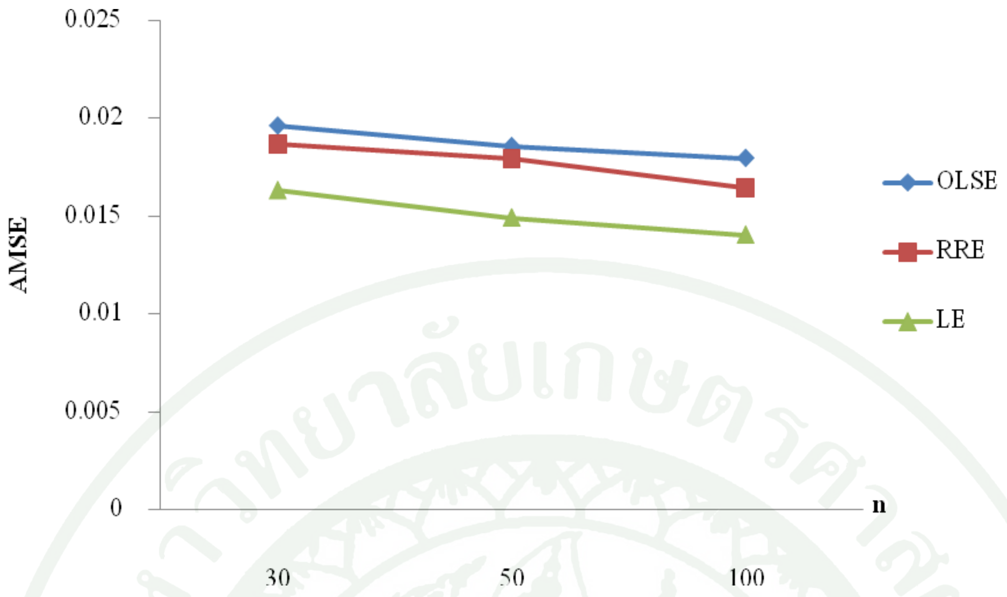


ภาพที่ 6 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$



ภาพที่ 7 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

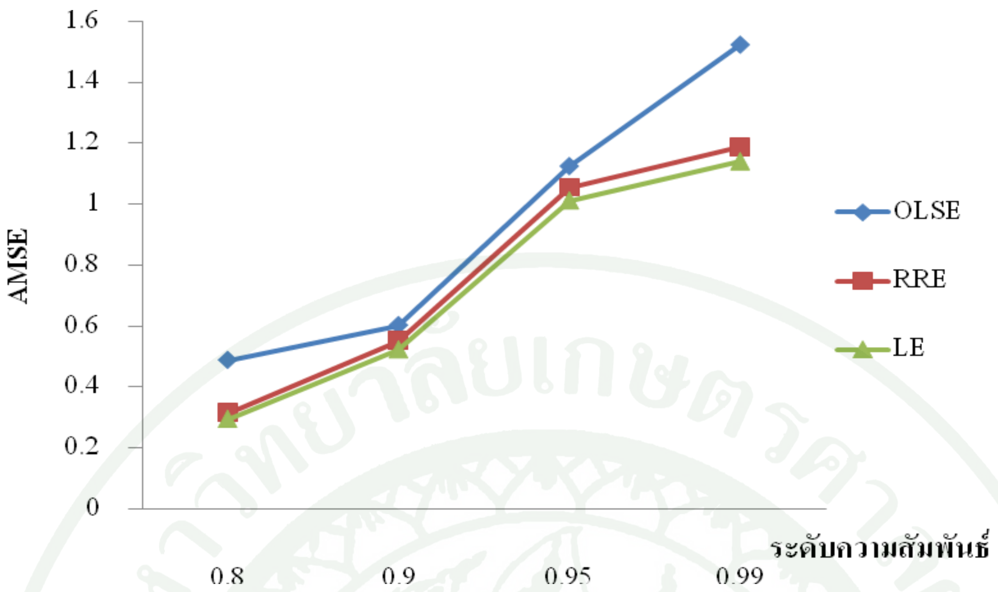
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



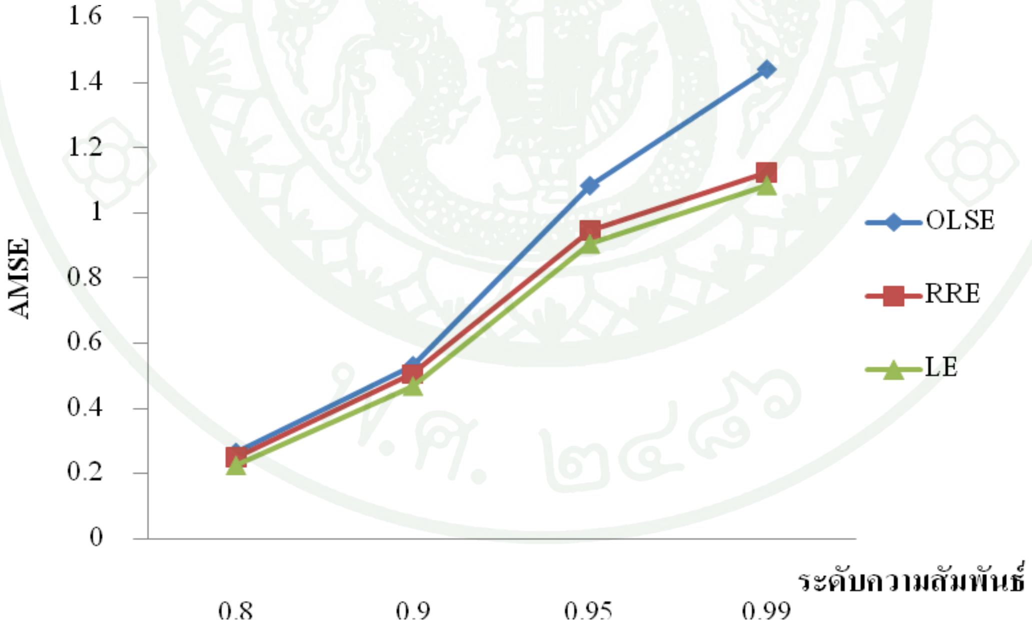
ภาพที่ 8 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระดับความสัมพันธ์ต่อค่า AMSE แบ่งตามระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ในกรณีที่มีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ให้ผลในลักษณะเดียวกัน ซึ่งตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 จะแสดงในภาพที่ 9 ถึง 11 ส่วนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ 10 จะแสดงในภาพผนวกที่ 8 ถึง 10 และ 41 ถึง 43 (ภาคผนวก) จากข้อมูลพบว่า ตัวประมาณ LE มีค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกระดับความสัมพันธ์รองลงมาคือ ตัวประมาณ RRE และ OLSE ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าระดับความสัมพันธ์มีผลต่อค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย กล่าวคือ เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ ค่า AMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ มีค่าลดลงจึงส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดย ค่า AMSE ของตัวประมาณ OLSE ในกรณีนี้มีค่าแตกต่างจากตัวประมาณ RRE และ LE อย่างชัดเจนเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น และค่า AMSE ของตัวประมาณ RRE และ LE ในกรณีนี้มีค่าแตกต่างกันไม่มากนักในทุกระดับความสัมพันธ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

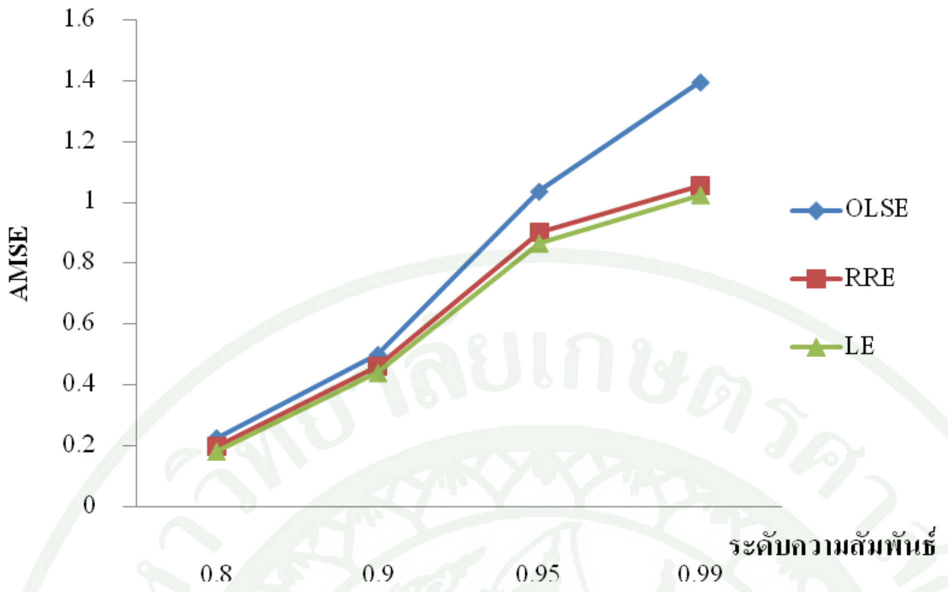


ภาพที่ 9 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$



ภาพที่ 10 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

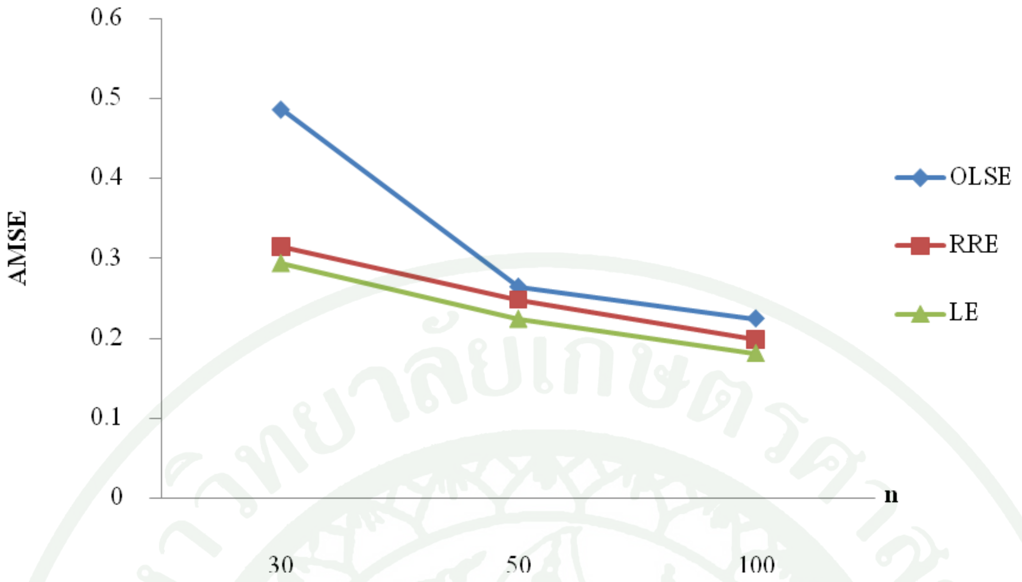
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



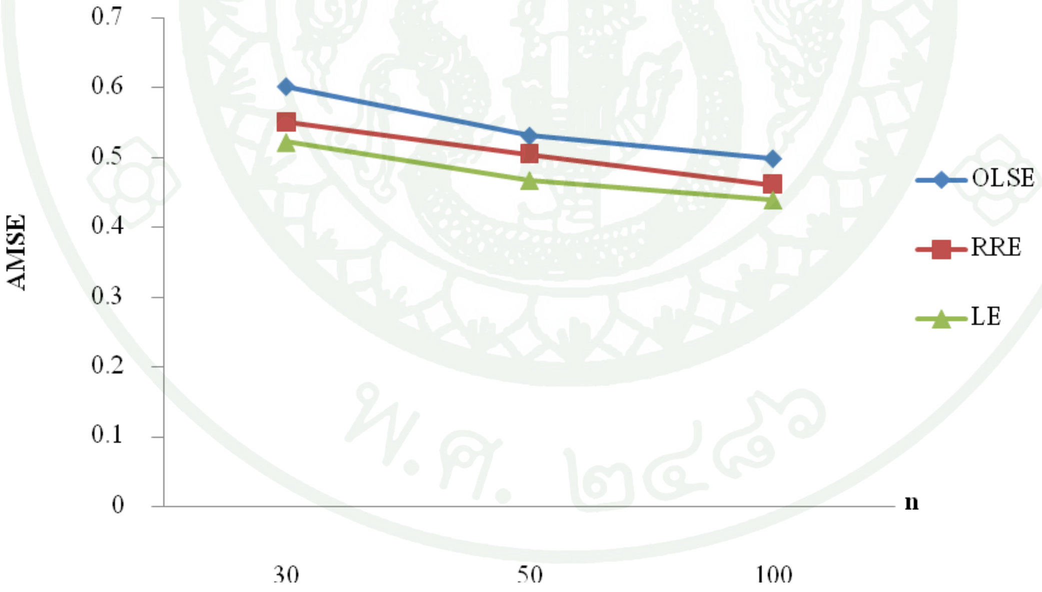
ภาพที่ 11 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขนาดตัวอย่างต่อค่า AMSE ที่แต่ละระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ในกรณีที่มีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ให้ผลในลักษณะเดียวกัน ซึ่งตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 จะแสดงในภาพที่ 12 ถึง 15 ส่วนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ 10 จะแสดงในภาพผนวกที่ 11 ถึง 14 และ 44 ถึง 47 (ภาคผนวก) จากข้อมูลพบว่า ตัวประมาณ LE มีค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง และ ระดับความสัมพันธ์ รองลงมาคือ ตัวประมาณ RRE และ OLSE ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าขนาดตัวอย่างมีผลต่อค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย กล่าวคือ เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นทำให้ค่าความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มลดลง โดย ค่า AMSE ของตัวประมาณ OLSE ในกรณีนี้มีค่าแตกต่างจากตัวประมาณ RRE และ LE อย่างชัดเจนเมื่อขนาดตัวอย่างน้อย และค่า AMSE ของตัวประมาณ RRE และ LE ในกรณีนี้มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ในทุกขนาดตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

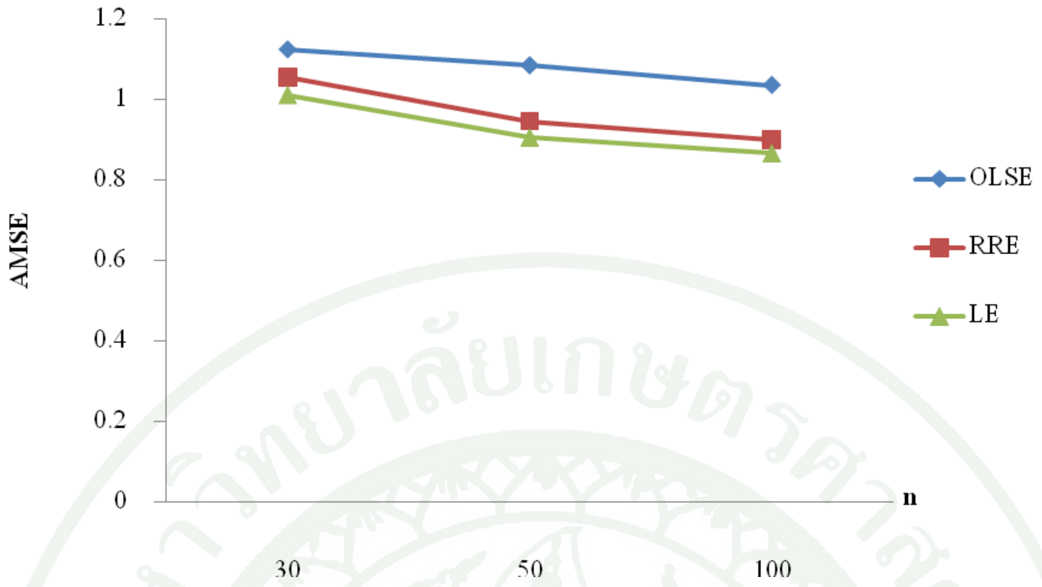


ภาพที่ 12 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

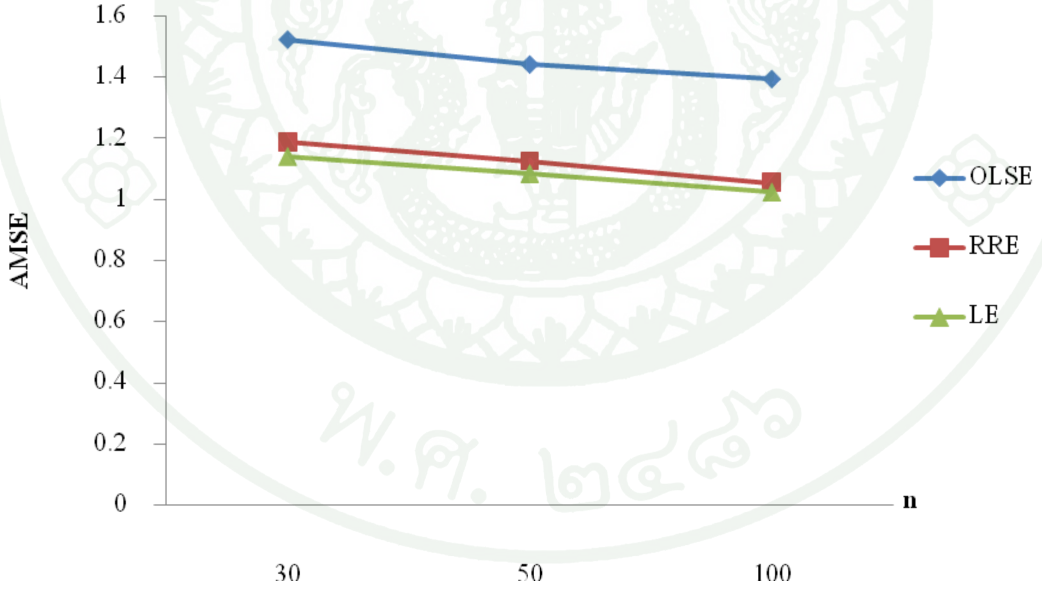


ภาพที่ 13 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



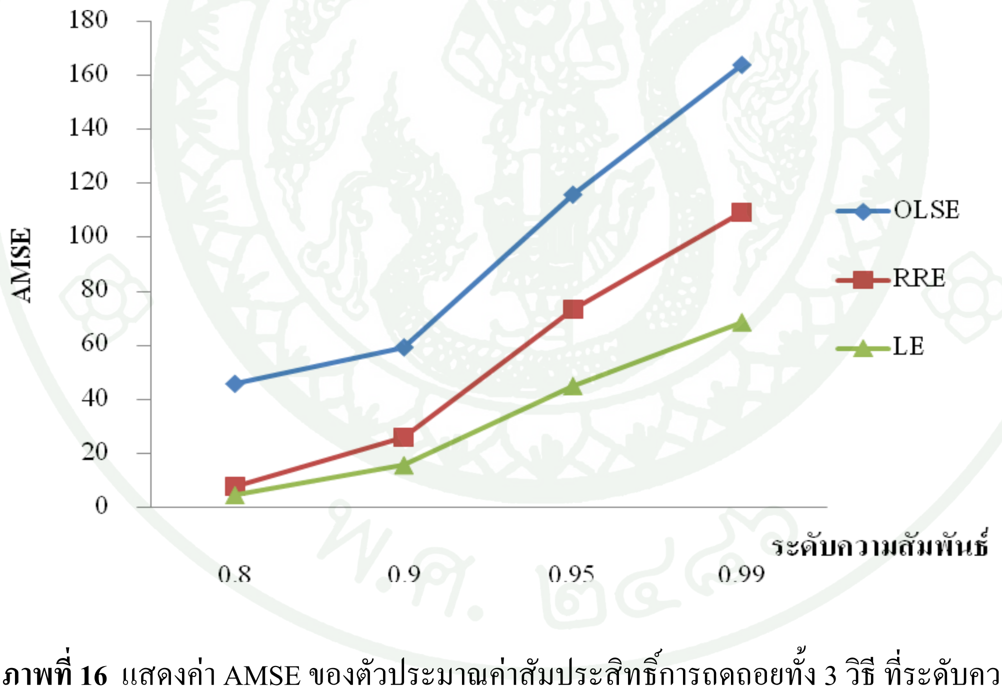
ภาพที่ 14 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$



ภาพที่ 15 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

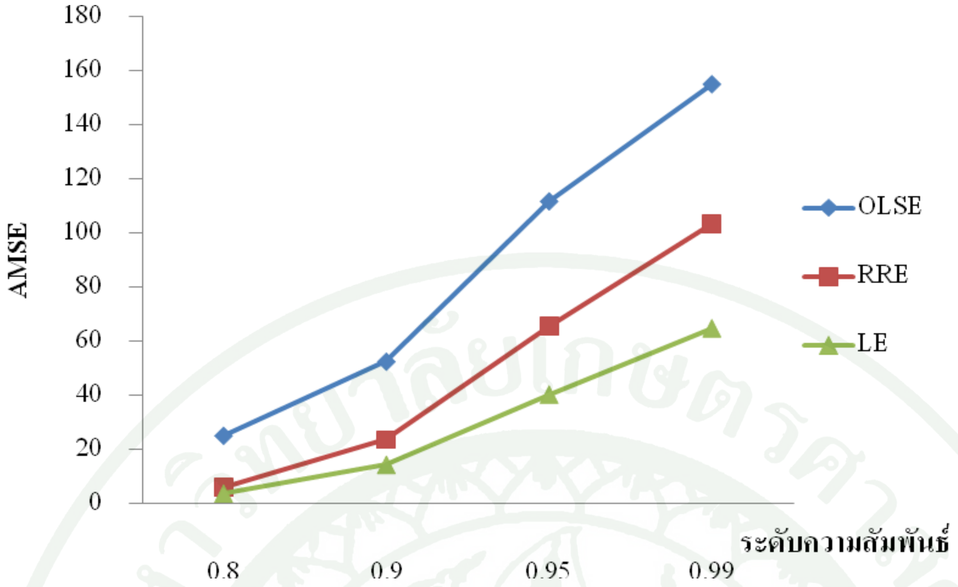
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระดับความสัมพันธ์ต่อค่า AMSE แบ่งตามระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 ในกรณีที่มีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ให้ผลในลักษณะเดียวกัน ซึ่งตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 จะแสดงในภาพที่ 16 ถึง 18 ส่วนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ 10 จะแสดงในภาพผนวกที่ 15 ถึง 17 และ 48 ถึง 50 (ภาคผนวก) จากข้อมูลพบว่า ตัวประมาณ LE มีค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกระดับความสัมพันธ์รองลงมาคือ ตัวประมาณ RRE และ OLSE ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าระดับความสัมพันธ์มีผลต่อค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย กล่าวคือ เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ ค่า AMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าลักษณะเฉพาะของเมตริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ มีค่าลดลงจึงส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่า AMSE ของตัวประมาณ OLSE RRE และ LE ในกรณีนี้มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน ในทุกระดับความสัมพันธ์

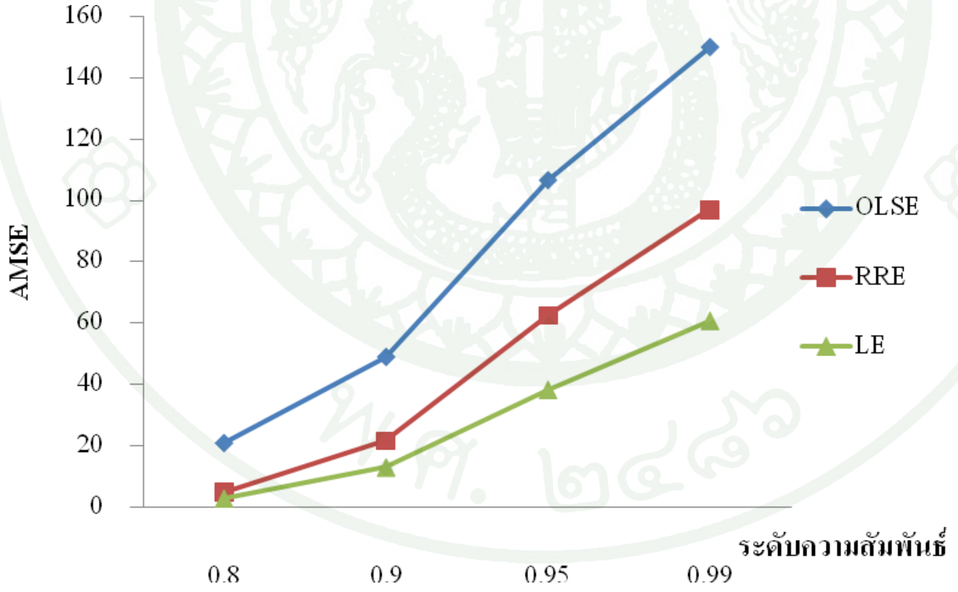


ภาพที่ 16 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



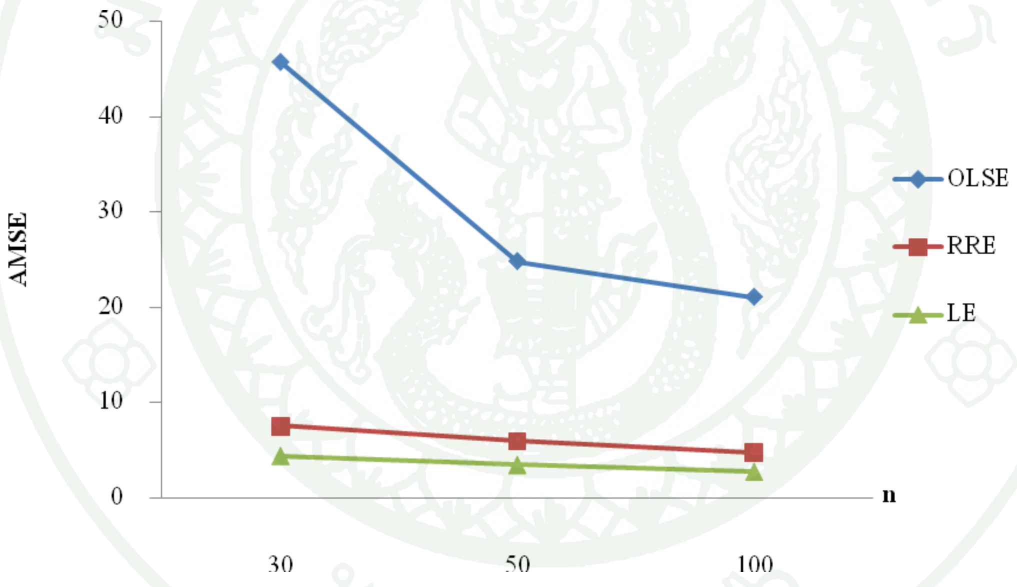
ภาพที่ 17 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$



ภาพที่ 18 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

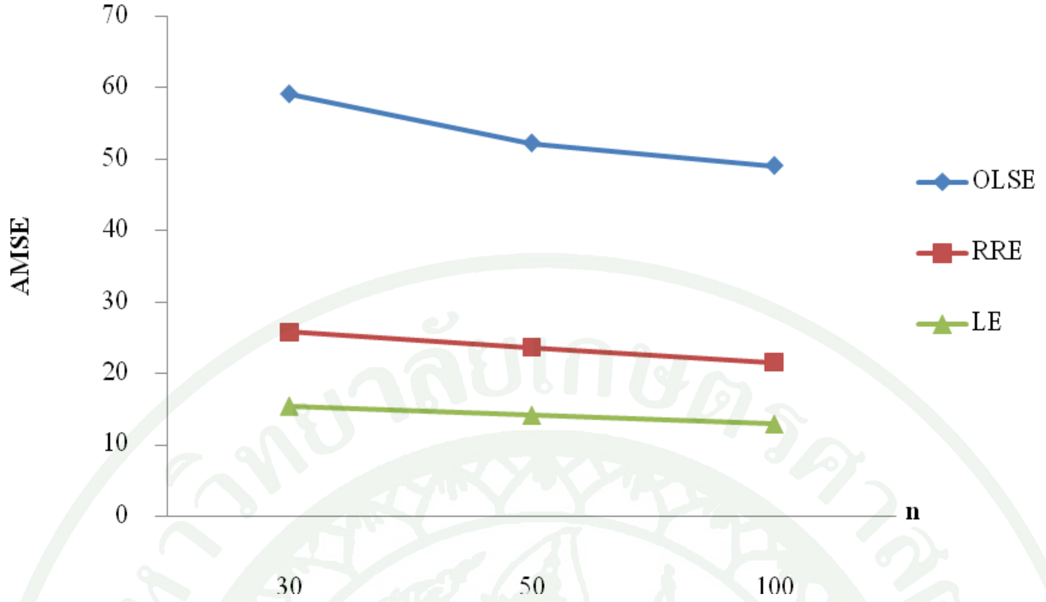
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขนาดตัวอย่างต่อค่า AMSE ที่แต่ละระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ เมื่อ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 100 ในกรณีที่มีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ให้ผลในลักษณะเดียวกัน ซึ่งตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 จะแสดงในภาพที่ 19 ถึง 22 ส่วนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ 10 จะแสดงในภาพผนวกที่ 18 ถึง 21 และ 51 ถึง 54 (ภาคผนวก) จากข้อมูลพบว่าตัวประมาณ LE มีค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง และ ระดับความสัมพันธ์ รองลงมาคือ ตัวประมาณ RRE และ OLSE ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าขนาดตัวอย่างมีผลต่อค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย กล่าวคือ เมื่อขนาดตัวอย่าง ใหญ่ขึ้นส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อ ขนาดตัวอย่าง ใหญ่ขึ้น ทำให้ค่าความแปรปรวนลดลงจึงส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มลดลง โดยค่า AMSE ของตัวประมาณ OLSE RRE และ LE ในกรณีนี้มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนในทุกขนาดตัวอย่าง

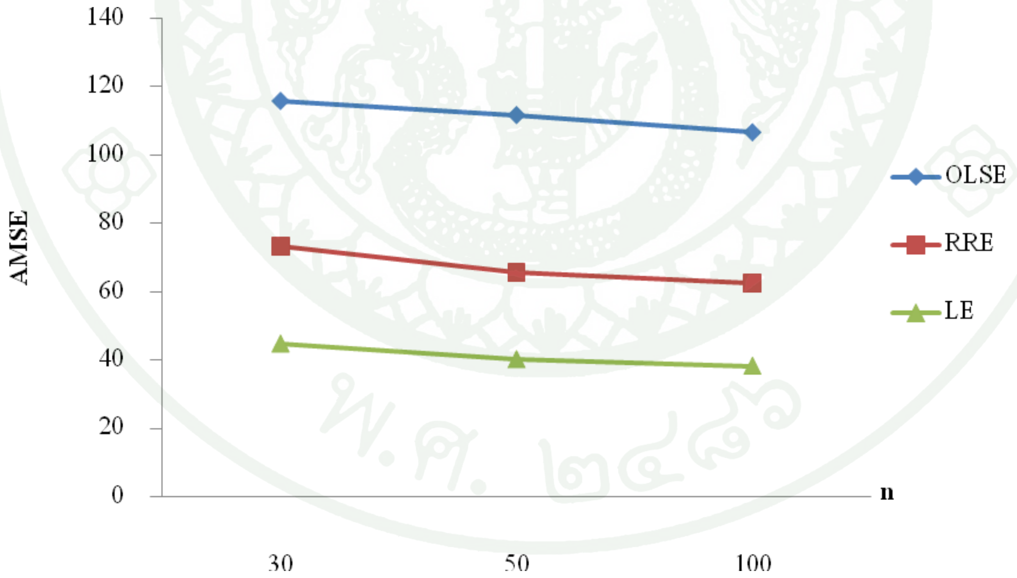


ภาพที่ 19 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

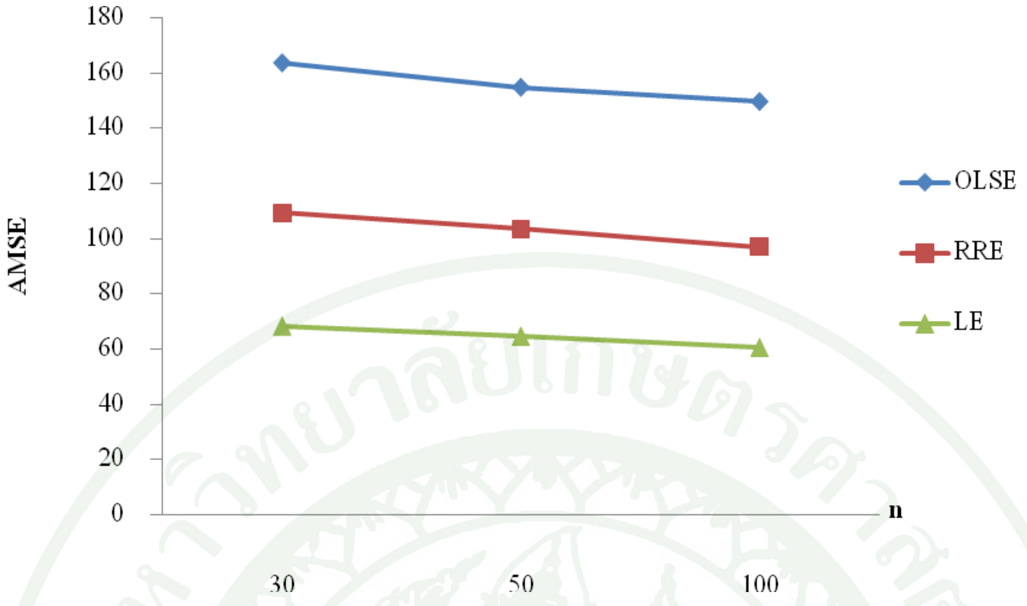


ภาพที่ 20 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$



ภาพที่ 21 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

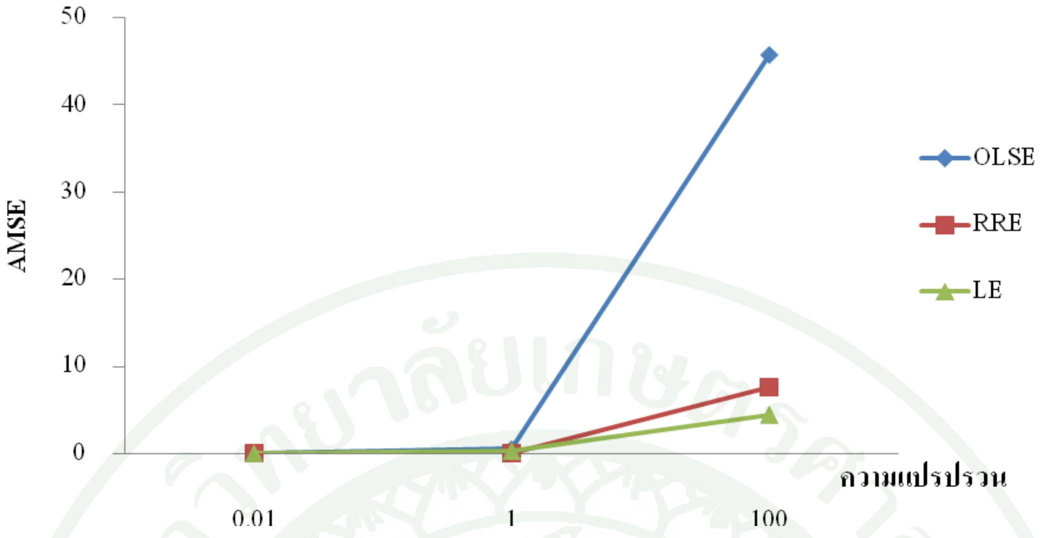
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



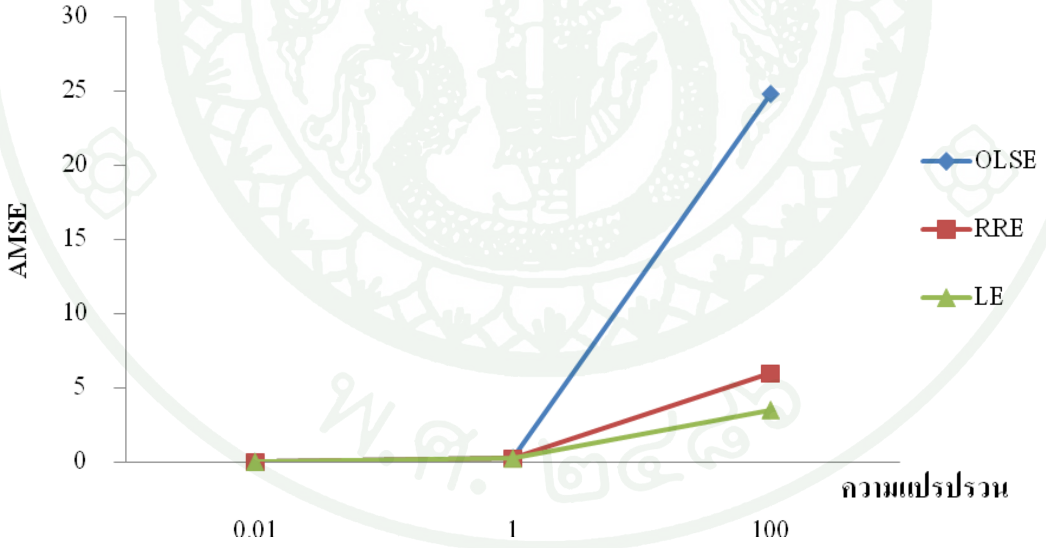
ภาพที่ 22 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนต่อค่า AMSE ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน 0.01, 1 และ 100 ที่แต่ละระดับความสัมพันธ์ และขนาดตัวอย่าง ในกรณีที่มีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ให้ผลในลักษณะเดียวกัน ซึ่งตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 จะแสดงในภาพที่ 23 ถึง 34 ส่วนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ 10 จะแสดงในภาพผนวกที่ 22 ถึง 33 และ 55 ถึง 66 (ภาคผนวก) จากข้อมูลพบว่า ตัวประมาณ LE มีค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกระดับความแปรปรวน ระดับความสัมพันธ์ และ ขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ ตัวประมาณ RRE และ OLSE ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าระดับความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนมีผลต่อค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย กล่าวคือ เมื่อระดับความแปรปรวนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ ค่า AMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อระดับความแปรปรวน เพิ่มขึ้นทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า AMSE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่า AMSE ของตัวประมาณ OLSE RRE และ LE ในกรณีนี้มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อระดับความแปรปรวนเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

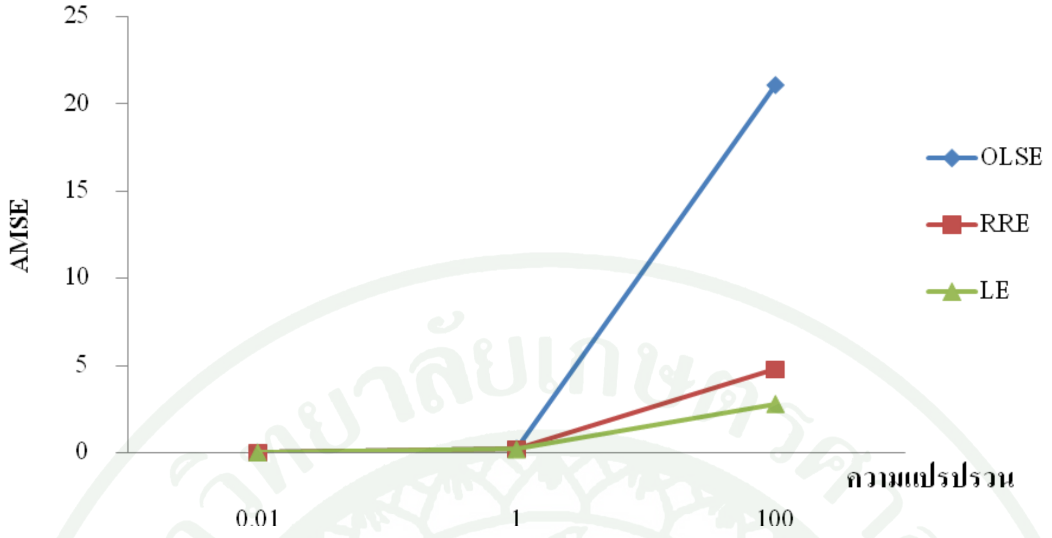


ภาพที่ 23 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

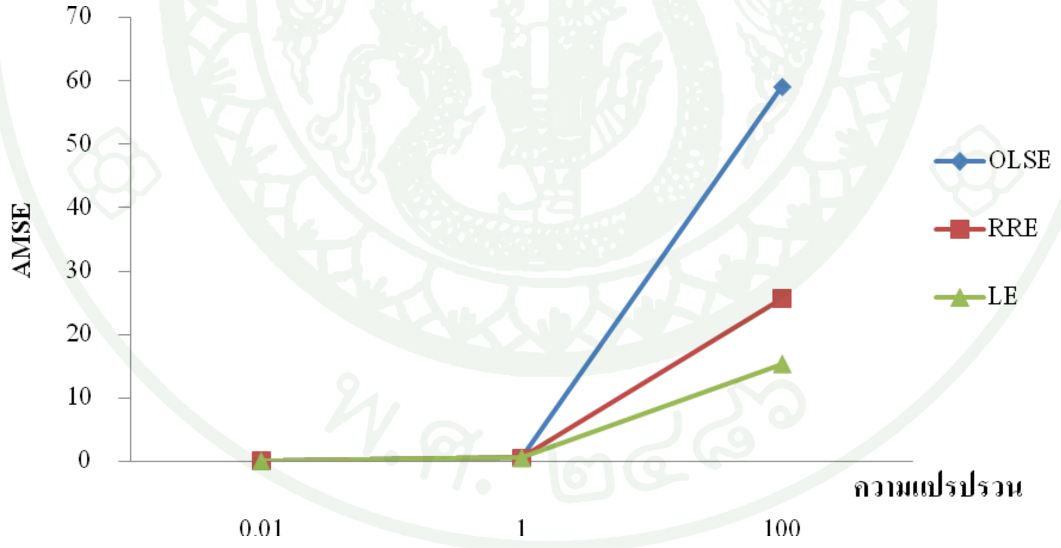


ภาพที่ 24 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

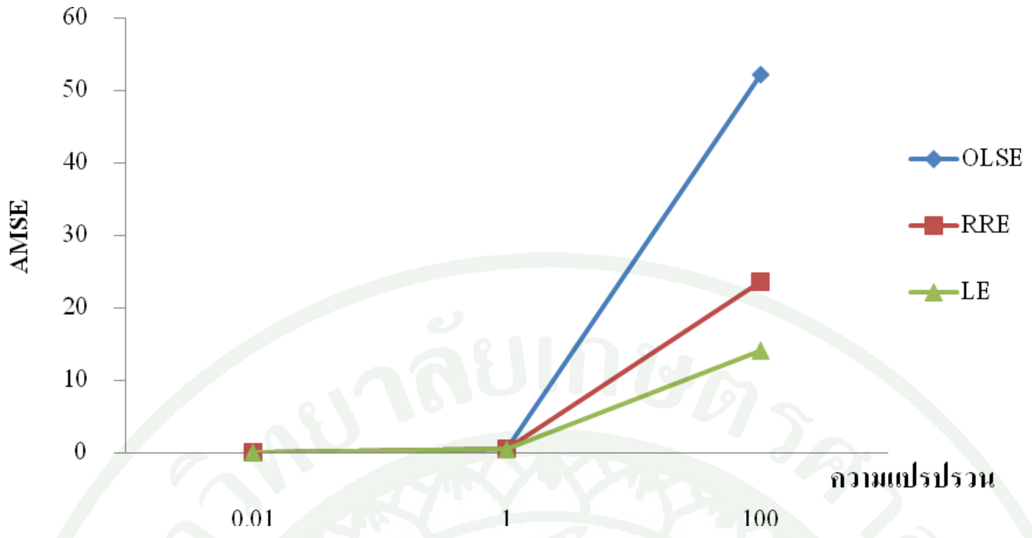


ภาพที่ 25 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

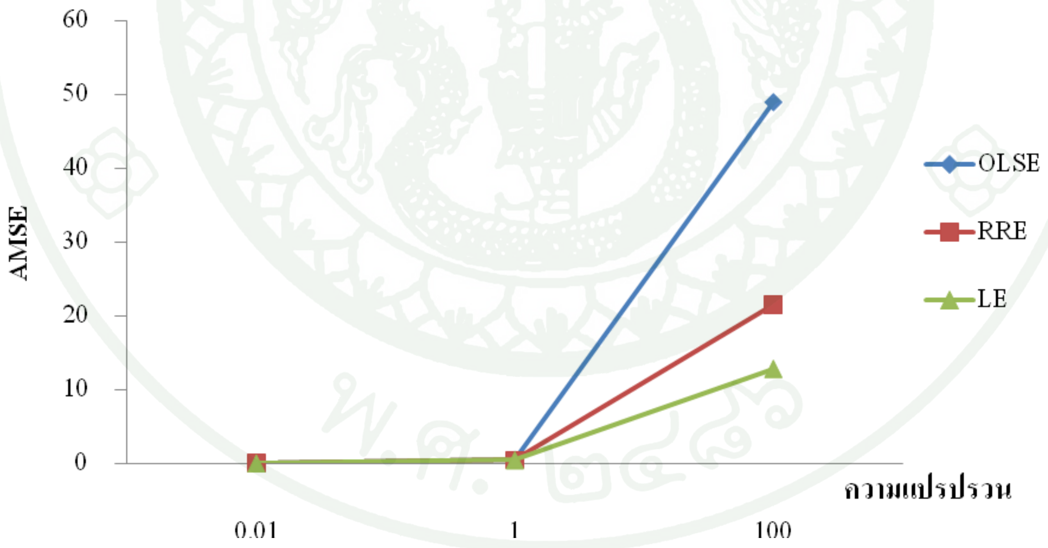


ภาพที่ 26 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

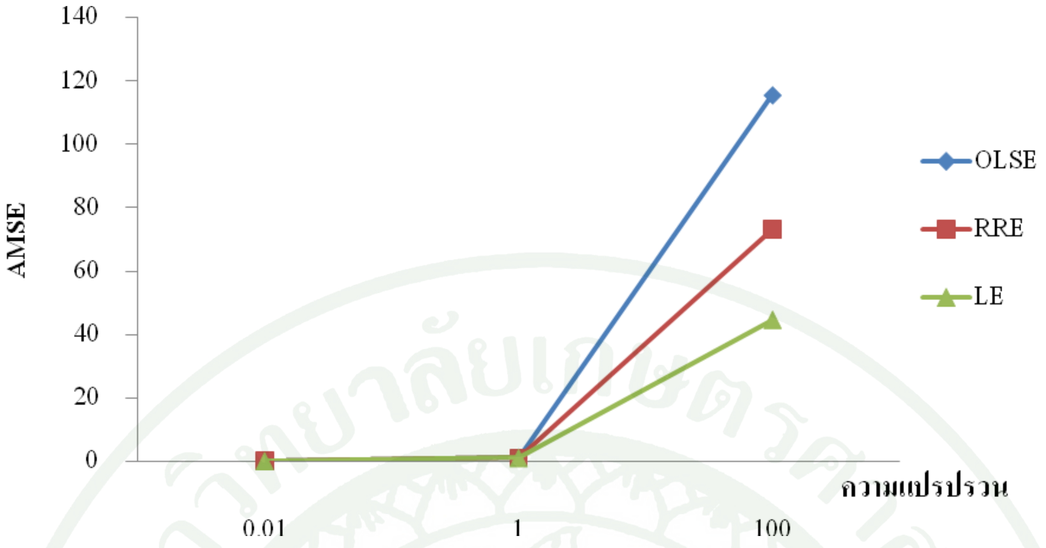


ภาพที่ 27 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9

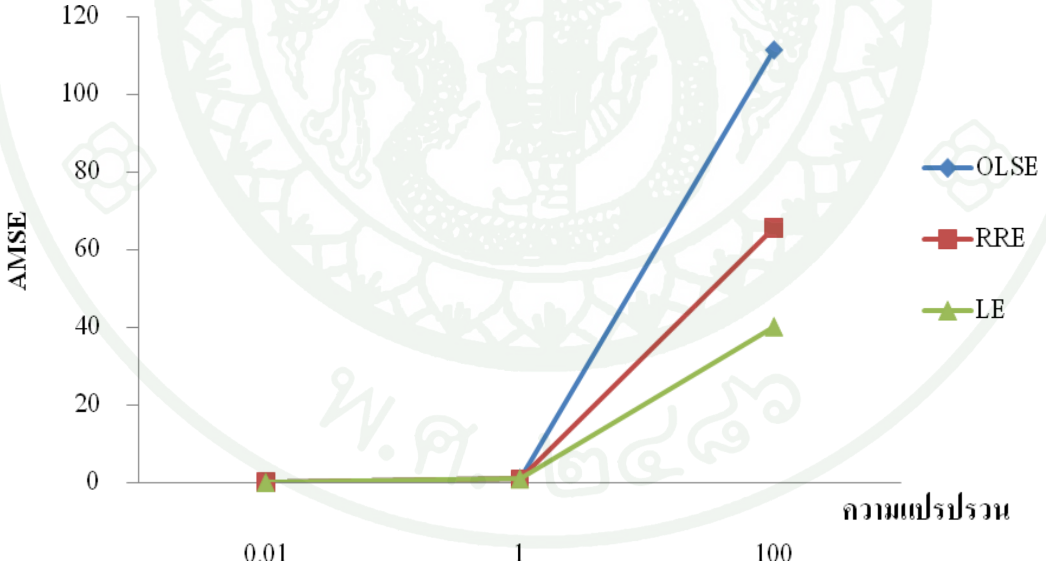


ภาพที่ 28 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

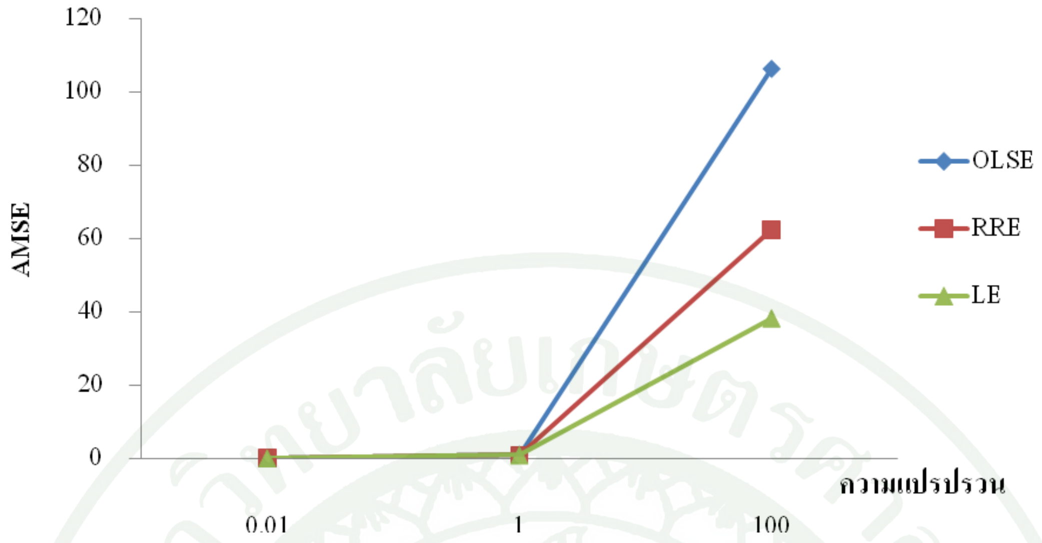


ภาพที่ 29 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95

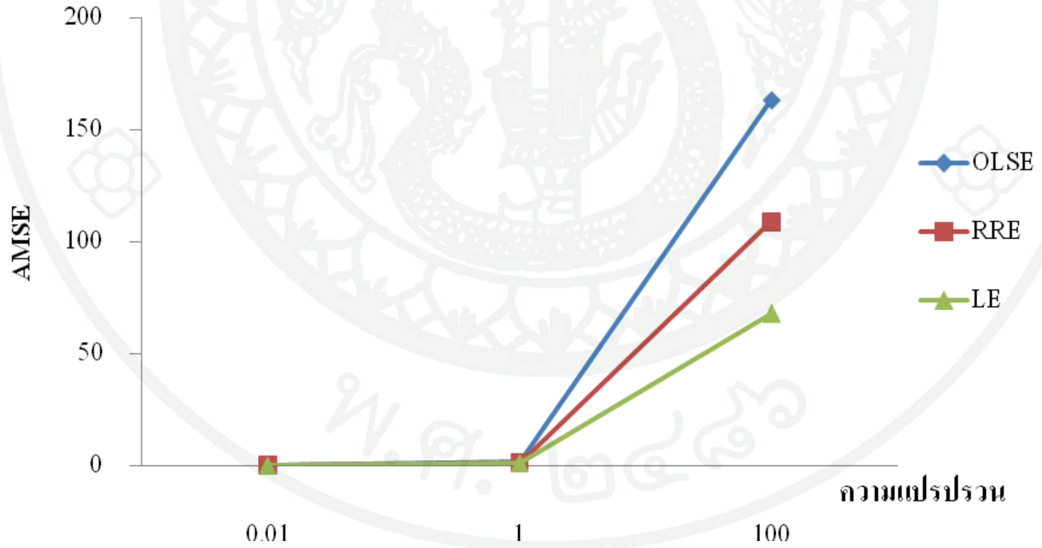


ภาพที่ 30 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

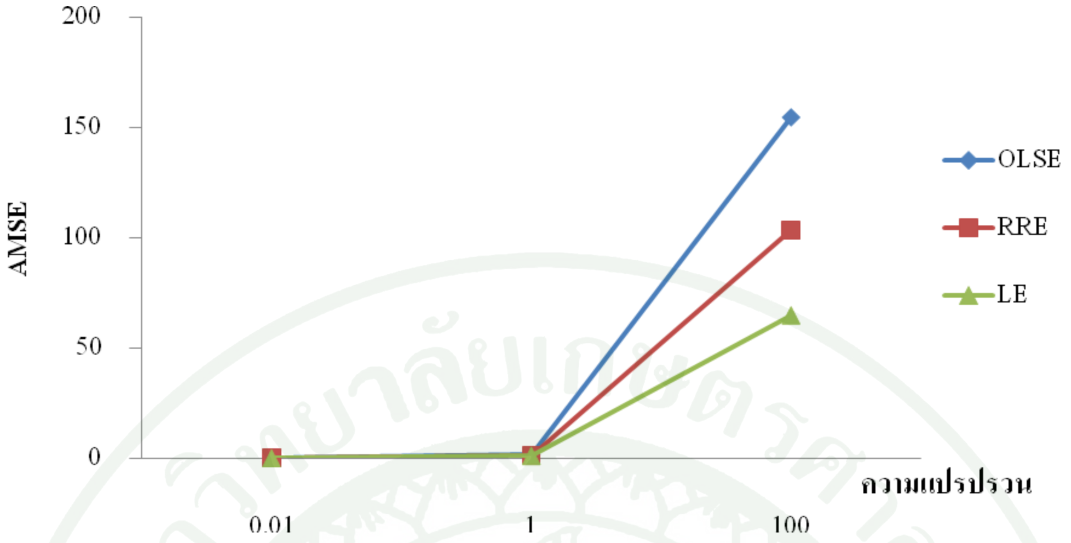


ภาพที่ 31 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95

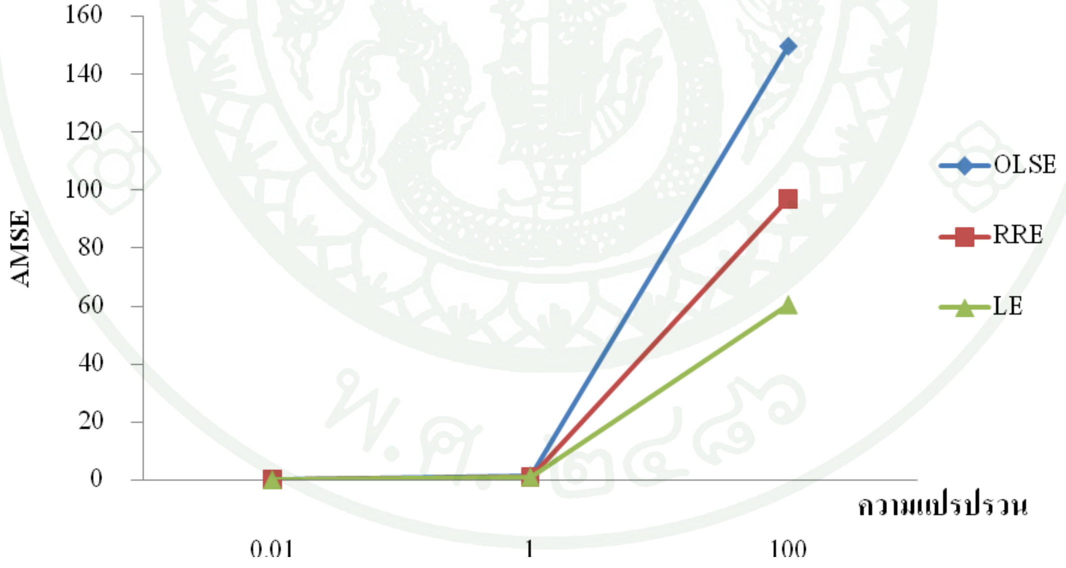


ภาพที่ 32 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 33 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99



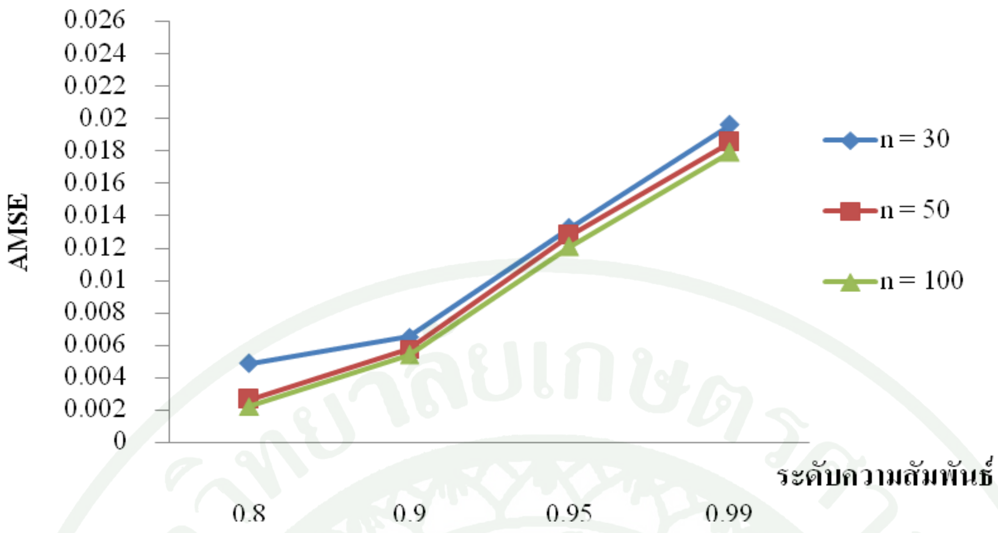
ภาพที่ 34 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

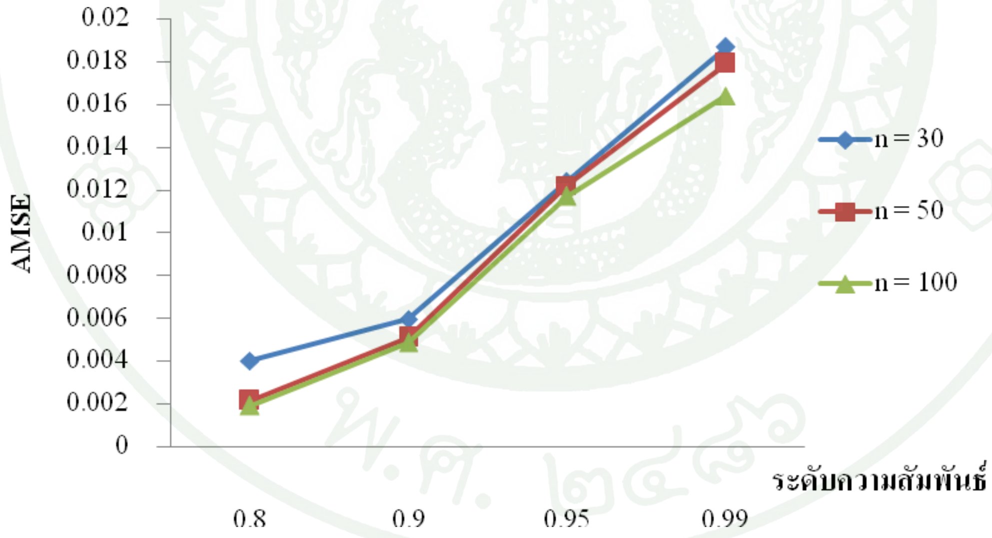
ในการพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่า AMSE ของตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี สรุปรายละเอียดจากข้อมูลในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 9 ซึ่งตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 จะแสดงไว้ในภาพที่ 35 ถึง 43 ส่วนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ 10 จะแสดงไว้ในภาพผนวกที่ 67 ถึง 84 (ภาคผนวก) ได้ดังนี้

กรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ให้ผลการวิจัยในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี OLSE พบว่า ที่แต่ละระดับความแปรปรวน ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่า AMSE ของวิธี OLSE แตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างที่ขนาดตัวอย่าง 30 น้อยกว่าที่ขนาดตัวอย่าง 50 และ 100 ทั้งนี้ขนาดตัวอย่างจะมีผลกระทบต่อต่อตัวประมาณ OLSE น้อย เมื่อระดับความสัมพันธ์สูง เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี RRE พบว่า ที่แต่ละระดับความแปรปรวน ระดับความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่า AMSE ของวิธี RRE แตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างนี้มีลักษณะเดียวกันในทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี LE พบว่า ที่แต่ละระดับความแปรปรวน ระดับความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่า AMSE ของวิธี LE แตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างนี้มีลักษณะเดียวกันในทุกขนาดตัวอย่าง แต่ความแตกต่างเห็นได้ชัดเจนกว่าวิธี RRE

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

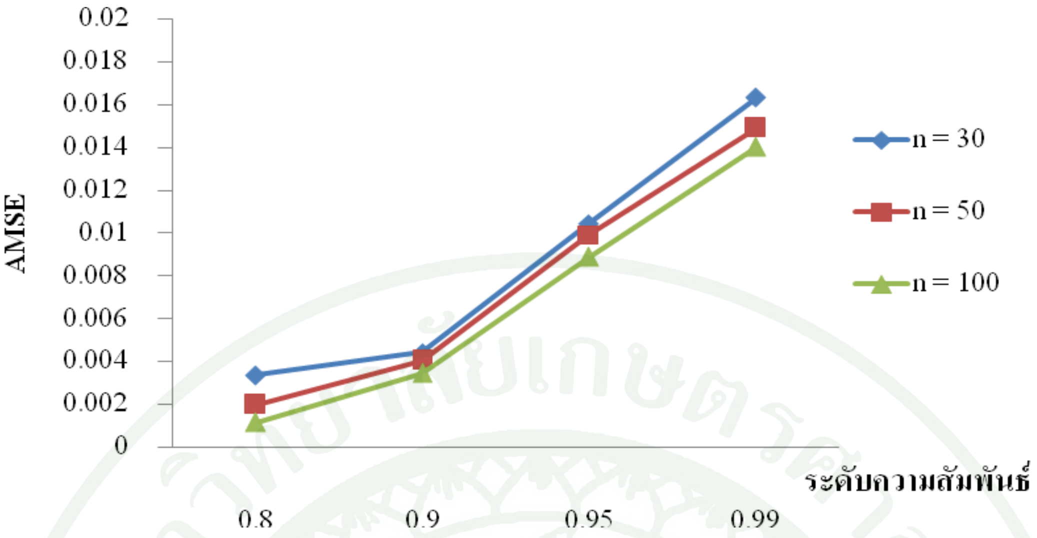


ภาพที่ 35 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

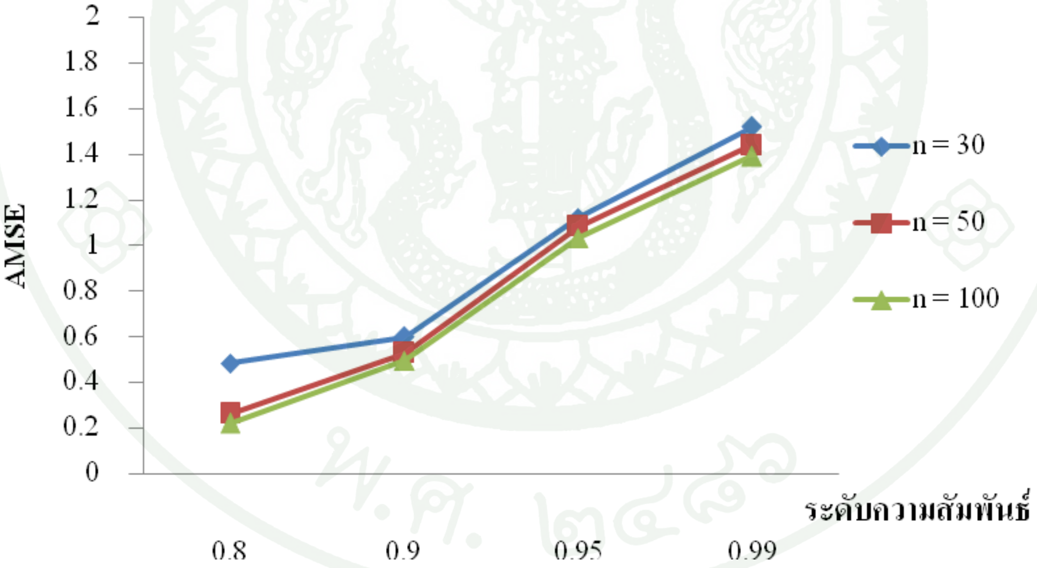


ภาพที่ 36 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

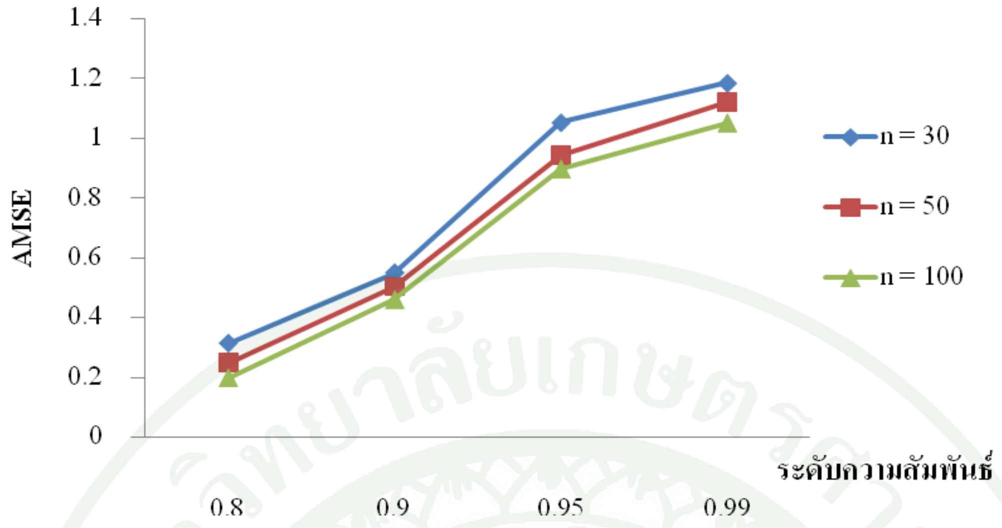


ภาพที่ 37 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

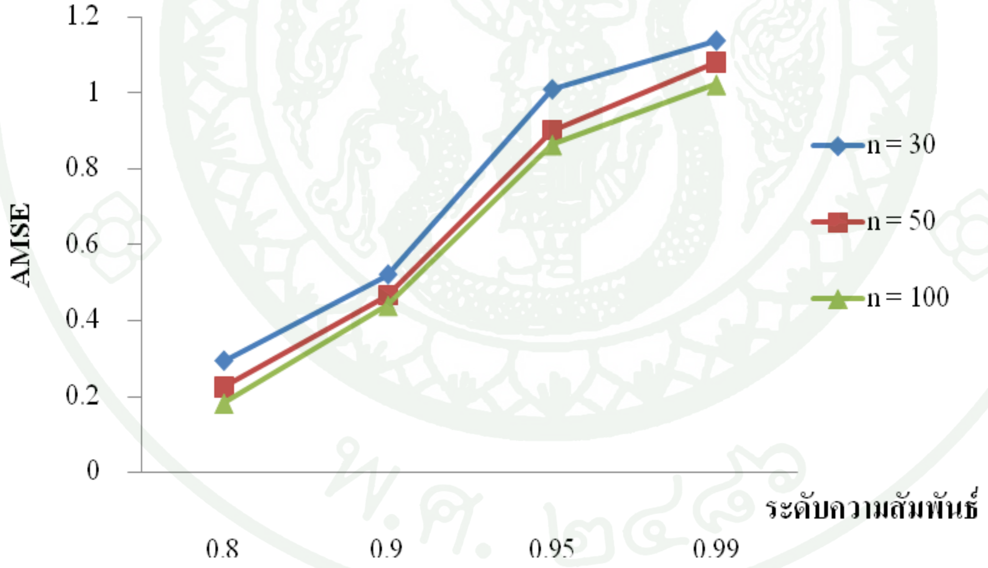


ภาพที่ 38 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

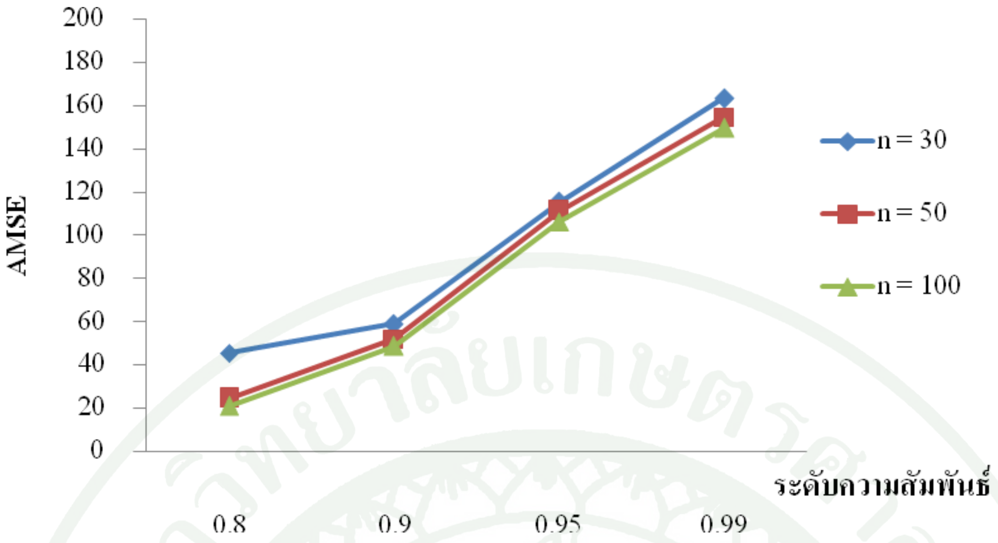


ภาพที่ 39 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

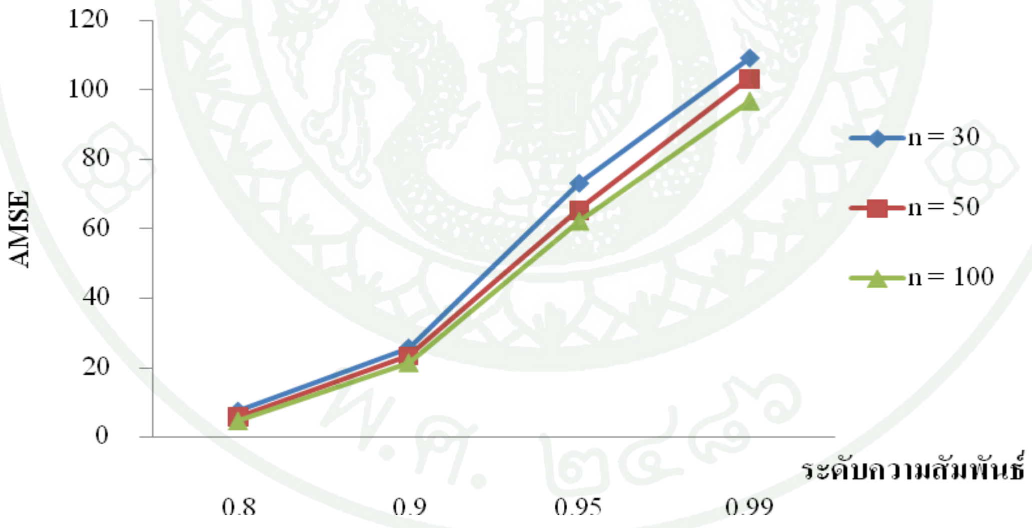


ภาพที่ 40 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

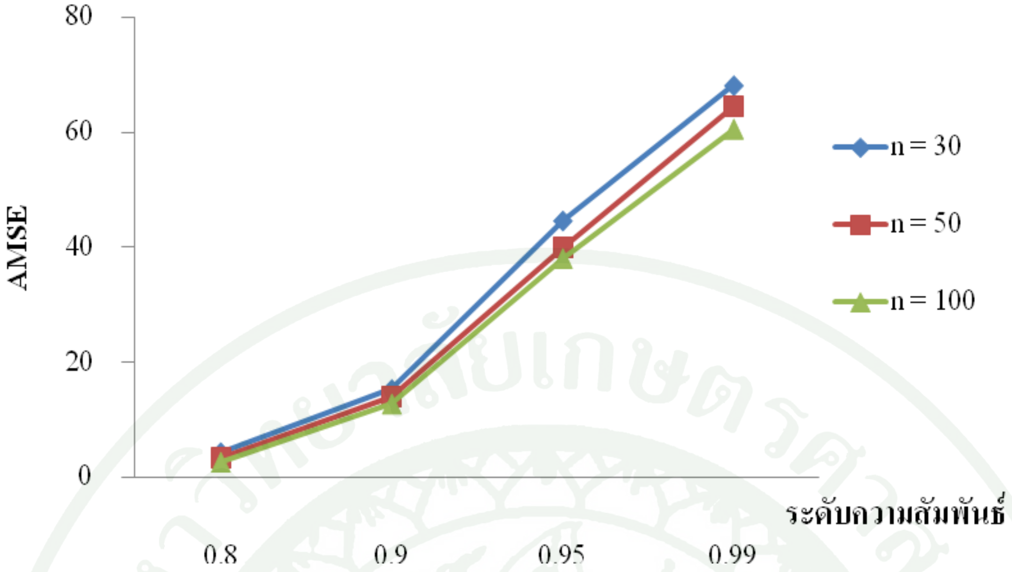


ภาพที่ 41 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$



ภาพที่ 42 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 43 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยที่เกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปรทั้ง 3 วิธี ได้แก่ ระดับความสัมพันธ์ ขนาดตัวอย่าง ความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน และจำนวนตัวแปรอิสระ ซึ่งผลการวิเคราะห์ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 ให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกัน สรุปได้ดังตารางที่ 10 ถึงตารางที่ 12 ดังนี้

1. เมื่อระดับความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ AMSE ของแต่ละวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนุสรา (2535) และกรรณิกาณ์ (2540) โดยวิธีที่ทำให้ค่า AMSE ต่ำสุดในทุกกรณี คือ วิธี LE แต่อย่างไรก็ตามเมื่อระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 ค่า AMSE ของแต่ละวิธีแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งความแตกต่างของค่า AMSE จะแตกต่างกันมากขึ้น เมื่อระดับความสัมพันธ์สูงถึง 0.95 ถึง 0.99 โดยวิธี LE ให้ค่า AMSE ต่ำกว่าวิธี RRE และ OLSE ค่อนข้างมาก

2. เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ AMSE ของแต่ละวิธีมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนุสรา (2535) กรรณิกาณ์ (2540) และพรทิพย์ (2542) โดยวิธีที่ทำให้ค่า AMSE ต่ำสุดในทุกกรณี คือ วิธี LE แต่อย่างไรก็ตามเมื่อค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนต่ำและ ขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น ค่า AMSE ของแต่ละวิธีแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งความแตกต่างของค่า AMSE จะแตกต่างกันมากขึ้น เมื่อค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนสูงขึ้น ในทุกขนาดตัวอย่าง โดยวิธี LE ให้ค่า AMSE ต่ำกว่าวิธี RRE และ OLSE ค่อนข้างมาก

3. เมื่อค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ AMSE ของแต่ละวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรรณิกาณ์ (2540) โดยวิธีที่ทำให้ค่า AMSE ต่ำสุดในทุกกรณี คือ วิธี LE แต่อย่างไรก็ตามเมื่อค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.01 และ 1 ค่า AMSE ของแต่ละวิธีแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งความแตกต่างของค่า AMSE จะแตกต่างกันมากขึ้น เมื่อ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เท่ากับ 100 โดยวิธี LE ให้ค่า AMSE ต่ำกว่าวิธี RRE และ OLSE ค่อนข้างมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. สำหรับวิธี OLSE พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อวิธีนี้ คือ ระดับความสัมพันธ์ ขนาดตัวอย่าง และความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน โดยขนาดตัวอย่างมีผลกระทบต่อวิธี OLSE น้อย เมื่อระดับความสัมพันธ์สูง ส่วนวิธี RRE และ LE ปัจจัยที่มีผลต่อวิธีนี้ คือ ระดับความสัมพันธ์ ขนาดตัวอย่าง และความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน โดยเมื่อความแปรปรวนมีค่าสูง และระดับความสัมพันธ์สูงขึ้น จะมีผลกระทบต่อวิธี LE ที่ทำให้ค่า AMSE ของวิธีนี้ต่ำกว่าวิธีอื่นค่อนข้างมาก

5. แม้ว่าวิธี LE จะเป็นวิธีที่ให้ค่า AMSE ต่ำสุดในทุกกรณีก็ตาม แต่ค่าจากการวิจัย พบว่า วิธี OLSE และ RRE ก็สามารถนำมาใช้ได้ในบางสถานการณ์ คือ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 10 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนเท่ากับ 0.01 ควรเลือกใช้วิธี OLSE ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ 5 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนเท่ากับ 1 ควรเลือกใช้วิธี RRE และ ในกรณีจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนเท่ากับ 1 ควรเลือกใช้วิธี OLSE

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 แสดงตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่เหมาะสมที่สุด เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3

ความแปรปรวน (σ^2)	ระดับความสัมพันธ์ (ρ)	ขนาดตัวอย่าง n = 30	n = 50	n = 100
	0.8	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
0.01	0.9	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.95	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.99	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.8	RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
1	0.9	RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.95	RRE, LE	RRE, LE	RRE, LE
	0.99	RRE, LE	RRE, LE	RRE, LE
	0.8	LE	LE	LE
100	0.9	LE	LE	LE
	0.95	LE	LE	LE
	0.99	LE	LE	LE

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 แสดงตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่เหมาะสมที่สุด เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5

ความแปรปรวน (σ^2)	ระดับความสัมพันธ์ (ρ)	ขนาดตัวอย่าง n = 30	n = 50	n = 100
	0.8	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
0.01	0.9	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.95	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.99	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.8	RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
1	0.9	RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.95	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.99	RRE, LE	RRE, LE	RRE, LE
	0.8	LE	LE	LE
100	0.9	LE	LE	LE
	0.95	LE	LE	LE
	0.99	LE	LE	LE

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 แสดงตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่เหมาะสมที่สุด เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10

ความแปรปรวน (σ^2)	ระดับความสัมพันธ์ (ρ)	ขนาดตัวอย่าง n = 30	ขนาดตัวอย่าง n = 50	ขนาดตัวอย่าง n = 100
0.01	0.8	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.9	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.95	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.99	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
1	0.8	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.9	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.95	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
	0.99	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE	OLSE, RRE, LE
100	0.8	LE	LE	LE
	0.9	LE	LE	LE
	0.95	LE	LE	LE
	0.99	LE	LE	LE

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาวิธีการคำนวณค่าคงที่ c และ d วิธีอื่นๆมาช่วยในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีริดจ์รีเกรสชั่น และ วิธีลิว

2. จากสรุปผลการทดลองพบว่าตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี LE แม้ว่าจะให้ค่า AMSE น้อยที่สุดในทุกกรณี แต่อย่างไรในบางกรณีที่วิธี OLSE และ RRE ให้ค่า AMSE ไม่แตกต่างกับวิธี LE มากนัก ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงความยุ่งยากในการคำนวณ ในกรณีข้างต้น ควรเลือกใช้วิธี RRE และ OLSE แทนเพราะเป็นวิธีที่มีโปรแกรมสำเร็จรูปรองรับการคำนวณ

3. ควรศึกษาวิธีการทางสถิติวิธีอื่นๆ เพื่อหาตัวประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยที่เกิดภาวะร่วมเชิงเส้นหลายตัวแปร ยกตัวอย่างเช่น วิธีการถดถอยองค์ประกอบ (PCR) หรือวิธีเจเนอรัลไรซ์แมกซิมั่มเอนโทรฟี่ (GME)

4. ในการวิจัยนี้ใช้ AMSE เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจว่าตัวประมาณใดเป็นตัวประมาณที่เหมาะสมจะเป็นตัวประมาณที่ให้ค่า AMSE ต่ำ ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วสามารถใช้เกณฑ์อื่นเป็นตัวพิจารณาได้เช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น พิจารณาจากค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณ (RMSE) หรือ พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์อัตราส่วนผลต่างของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวประมาณ (DIFF)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรรณิกาณ์ หิรัญกสิ. 2540. **การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบ่งส่วน วิธีการถดถอยองค์ประกอบ และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดในกรณีที่เกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชิดชนก เชิงเชาว์. 2541. **การวิเคราะห์การถดถอยสำหรับการวิจัยทางการศึกษา.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.

ทรงศิริ แต้สมบัติ. 2548. **การวิเคราะห์การถดถอย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธันยากร ต้นชลขันธ์. 2538. **การเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีริดจ์รีเกรสชัน และวิธีที่ใช้หลักการของริดจ์และสไตน์ ในกรณี ที่เกิดพหุสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรอิสระ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นุสรา สถิตโพธิ์ศรี. 2535. **การเปรียบเทียบตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยพหุ โดยวิธีริดจ์รีเกรสชั่น และวิธีลาเท้นรูทธ์รีเกรสชั่น ในกรณีที่เกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรทิพย์ เดชพิชัย. 2542. **สมการพยากรณ์ที่เหมาะสมกรณีตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เริงชัย ตันสุชาติ. 2548. **เศรษฐมิติ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์โทนคัลเลอร์, เชียงใหม่.

Akdeniz F. and S. Kaciranlar. 2001. More on the New Biased Estimator in Linear Regression. **Sankhya : The Indian Journal of Statistics.** 63(3): 321-325.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bolch, B.W. and Huang, C.J. 1974. **Multivariate Statistical Methods for Business and Economics.** Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Hoerl, A.E. and Kennard, R.W. 1970. Ridge Regression : Biased Estimator for Nonorthogonal Problems. **Technometrics.** 12(1): 55-67.

Jahufer A. and P. Wijekoon. 2003. A Monte Carlo Evaluation of New Biased Estimators in Regression Model. **Sri Lankan Journal of Applied Statistics.** 4(1): 37-46.

Kaciranlar S., S. Sakallioglu, F. Akdeniz, G.P.H. Styan and H.J. Werner. 1999. A New Biased Estimator in Linear Regression and a Detailed Analysis of the Widely-Analyzed Dataset on Portland Cement. **Sankhya : The Indian Journal of Statistics.** 61(3): 443-459.

Kibria, B.M.G. 2003. Performance of Some New Ridge Regression Estimator. **Communication in Statistics.** 32(2): 419-435.

Liu, K. 1993.A new class of biased estimate in linear regression. **Communication in Statistics Theory and Methods.** 22(2): 393-402.

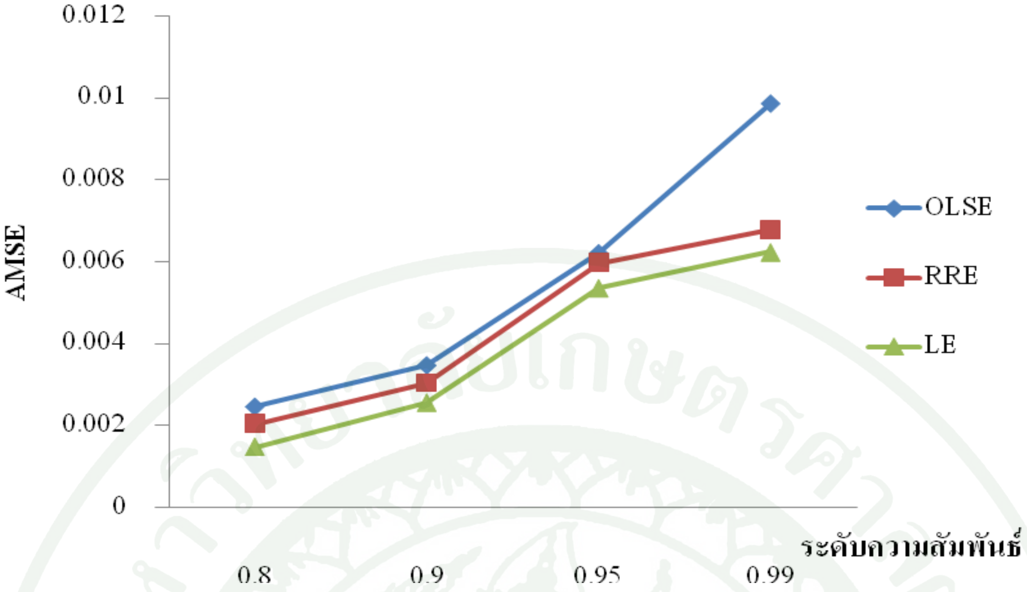
Liu, K. 2003. Using Liu-type Estimator to Combat Collinearity. **Communication in Statistics Theory and Methods.** 32(5): 1009-1020.

Liu, K. 2004. More on Liu-type Estimator in Linear Regression. **Communication in Statistics Theory and Methods.** 33(11): 2723-2733.

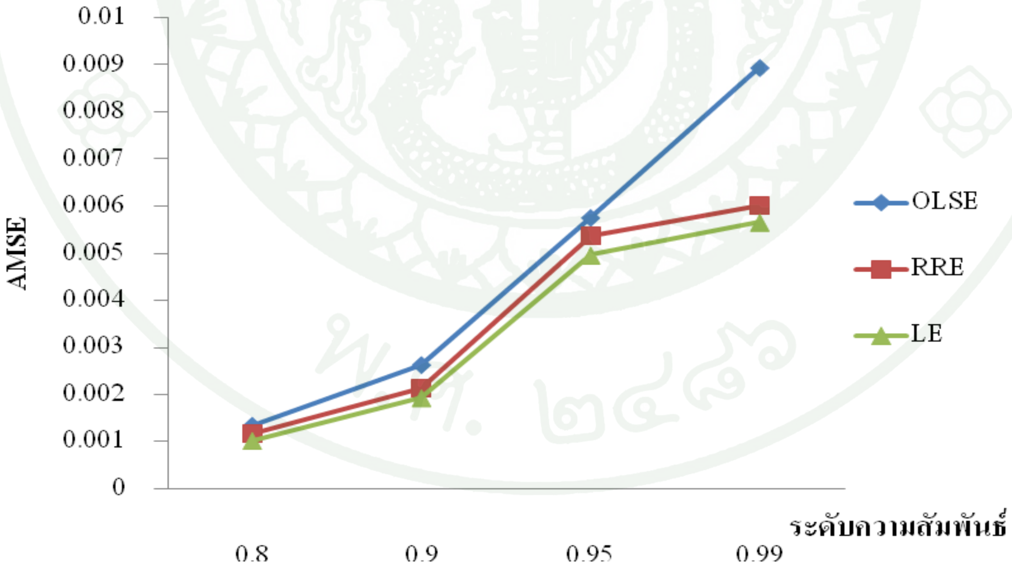
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

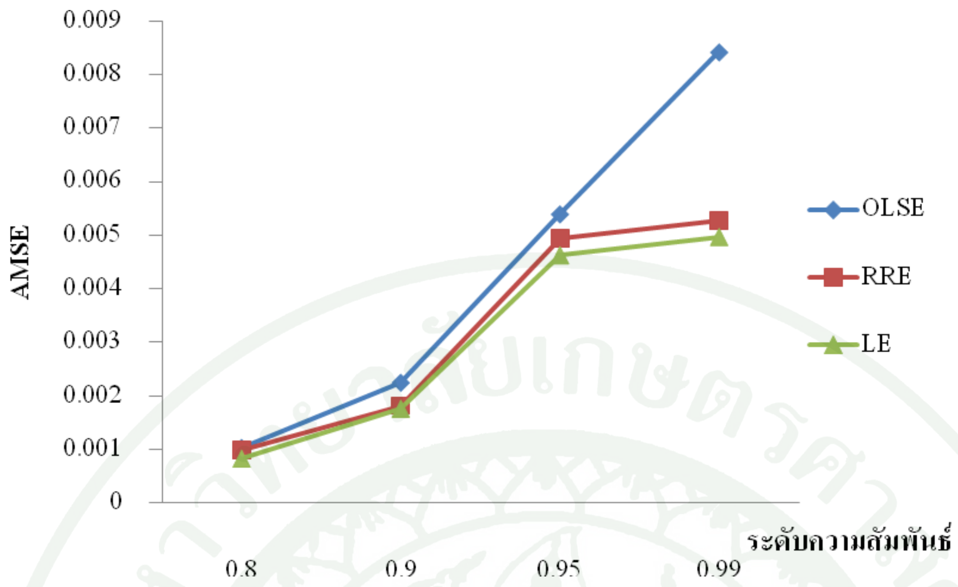


ภาพผนวกที่ 1 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

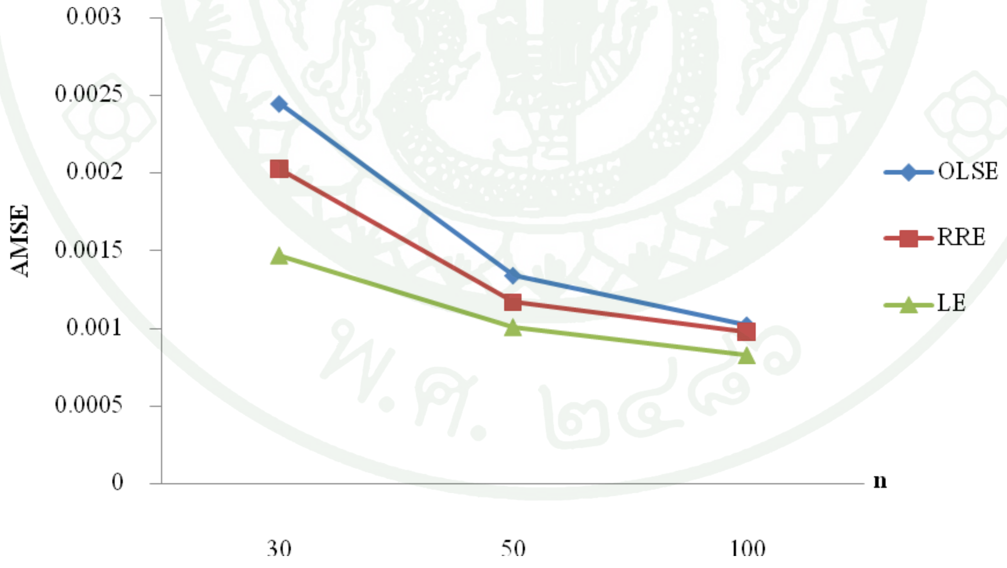


ภาพผนวกที่ 2 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

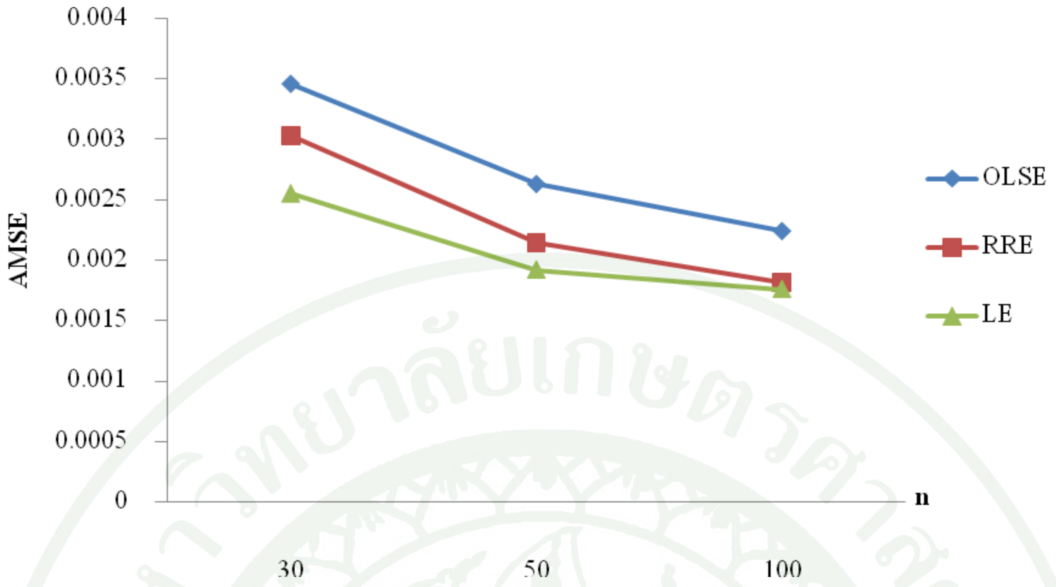


ภาพผนวกที่ 3 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย ε ~ N(0,0.01)

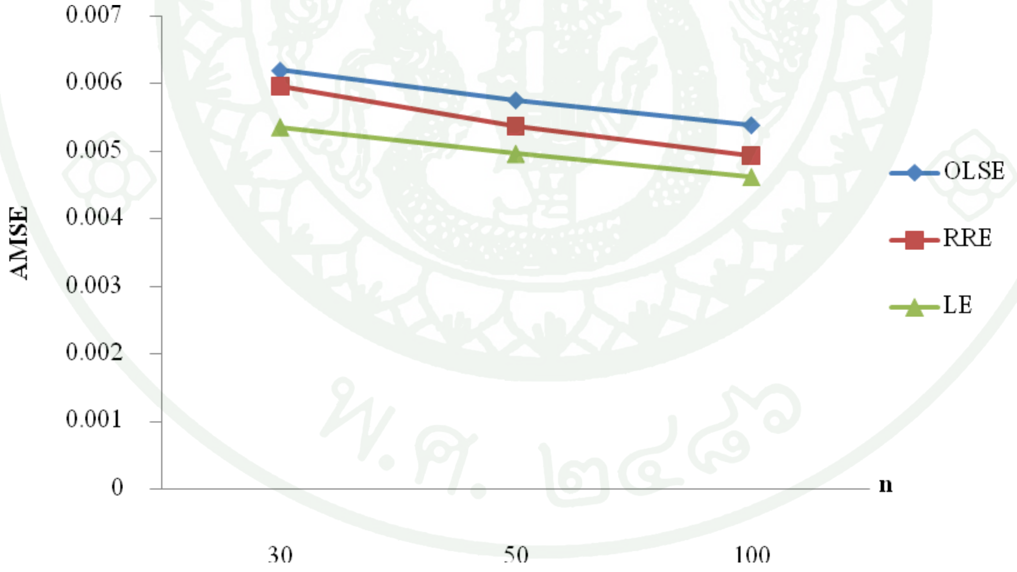


ภาพผนวกที่ 4 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย ε ~ N(0,0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

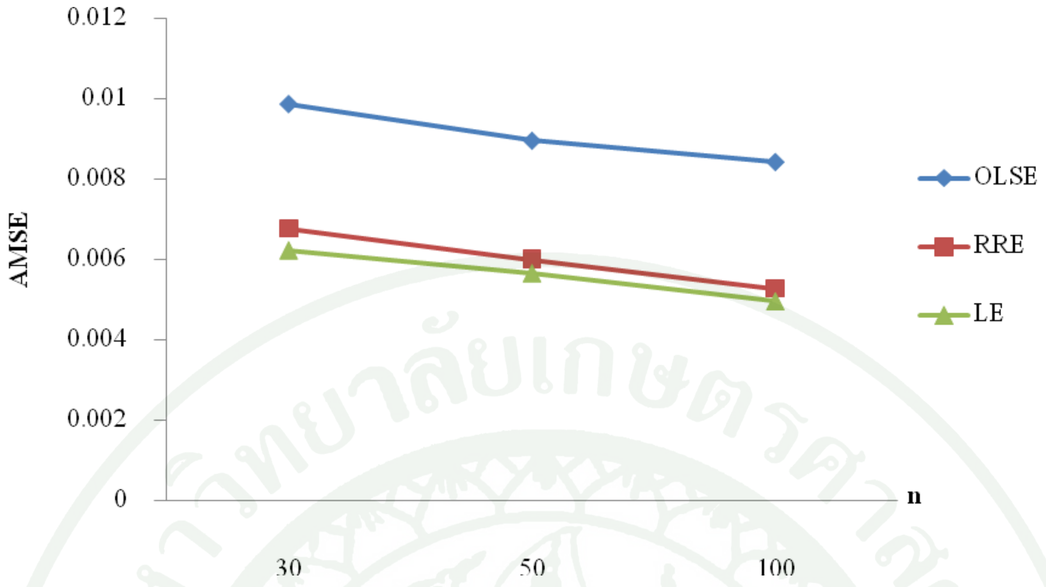


ภาพผนวกที่ 5 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

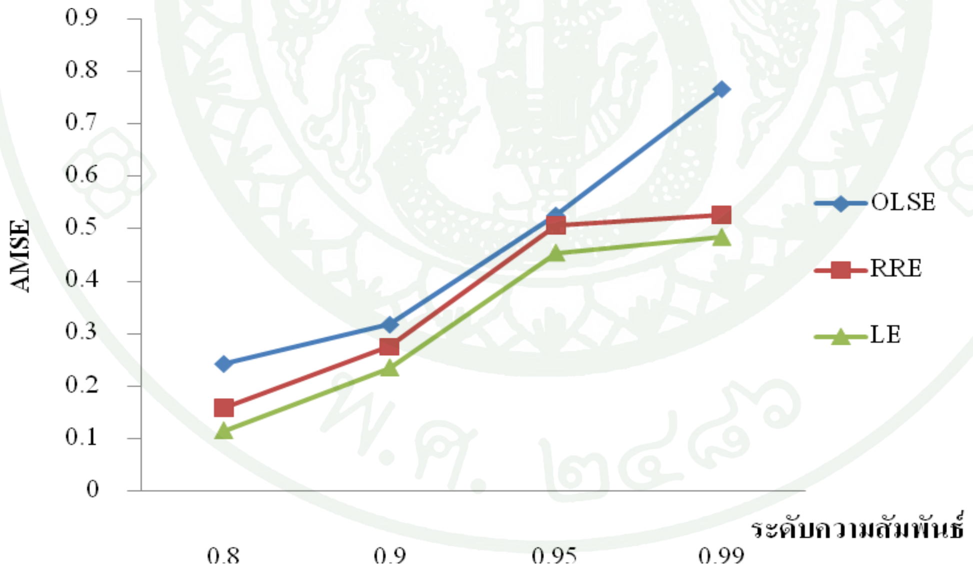


ภาพผนวกที่ 6 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

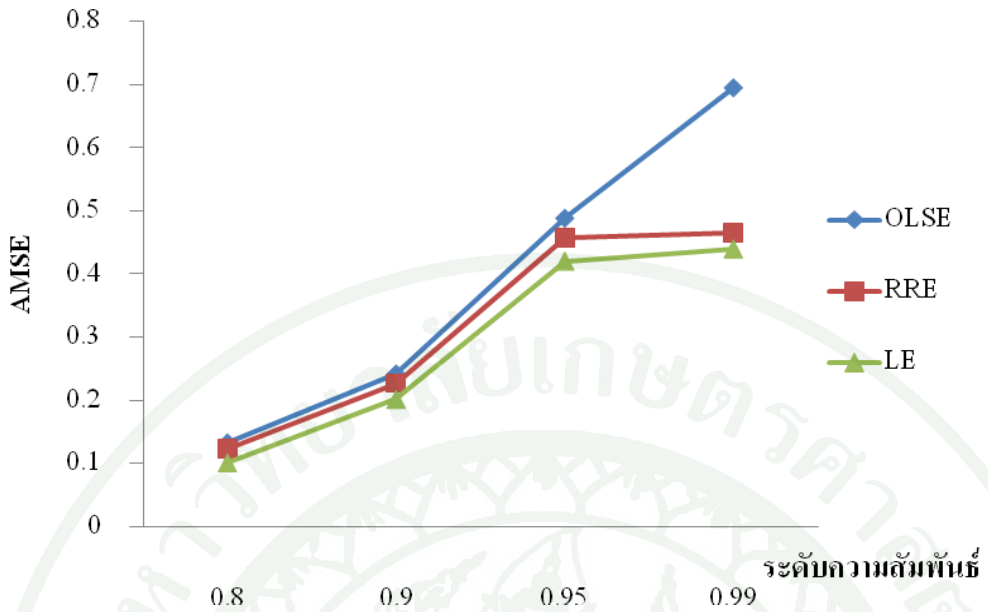


ภาพผนวกที่ 7 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

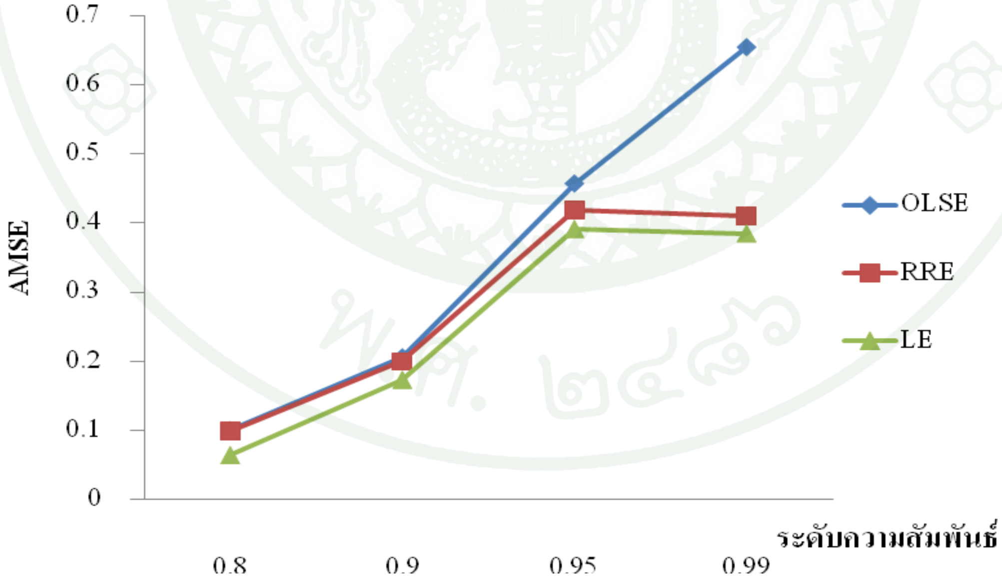


ภาพผนวกที่ 8 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

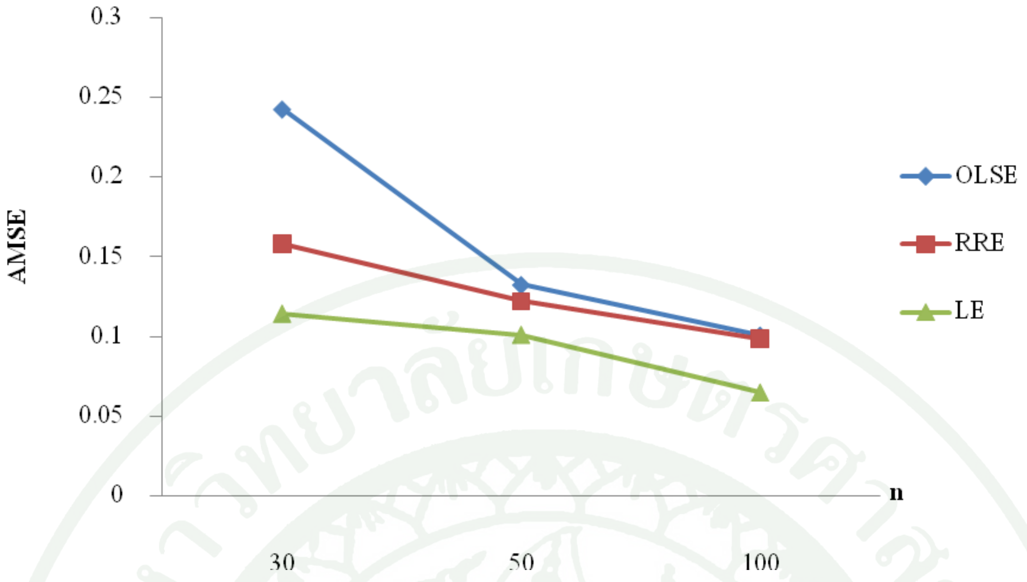


ภาพผนวกที่ 9 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

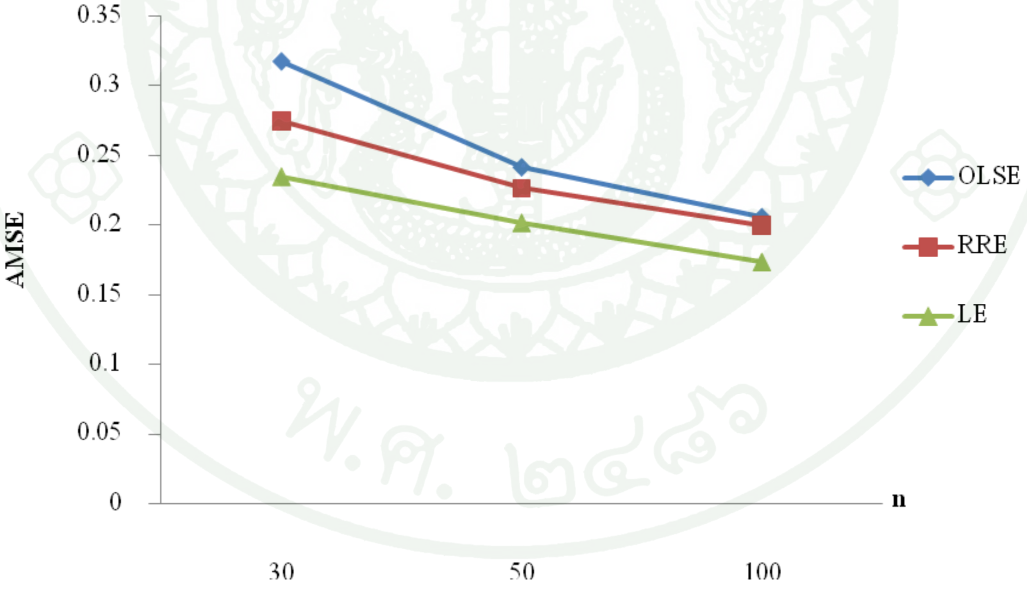


ภาพผนวกที่ 10 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

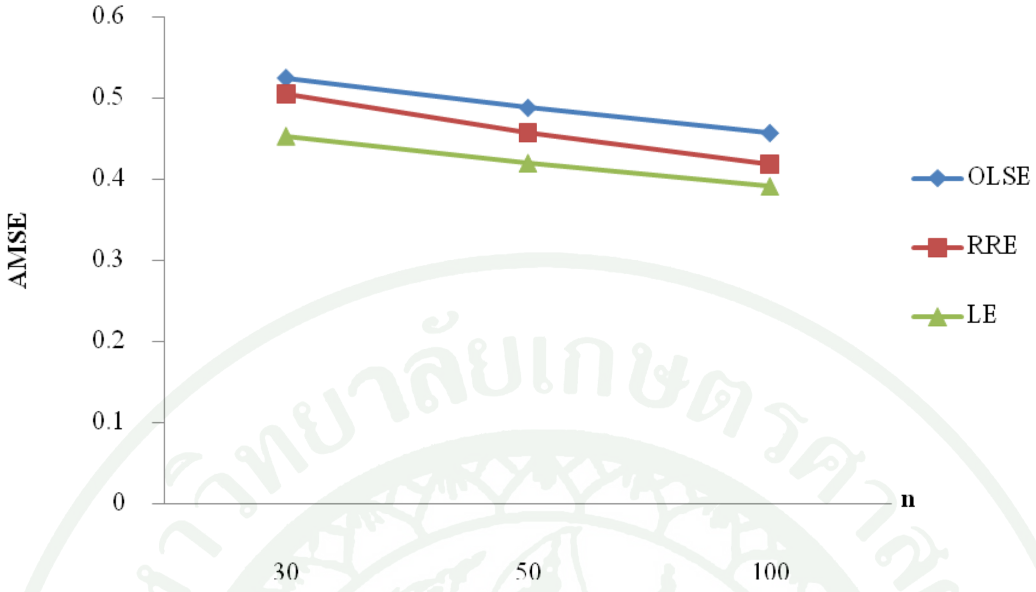


ภาพผนวกที่ 11 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

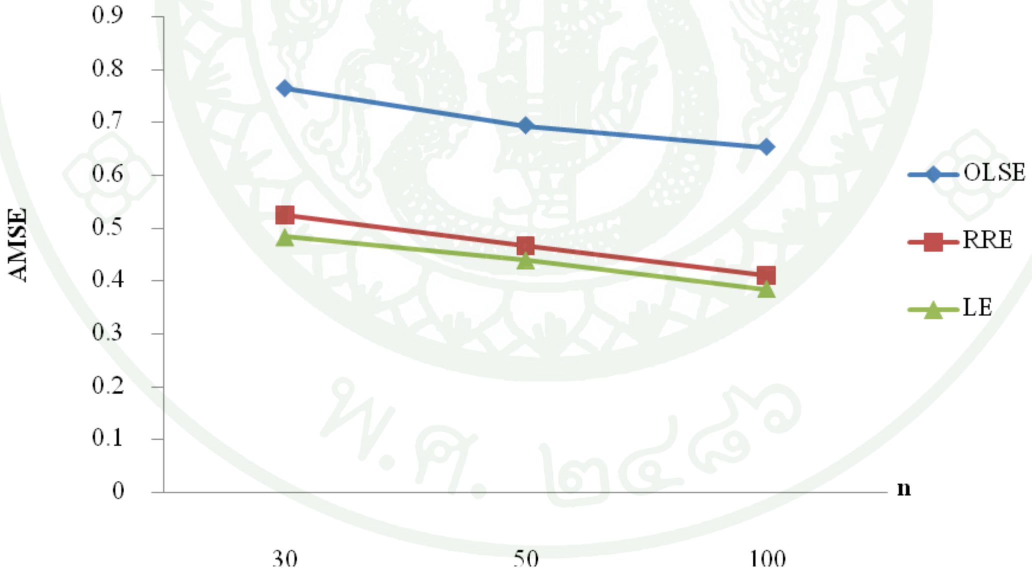


ภาพผนวกที่ 12 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

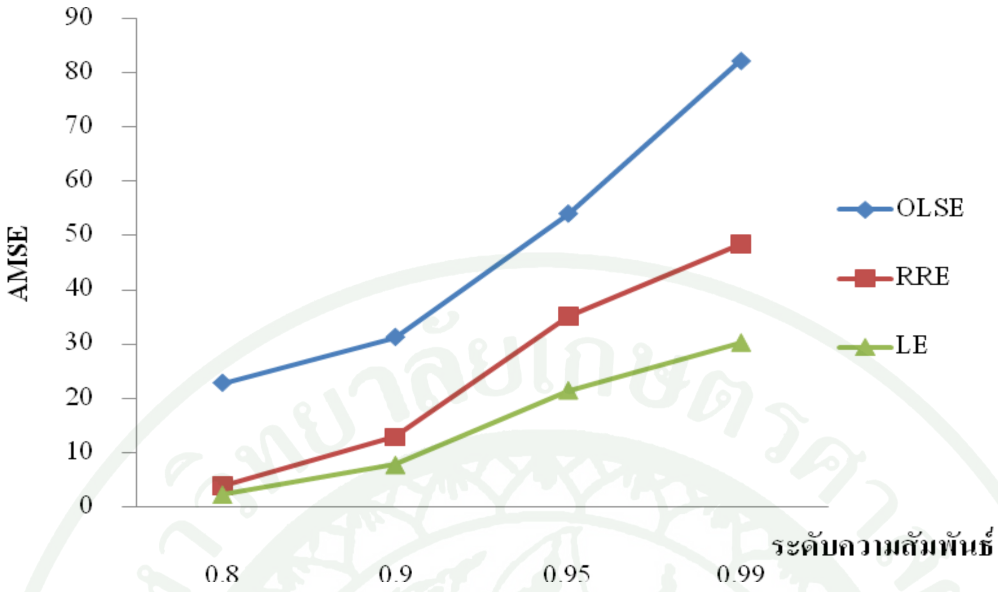


ภาพผนวกที่ 13 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

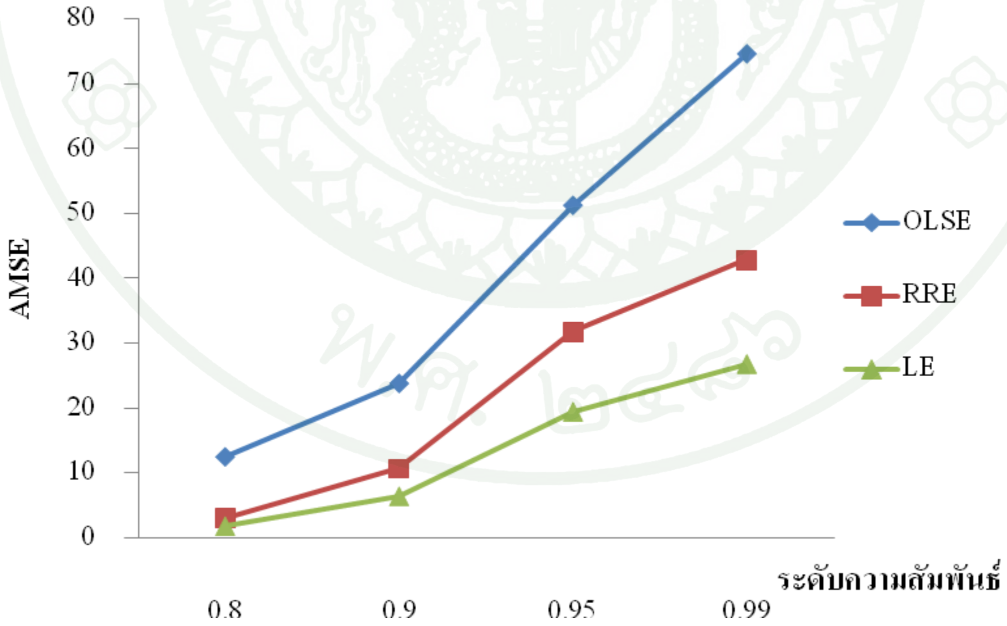


ภาพผนวกที่ 14 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

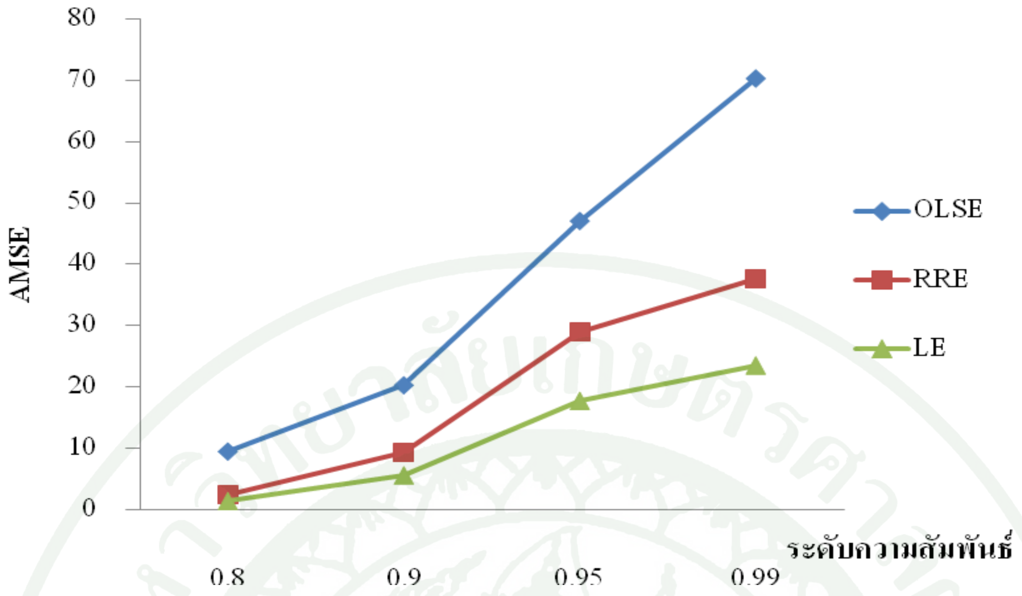


ภาพผนวกที่ 15 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

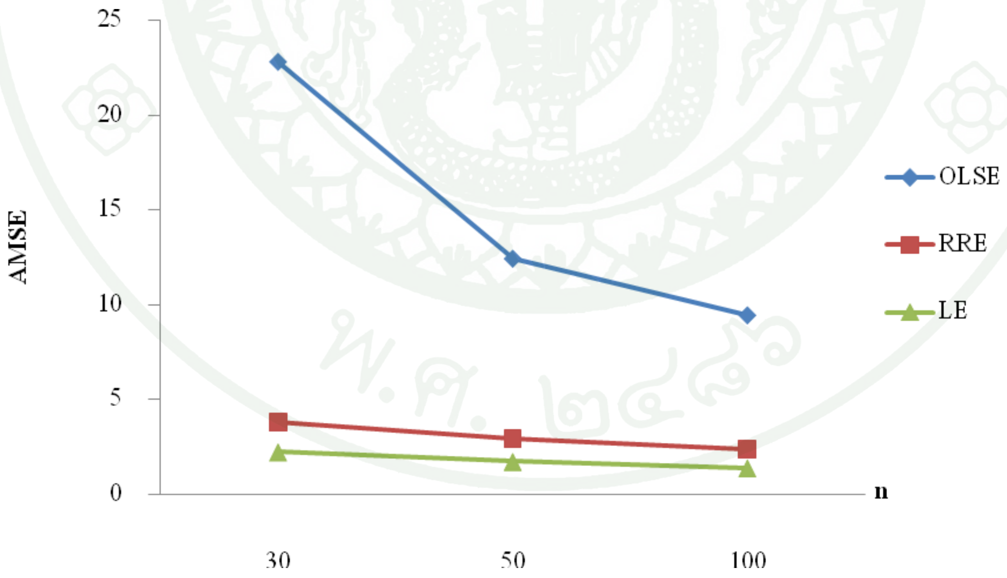


ภาพผนวกที่ 16 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

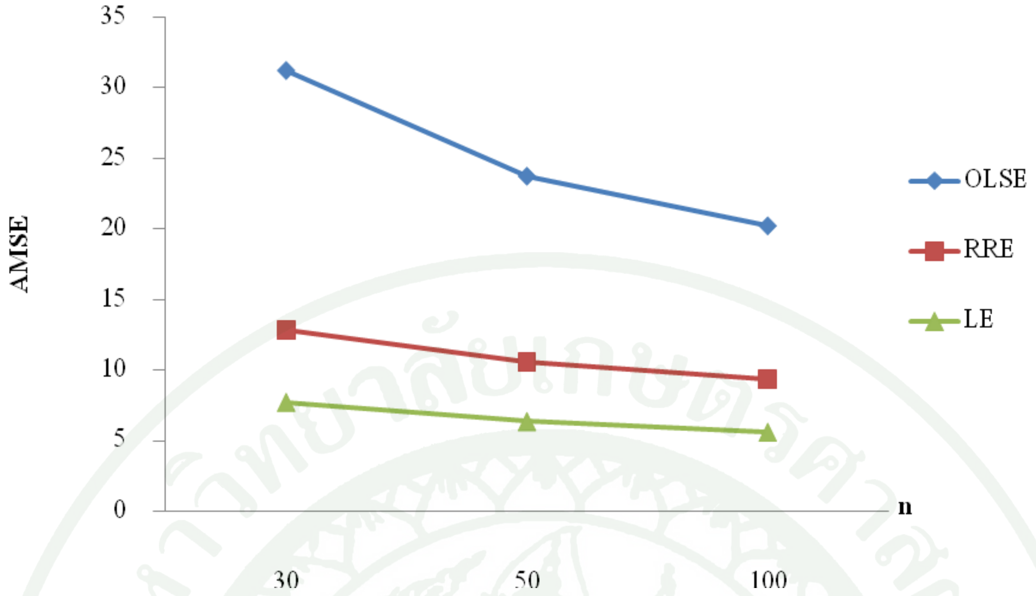


ภาพผนวกที่ 17 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

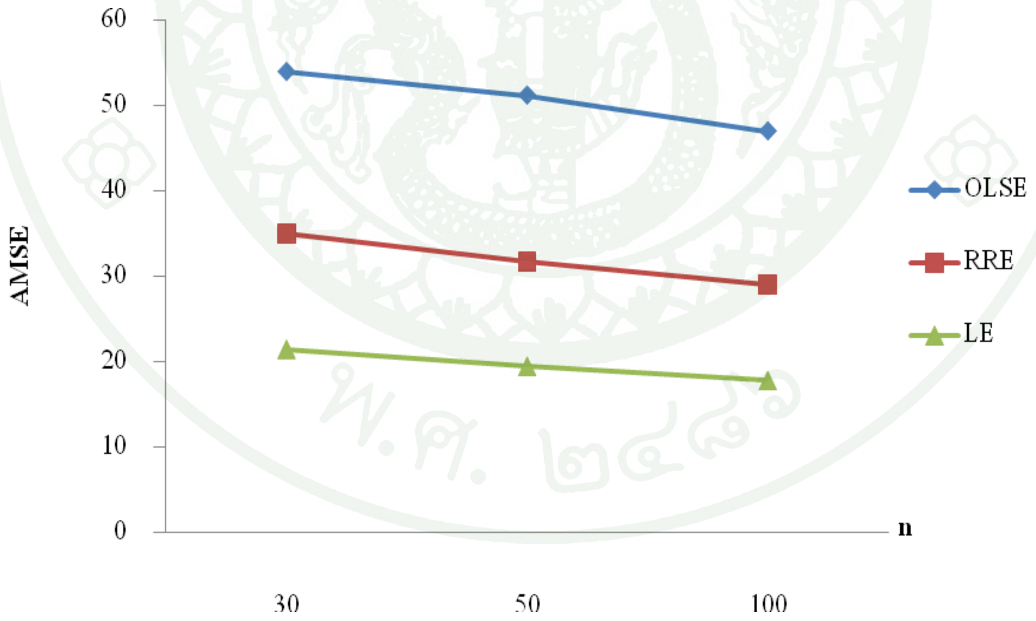


ภาพผนวกที่ 18 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

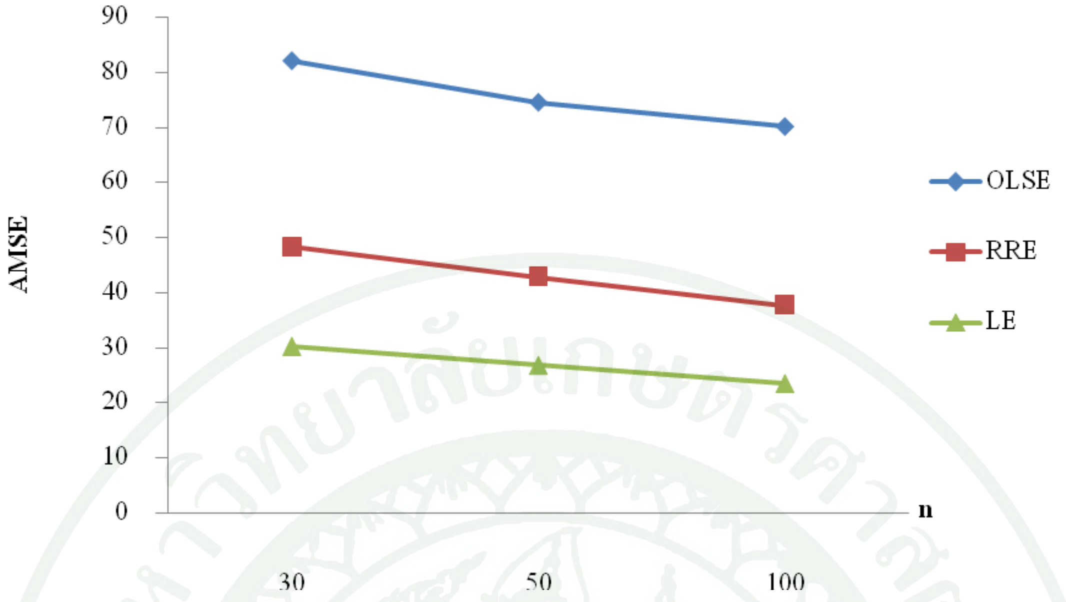


ภาพผนวกที่ 19 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

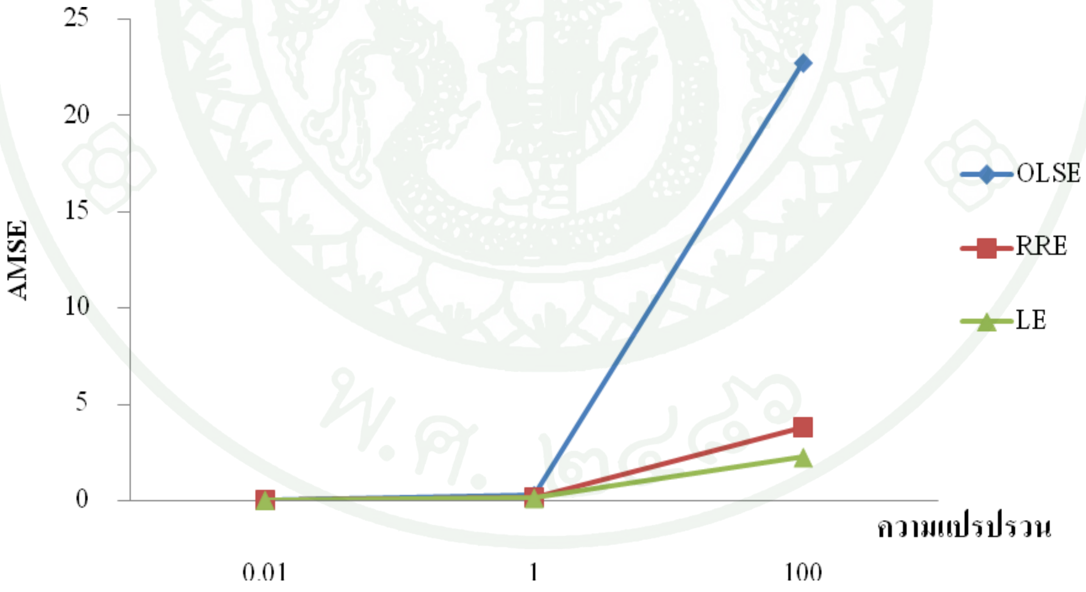


ภาพผนวกที่ 20 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

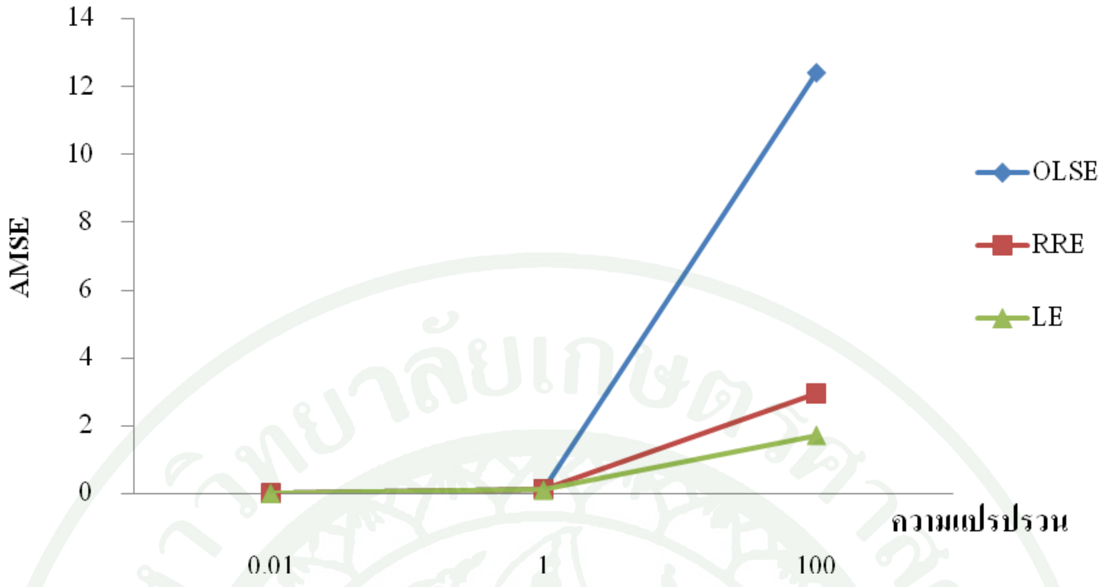


ภาพผนวกที่ 21 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

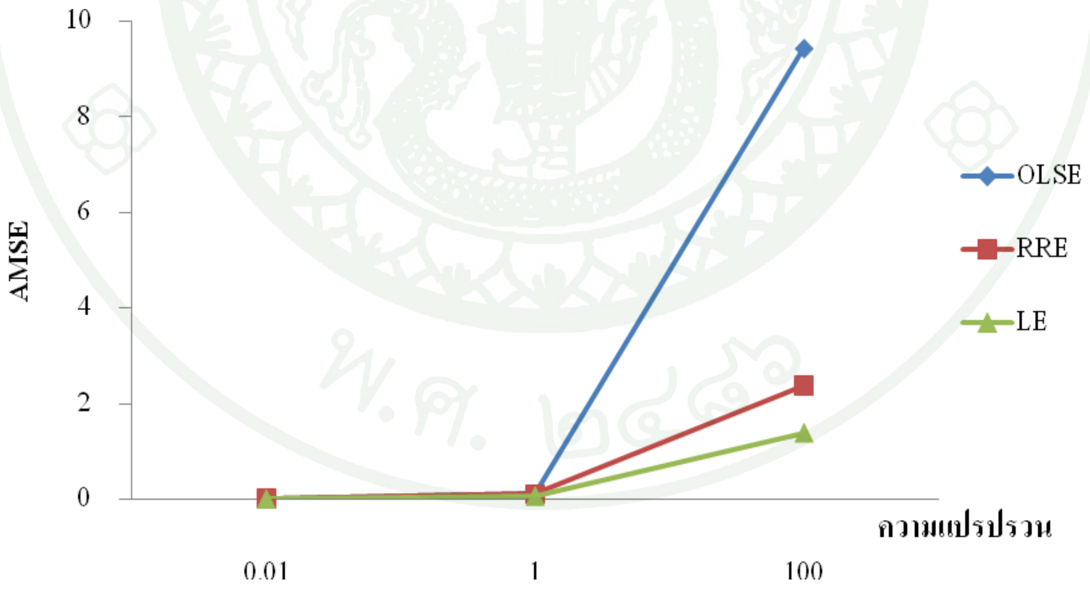


ภาพผนวกที่ 22 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

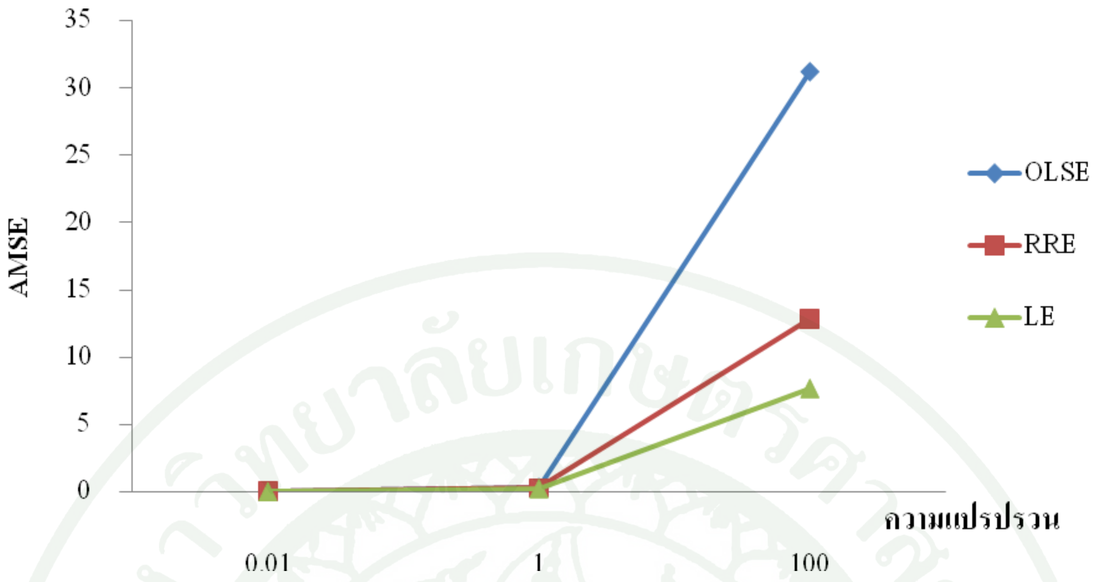


ภาพผนวกที่ 23 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

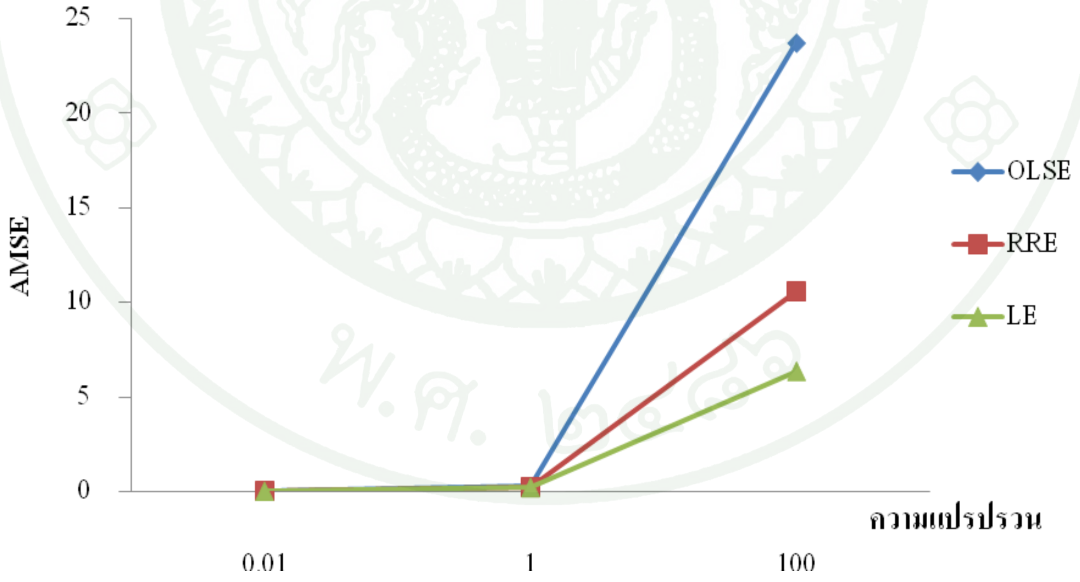


ภาพผนวกที่ 24 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

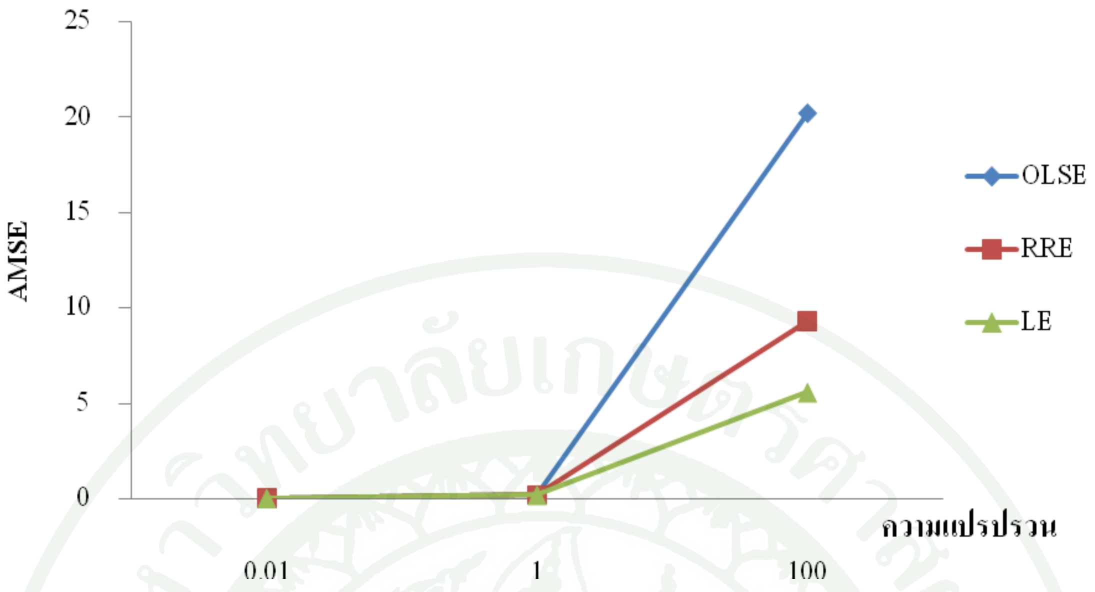


ภาพผนวกที่ 25 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9

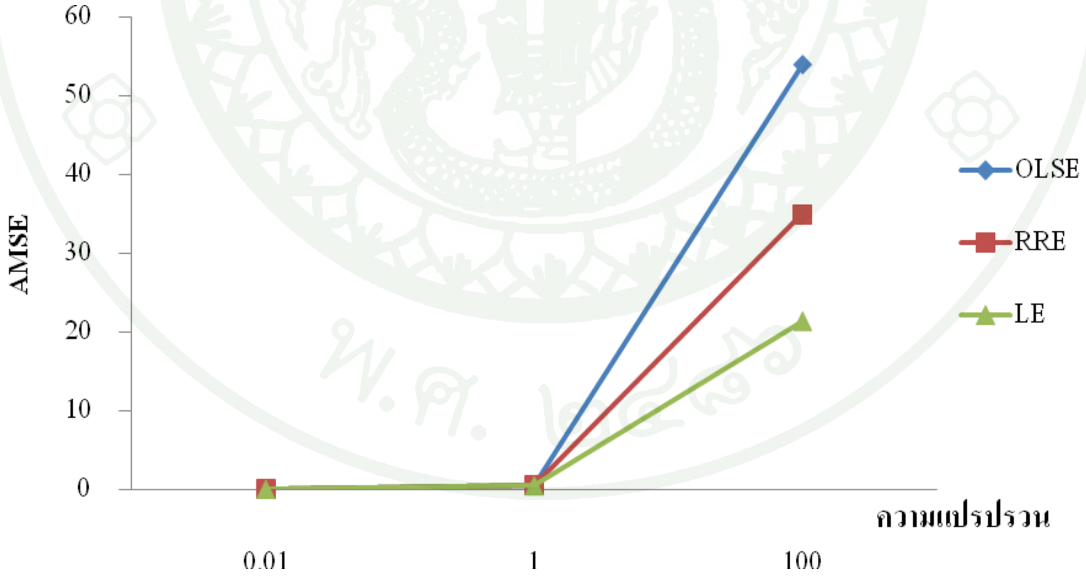


ภาพผนวกที่ 26 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

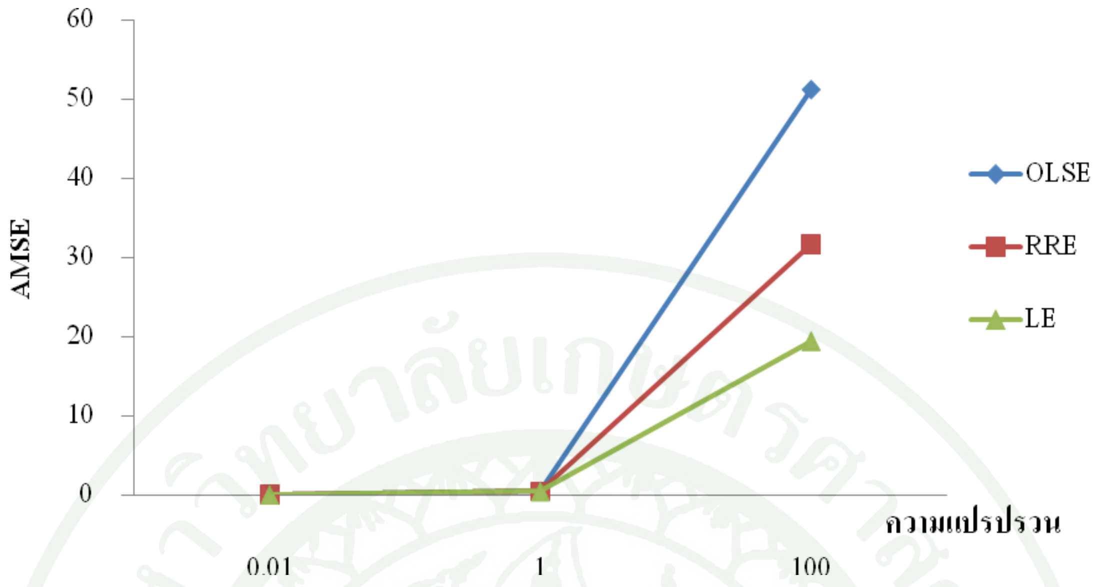


ภาพผนวกที่ 27 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9

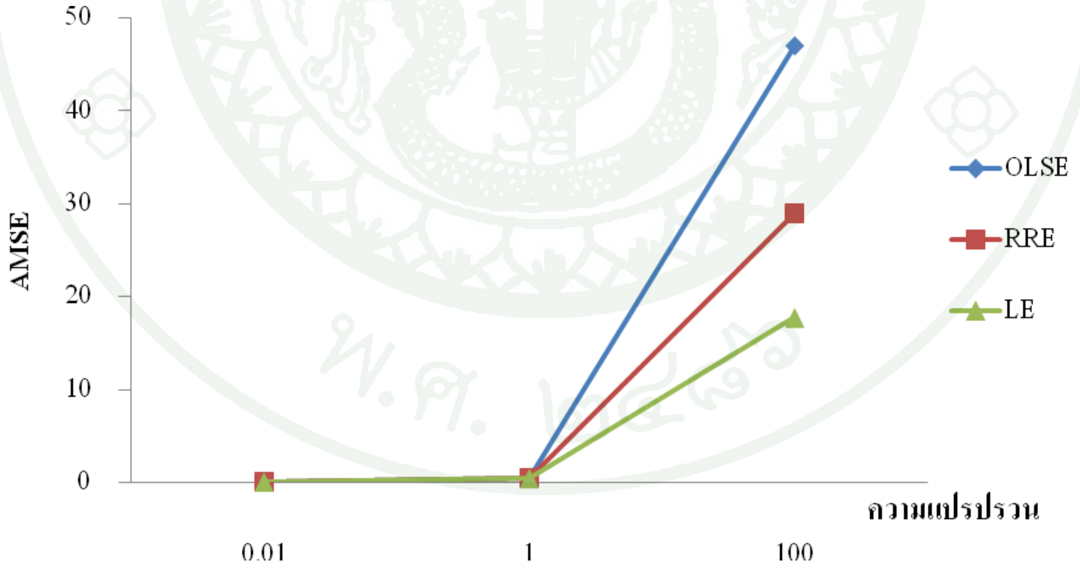


ภาพผนวกที่ 28 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

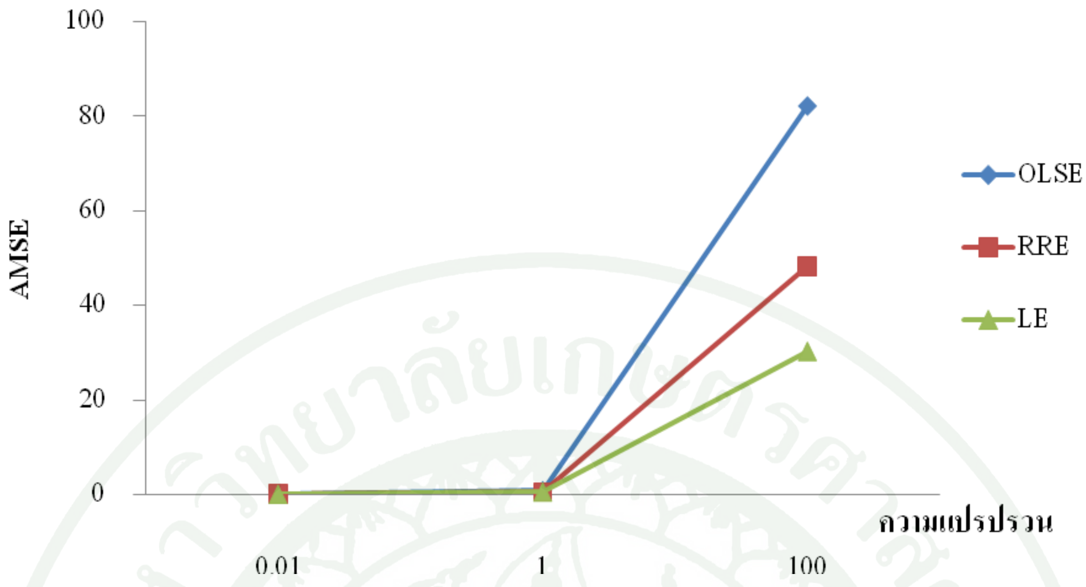


ภาพผนวกที่ 29 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95

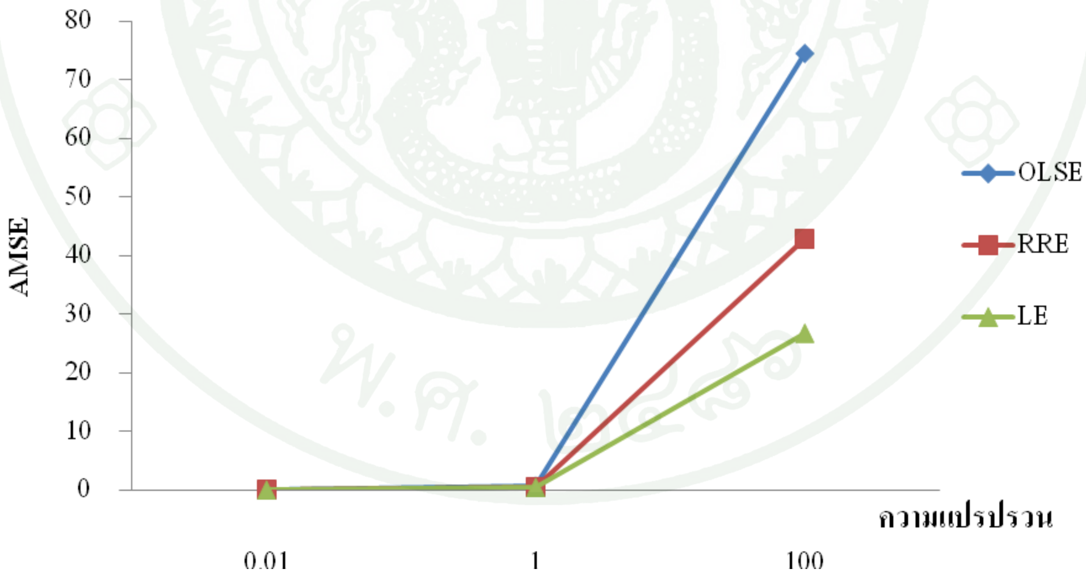


ภาพผนวกที่ 30 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

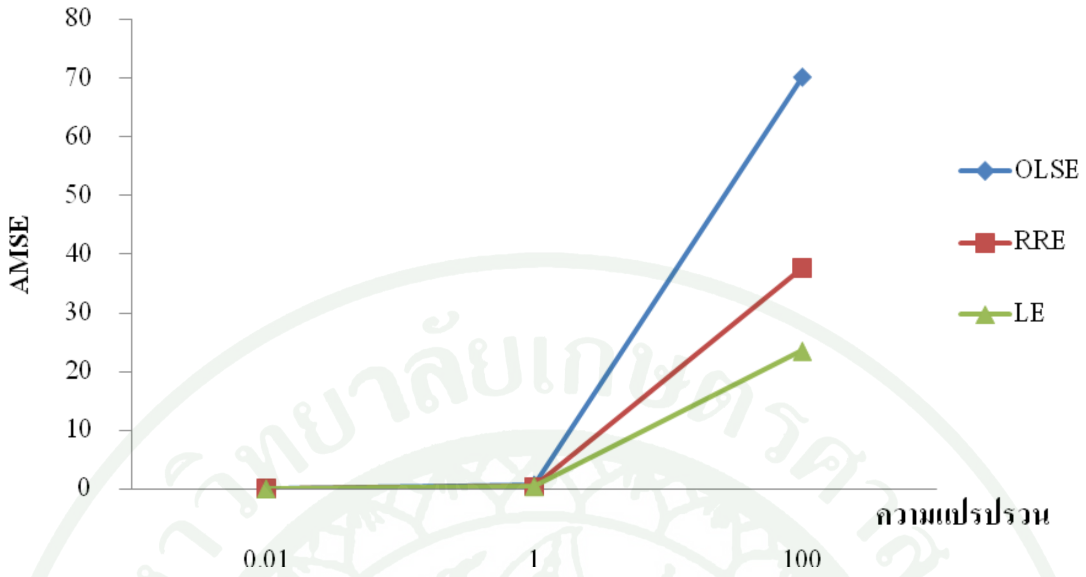


ภาพผนวกที่ 31 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99

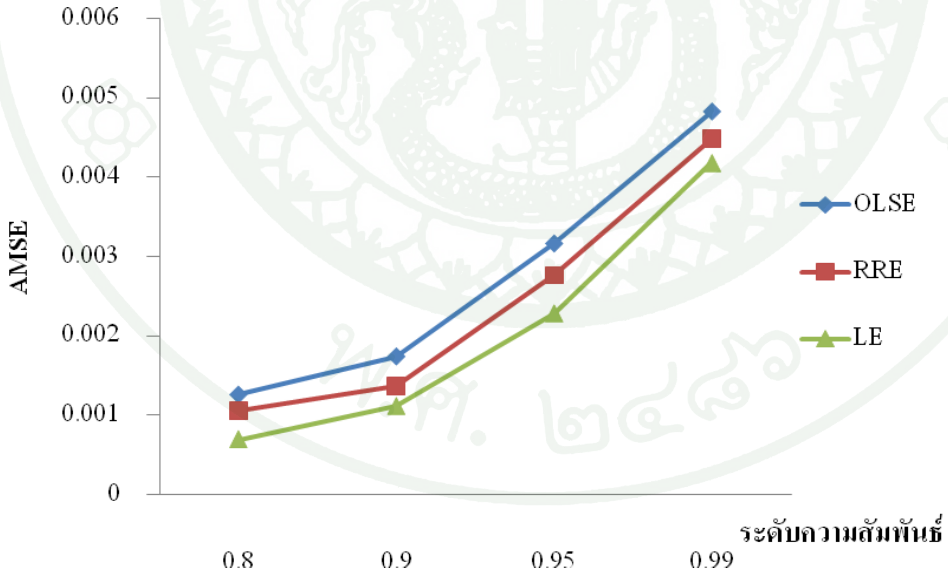


ภาพผนวกที่ 32 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

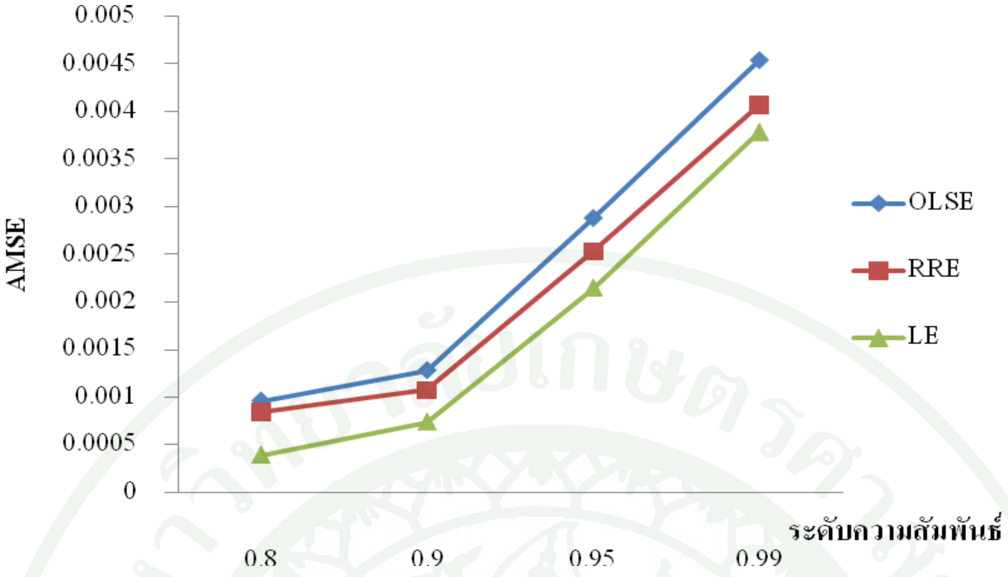


ภาพผนวกที่ 33 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 5, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99

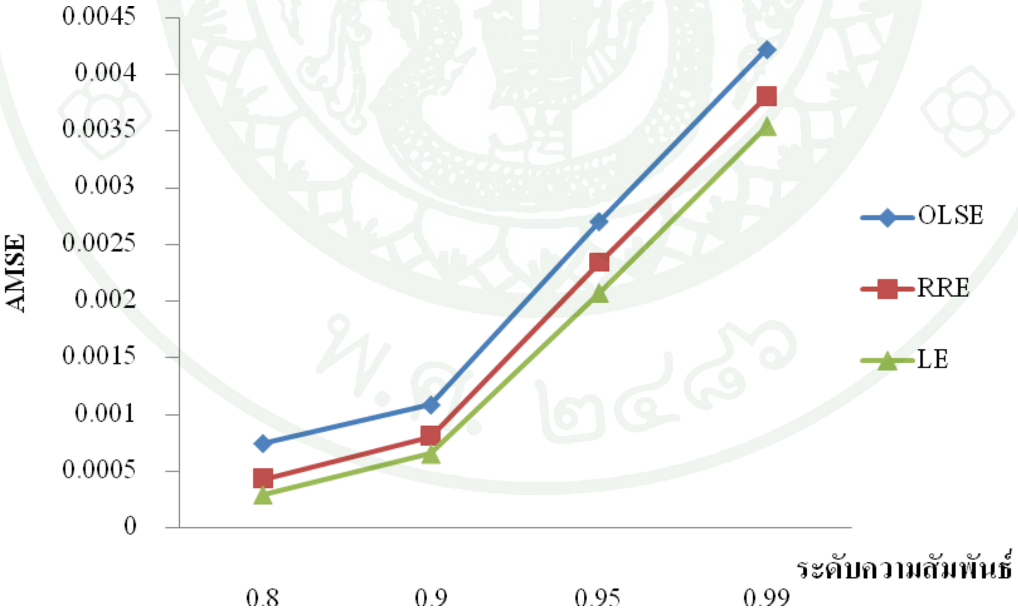


ภาพผนวกที่ 34 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

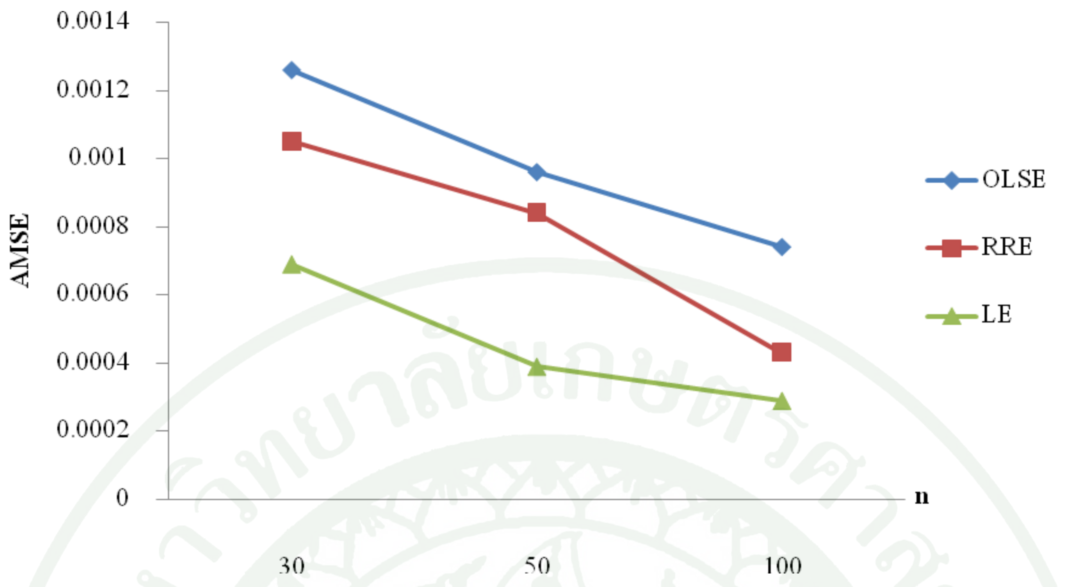


ภาพผนวกที่ 35 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย ε ~ N(0,0.01)

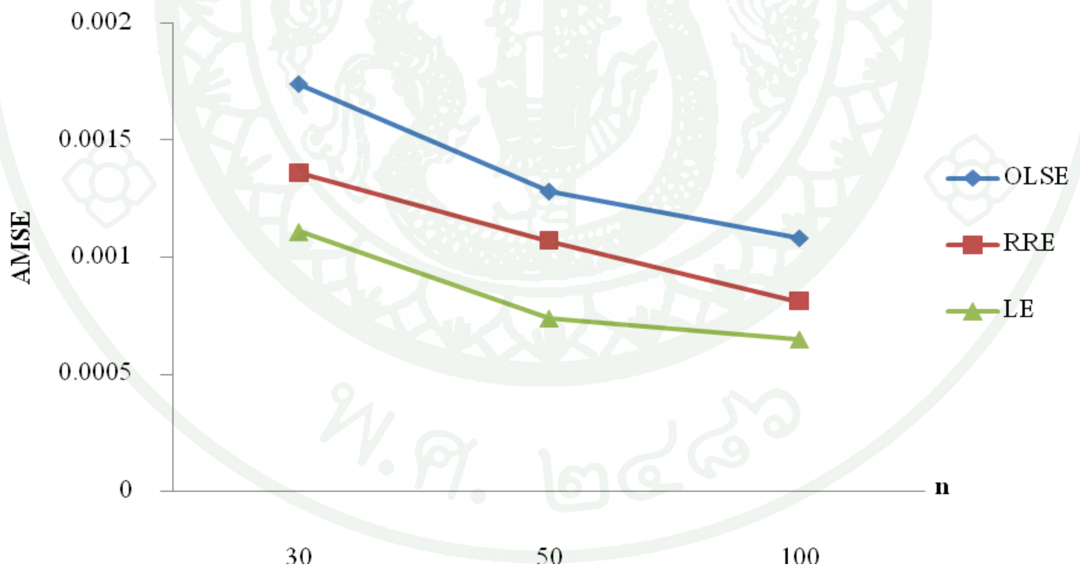


ภาพผนวกที่ 36 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย ε ~N(0,0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

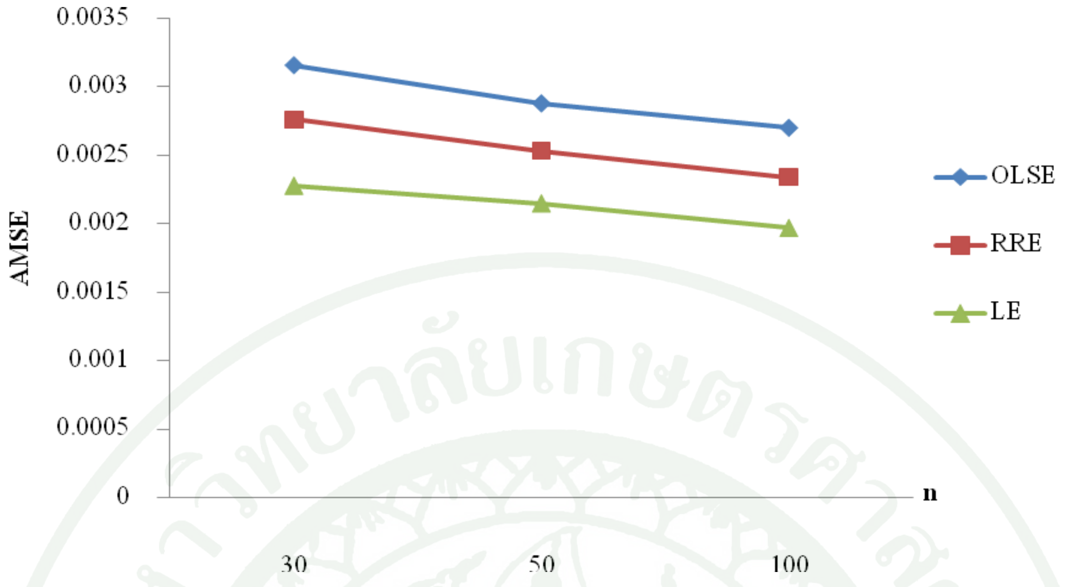


ภาพผนวกที่ 37 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

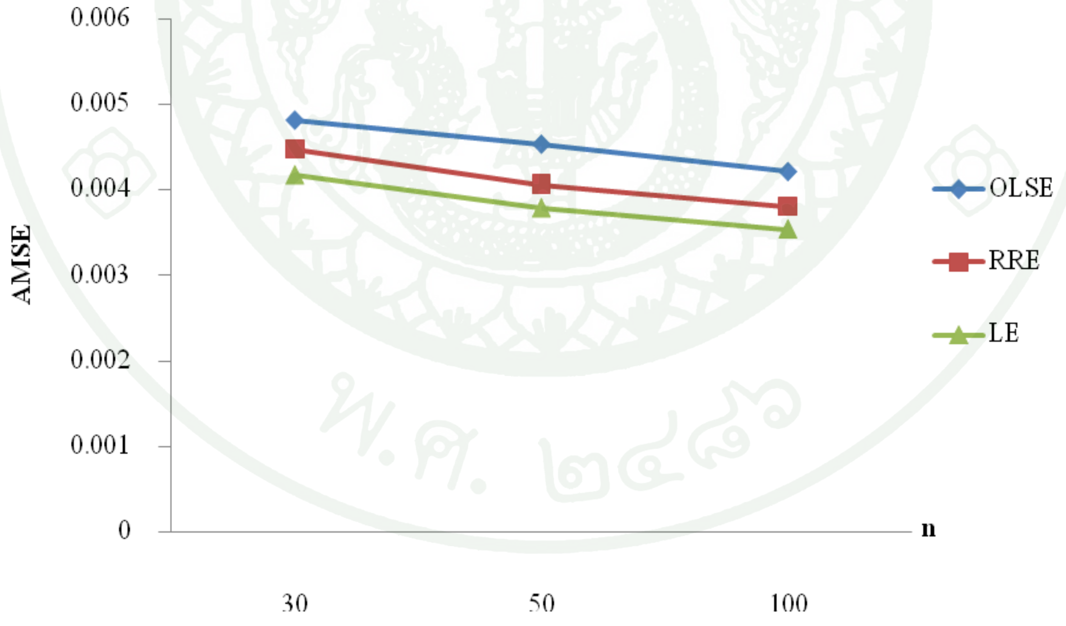


ภาพผนวกที่ 38 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

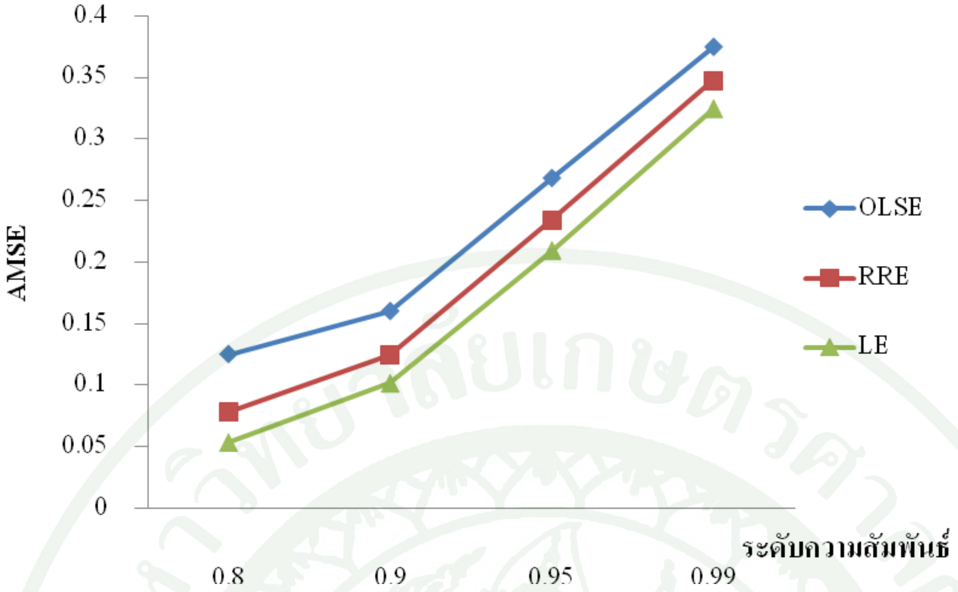


ภาพผนวกที่ 39 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

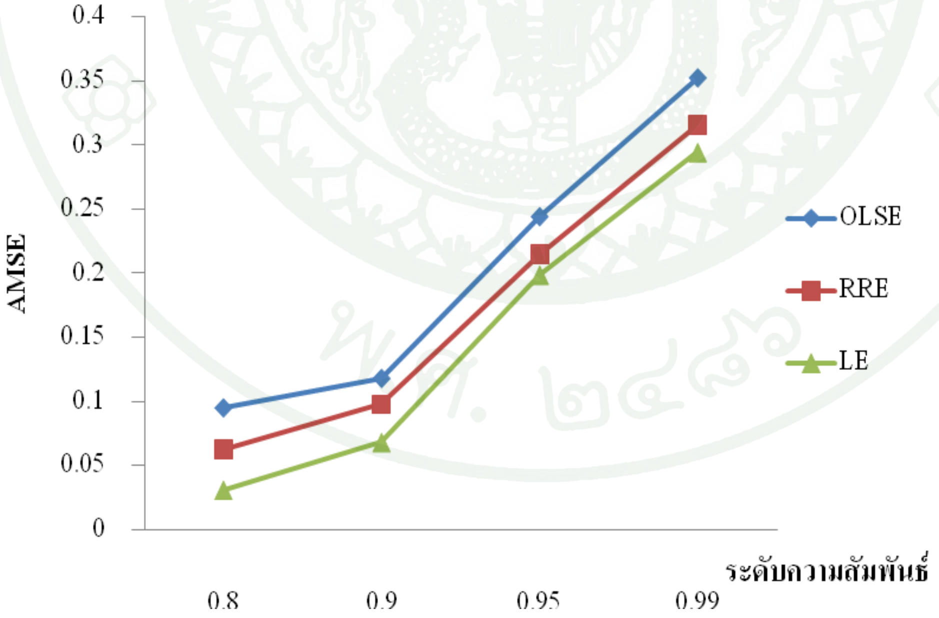


ภาพผนวกที่ 40 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

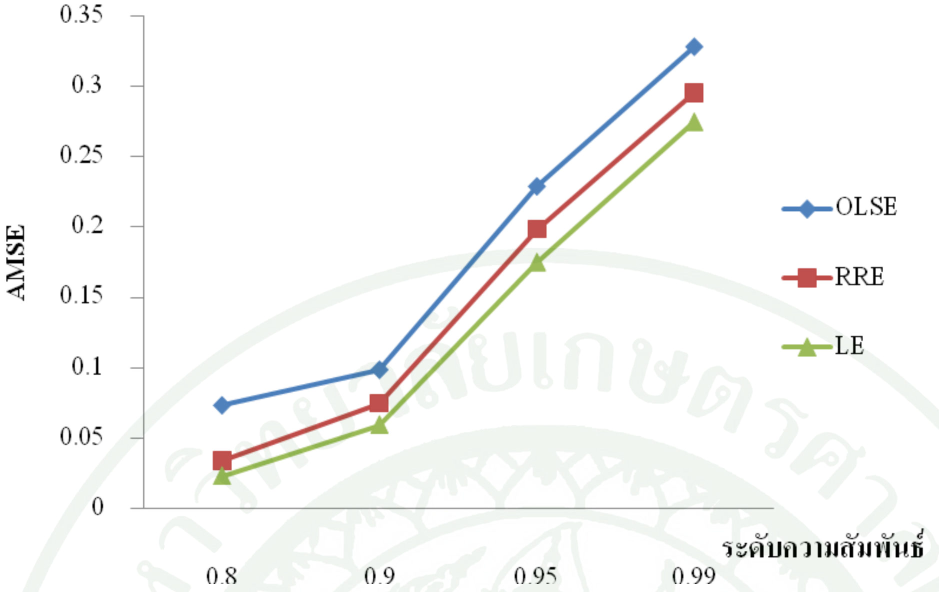


ภาพผนวกที่ 41 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

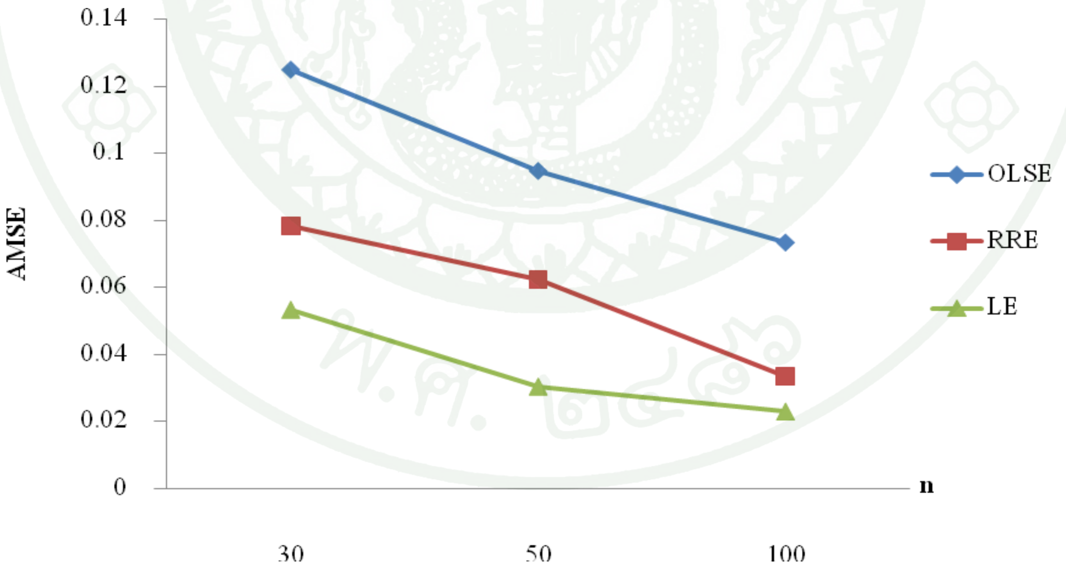


ภาพผนวกที่ 42 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

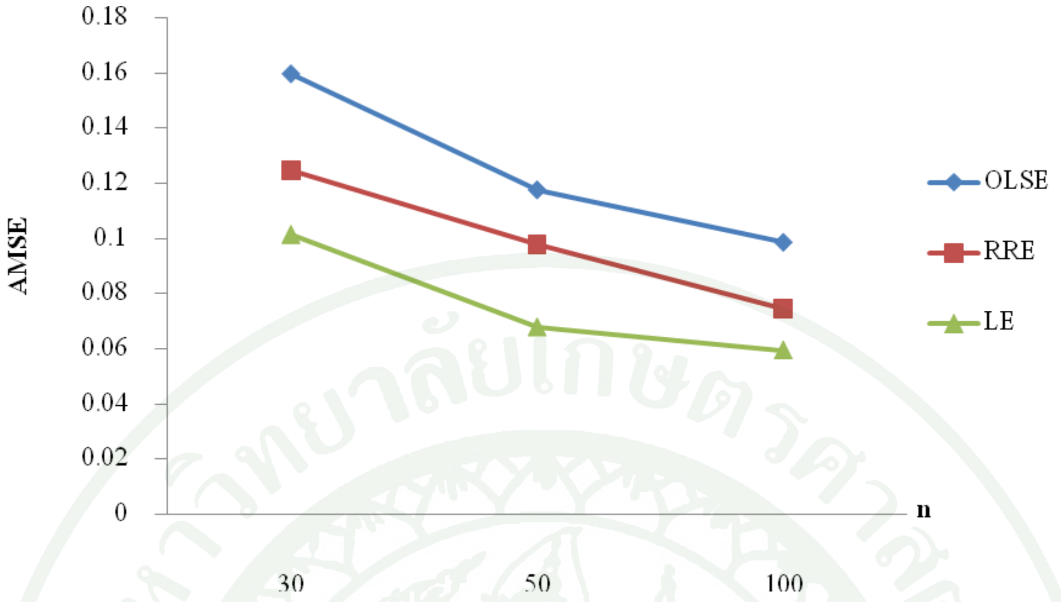


ภาพผนวกที่ 43 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

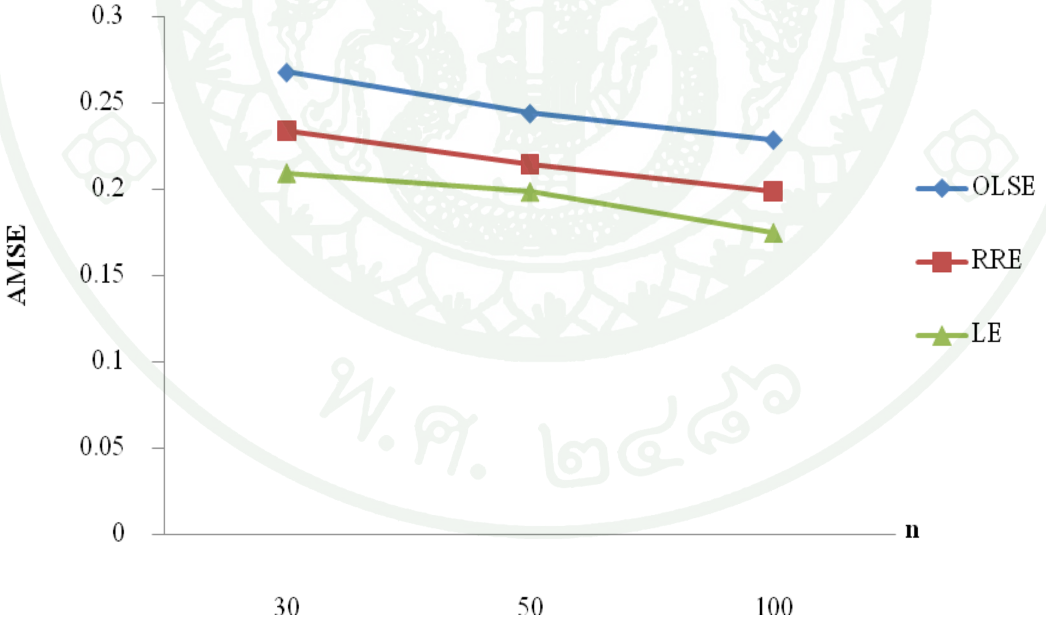


ภาพผนวกที่ 44 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

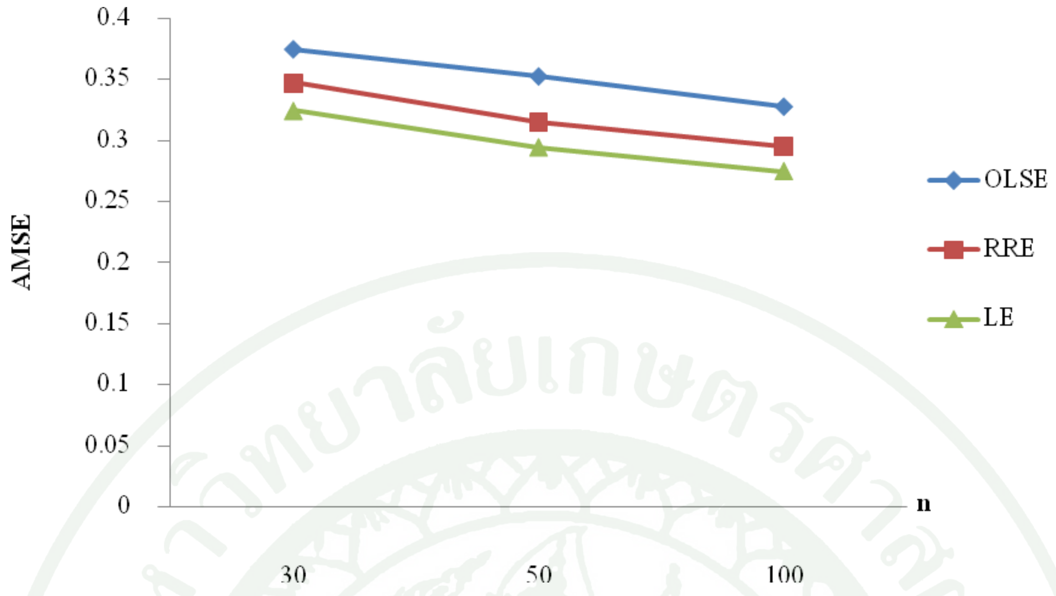


ภาพผนวกที่ 45 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

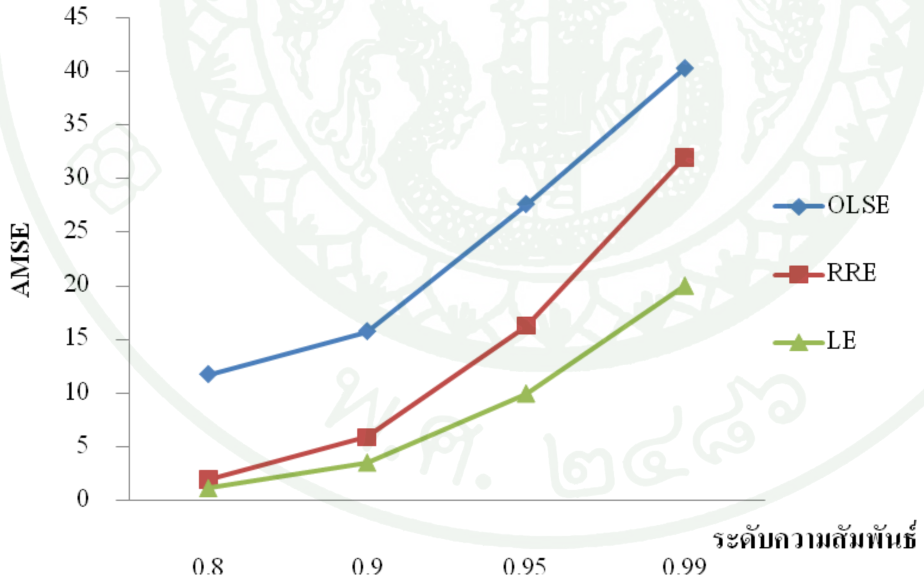


ภาพผนวกที่ 46 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

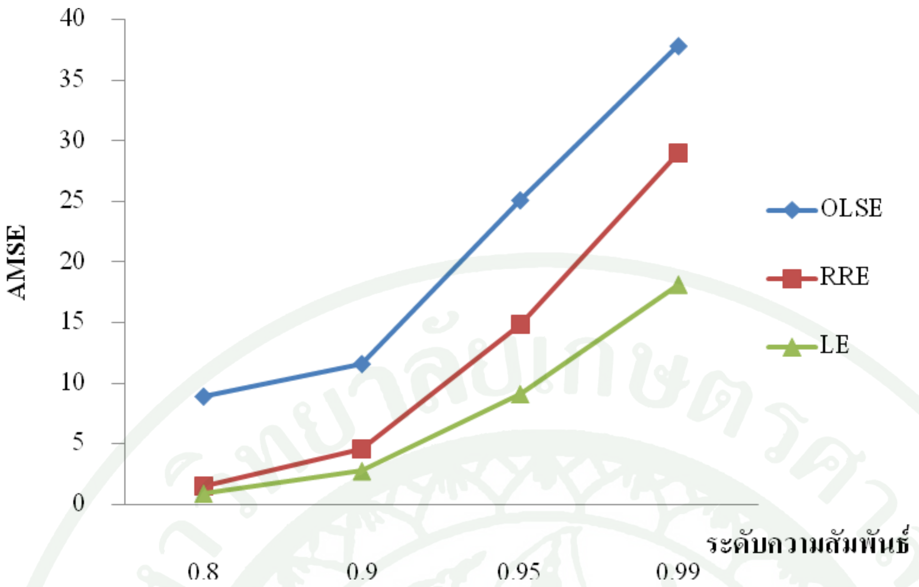


ภาพผนวกที่ 47 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

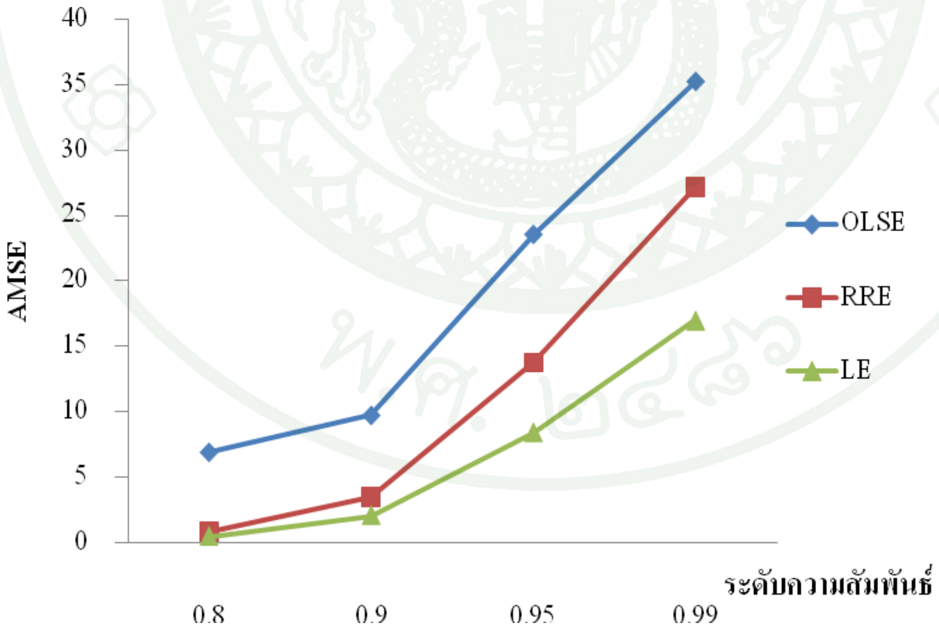


ภาพผนวกที่ 48 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

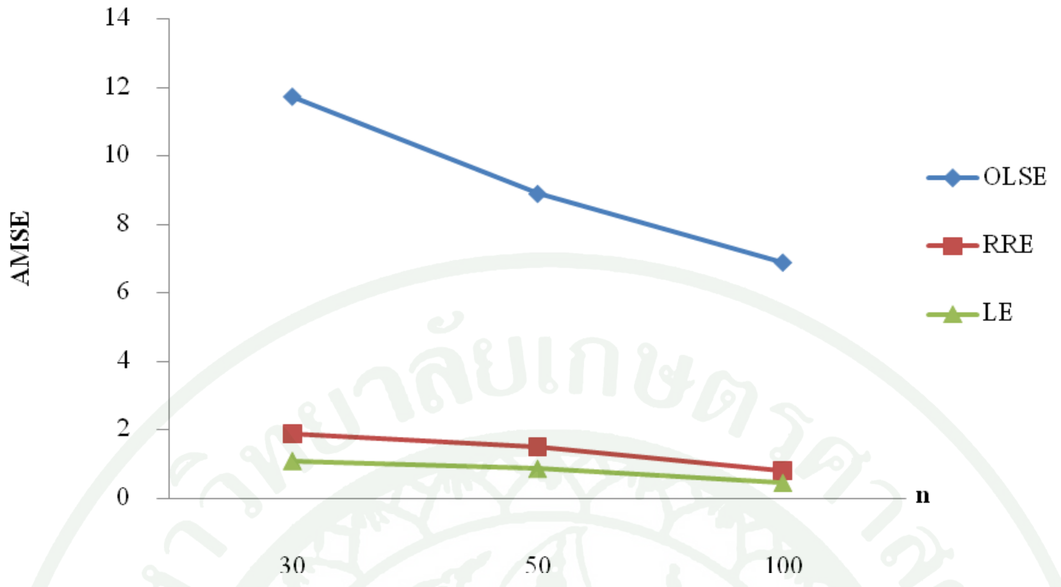


ภาพผนวกที่ 49 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

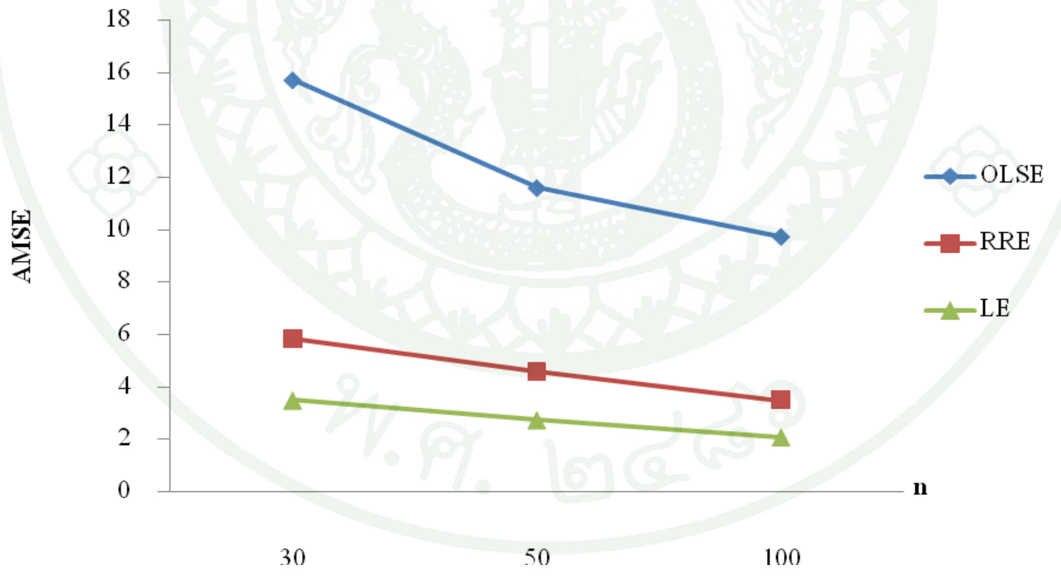


ภาพผนวกที่ 50 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

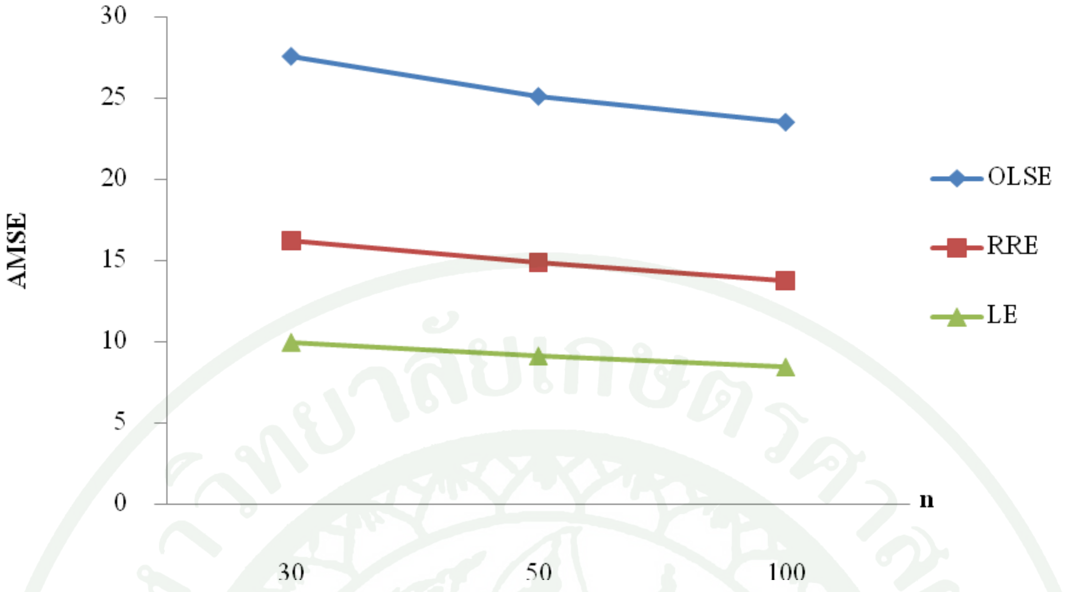


ภาพผนวกที่ 51 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

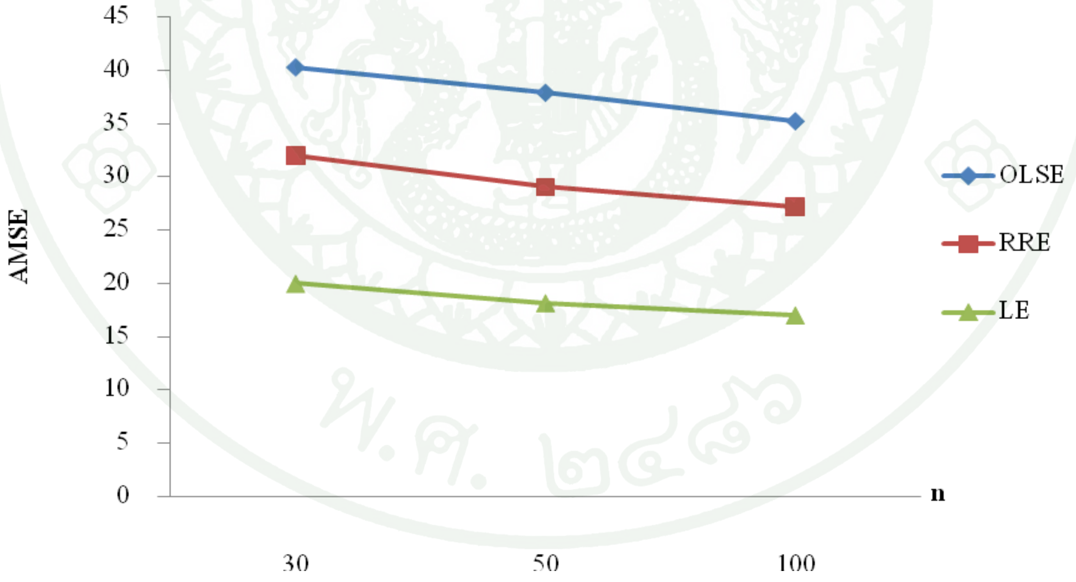


ภาพผนวกที่ 52 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

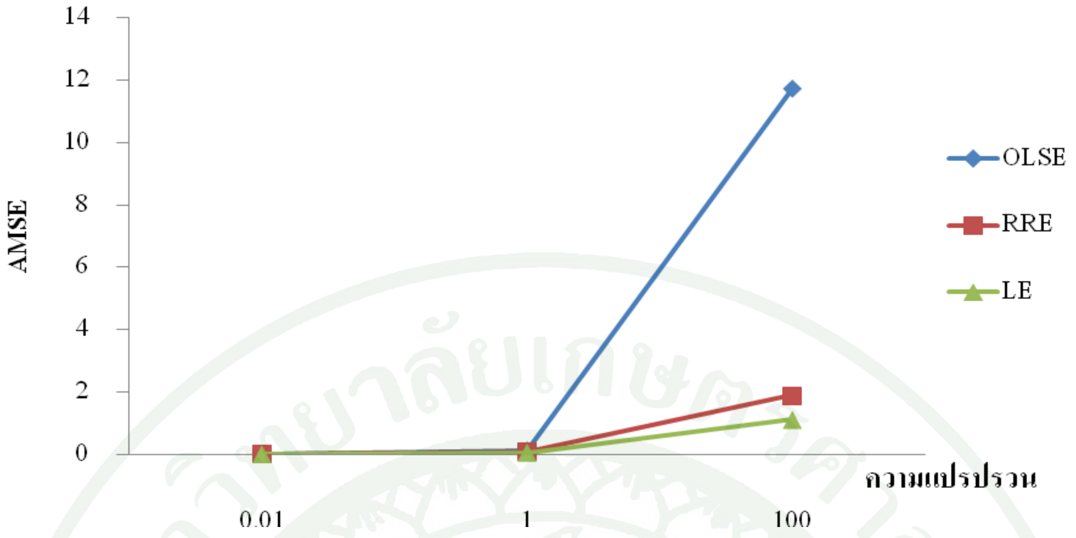


ภาพผนวกที่ 53 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

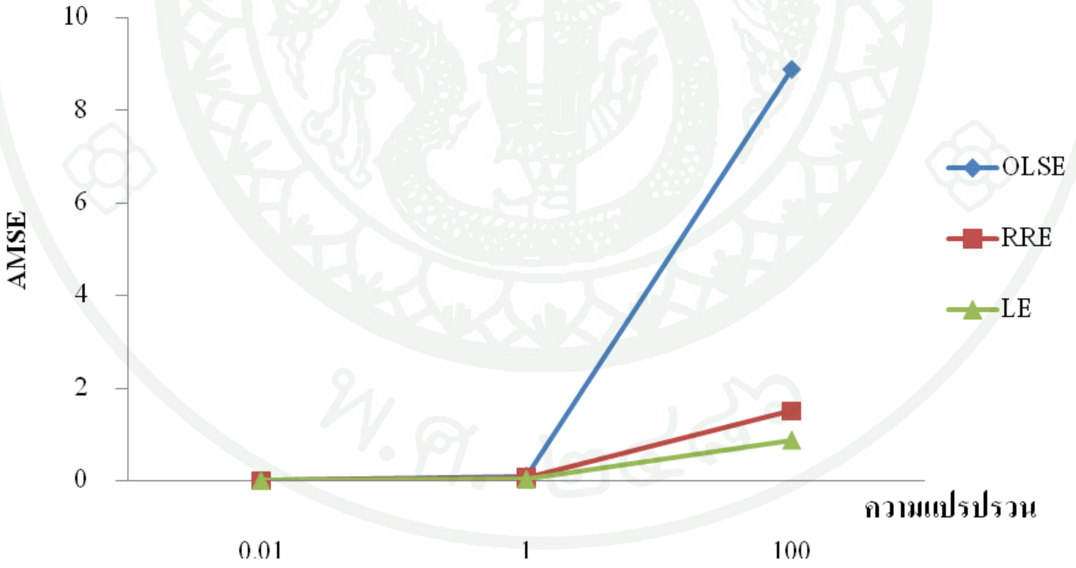


ภาพผนวกที่ 54 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 และ ระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

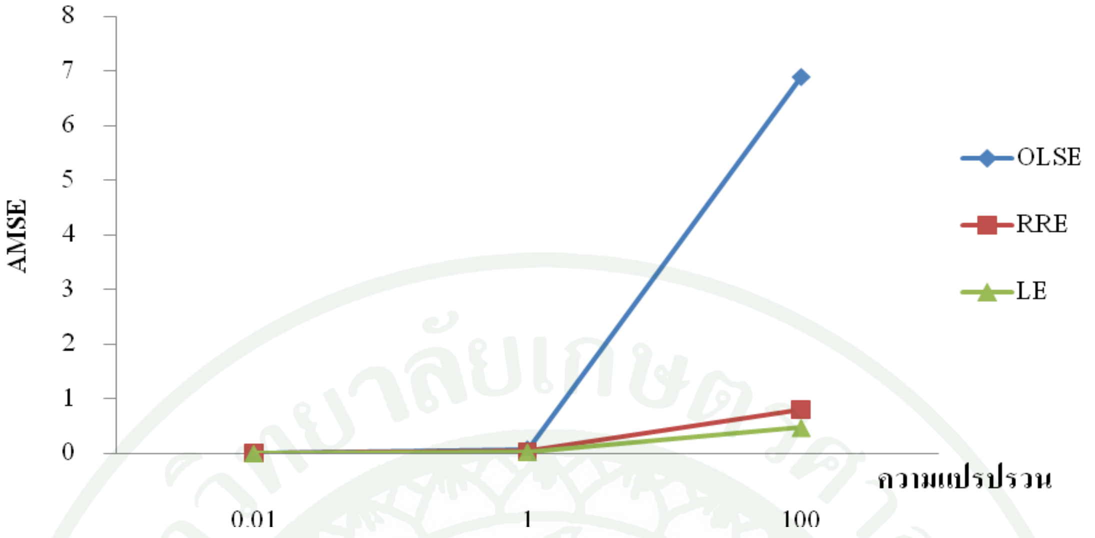


ภาพผนวกที่ 55 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

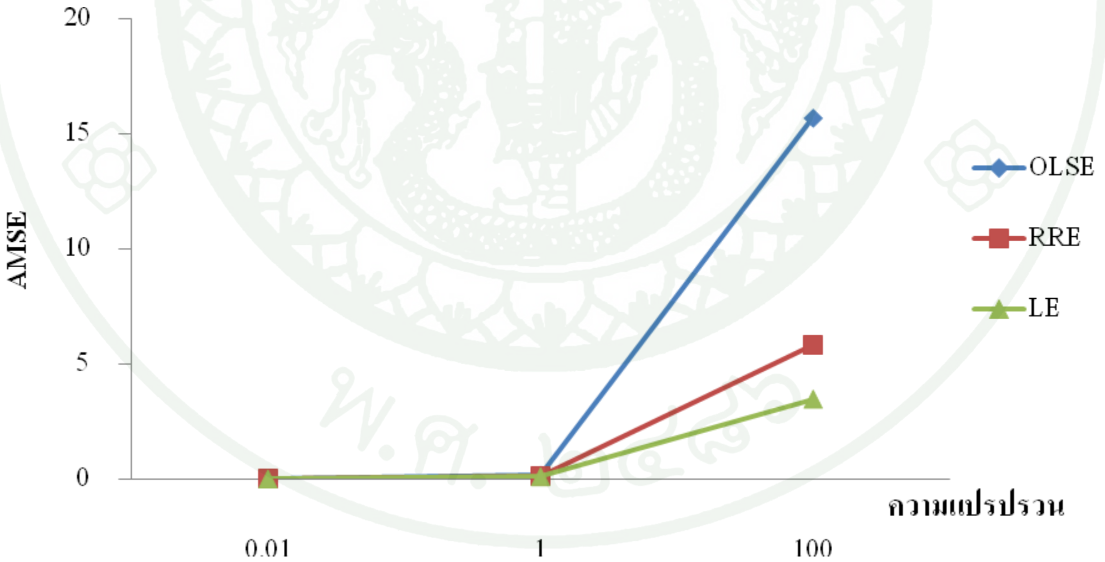


ภาพผนวกที่ 56 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

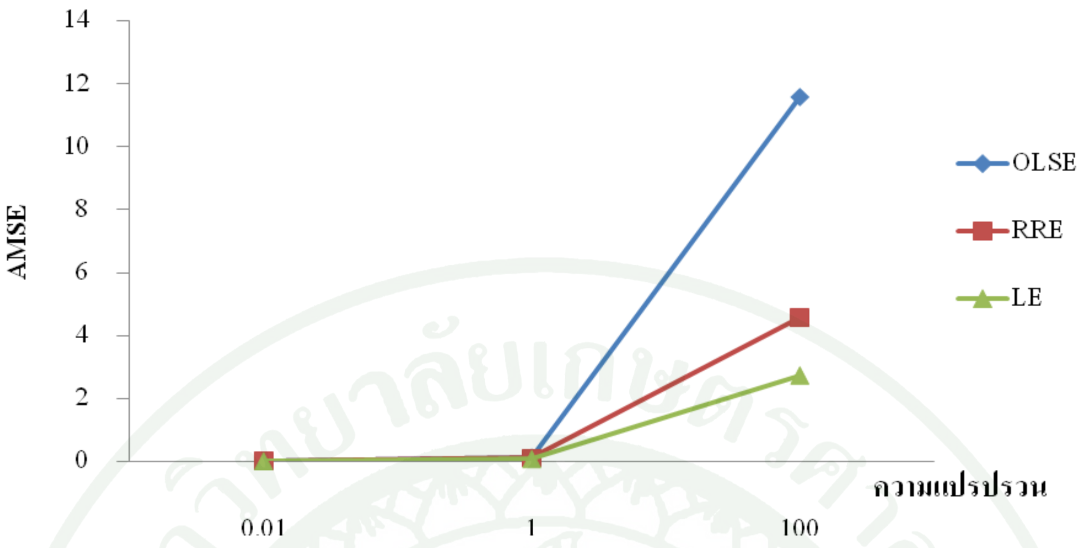


ภาพผนวกที่ 57 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8

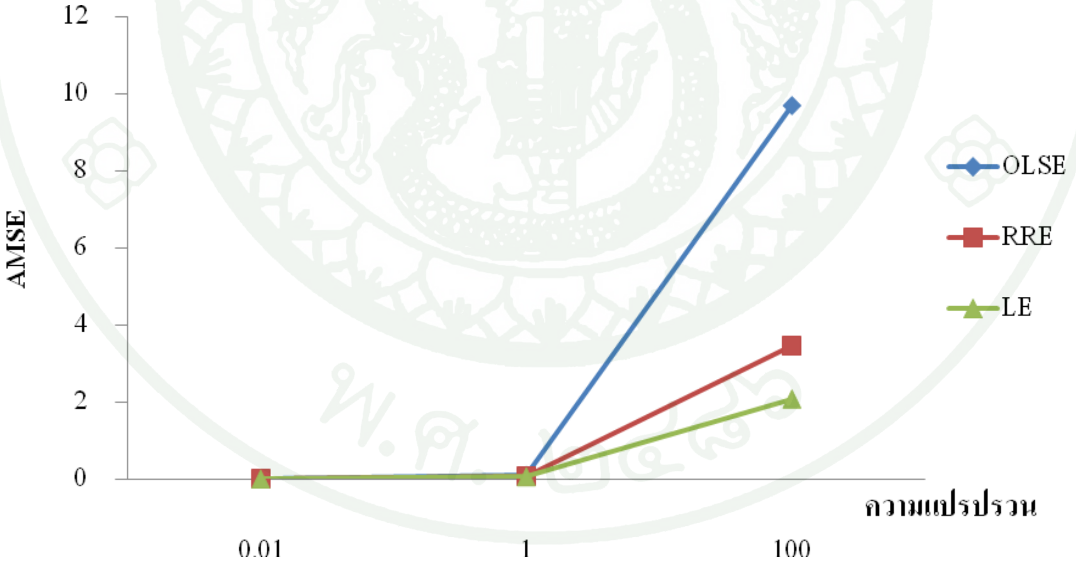


ภาพผนวกที่ 58 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

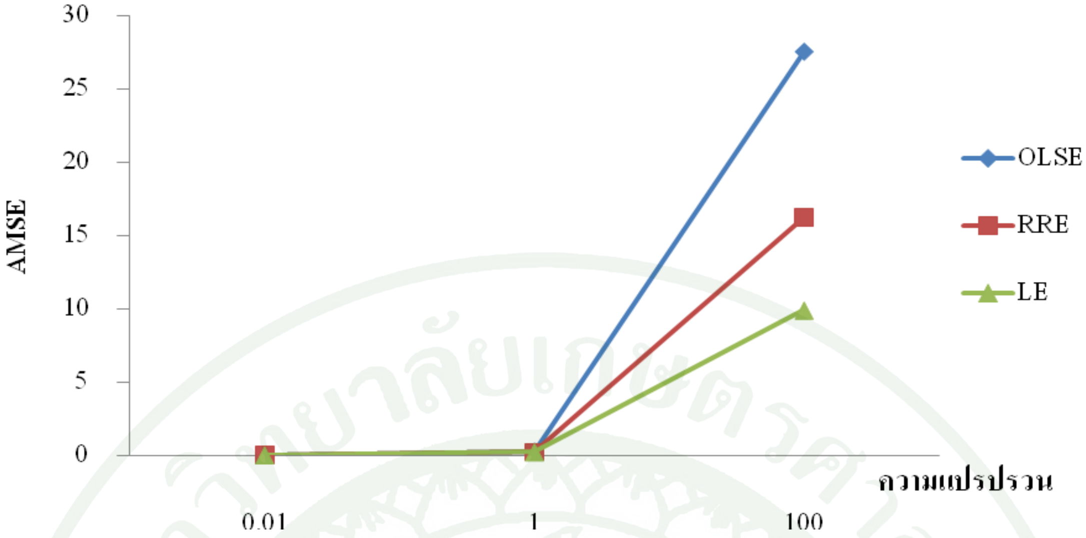


ภาพผนวกที่ 59 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9

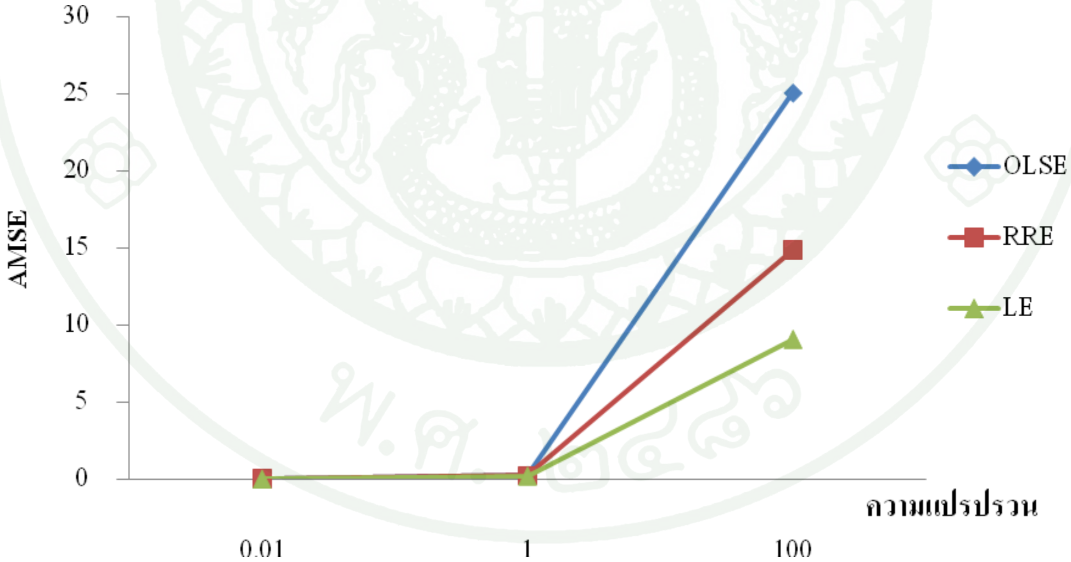


ภาพผนวกที่ 60 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

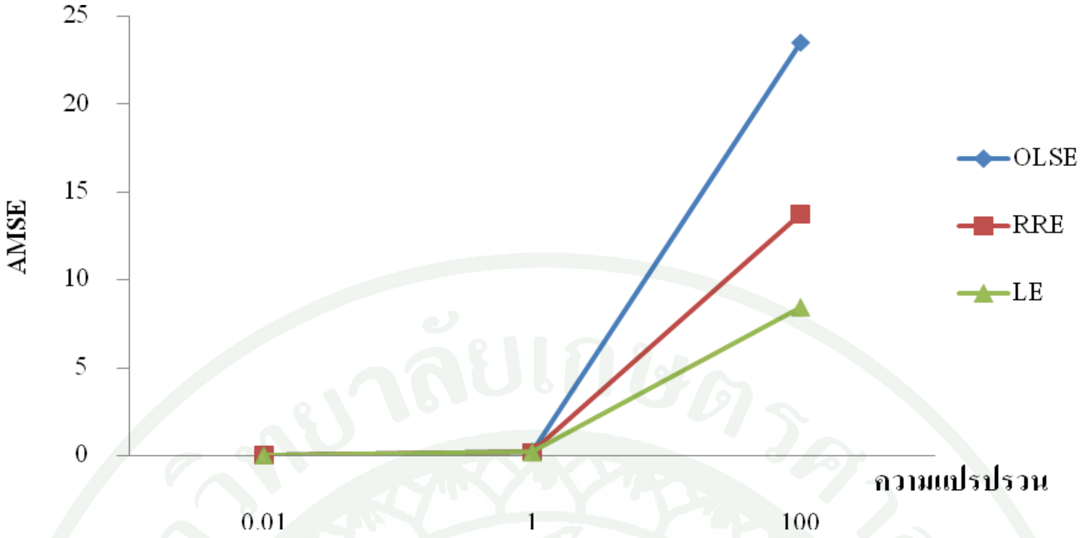


ภาพผนวกที่ 61 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95

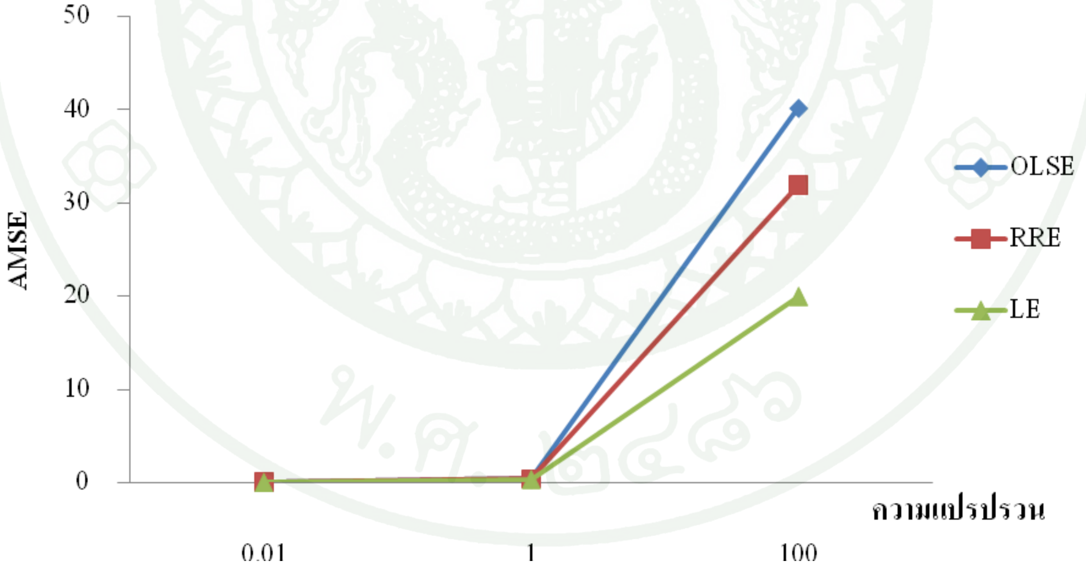


ภาพผนวกที่ 62 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

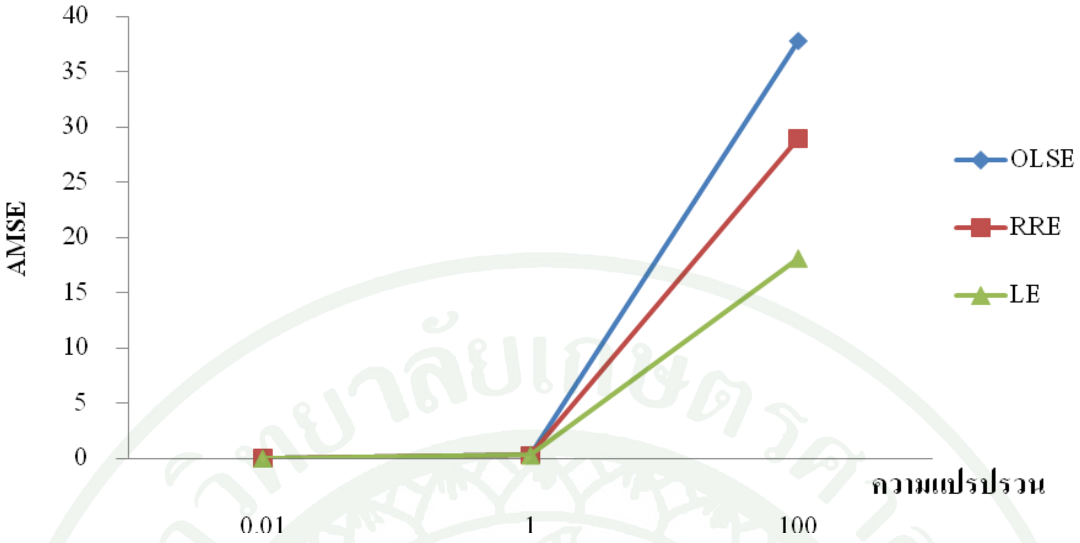


ภาพผนวกที่ 63 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.95

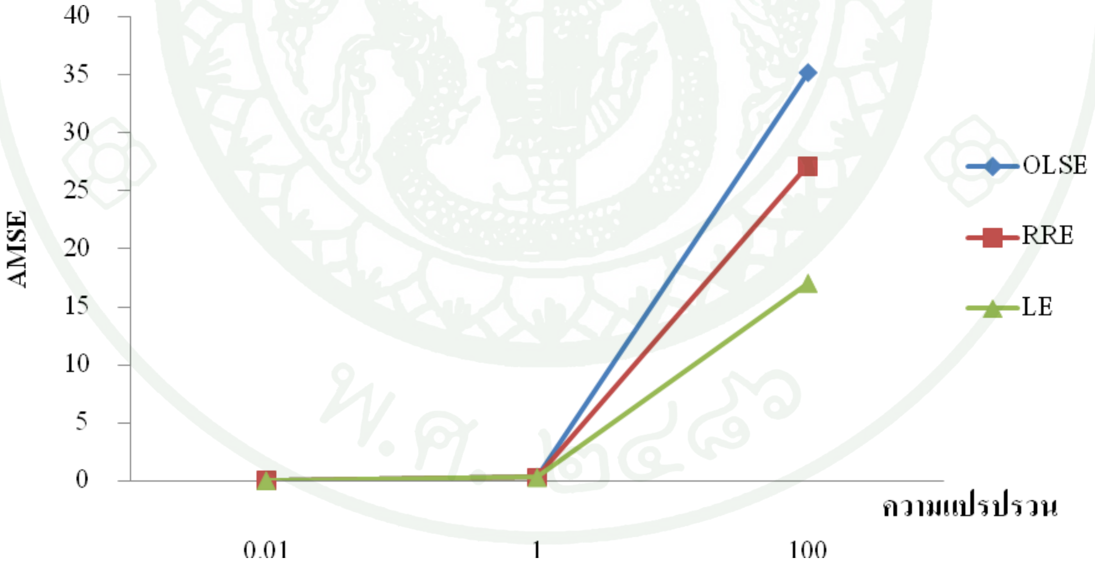


ภาพผนวกที่ 64 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

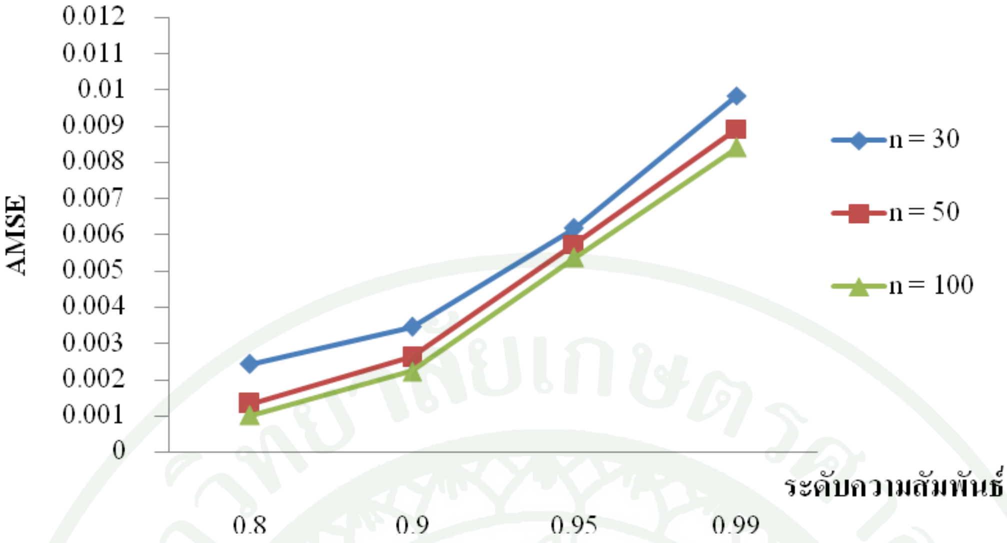


ภาพผนวกที่ 65 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99

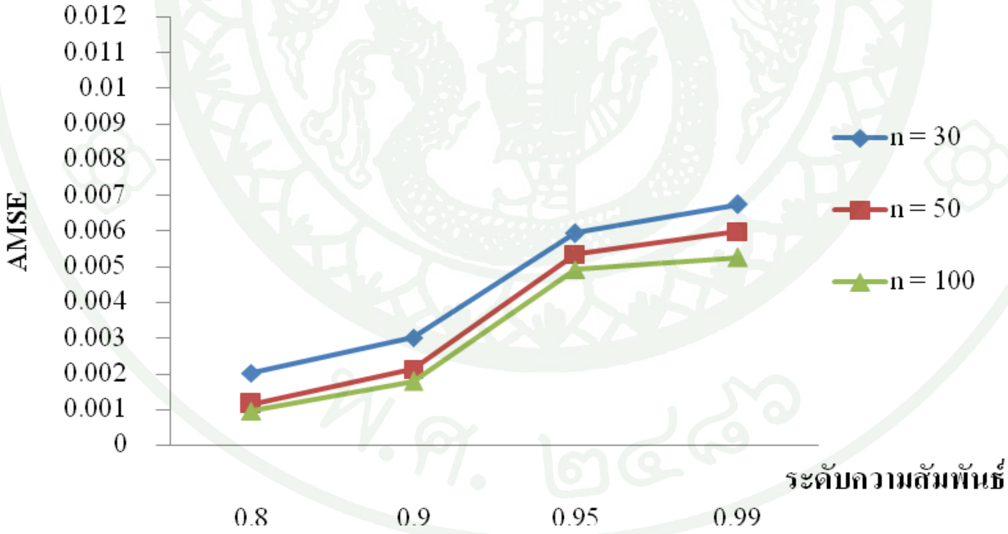


ภาพผนวกที่ 66 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทั้ง 3 ตามความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 10, ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และระดับความสัมพันธ์เท่ากับ 0.99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

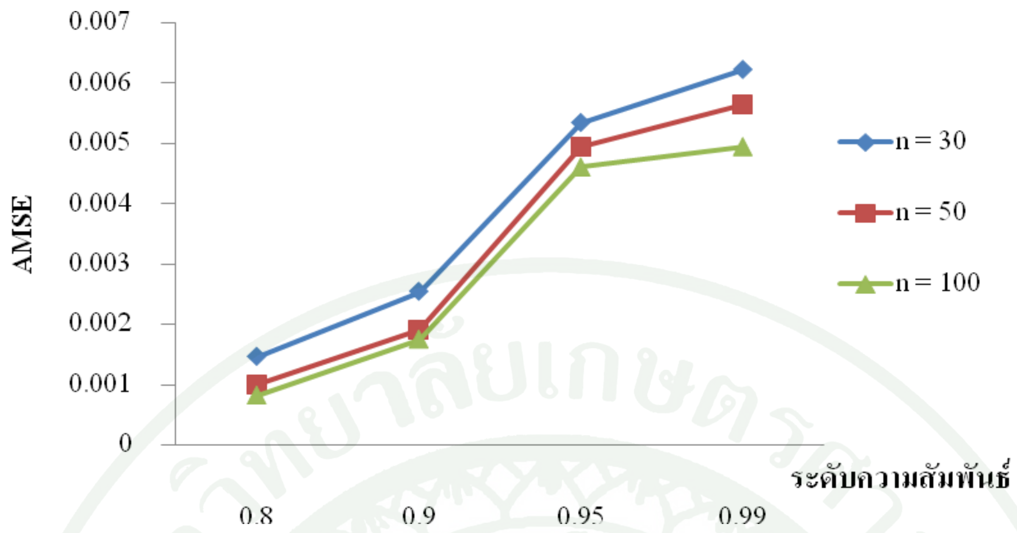


ภาพผนวกที่ 67 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

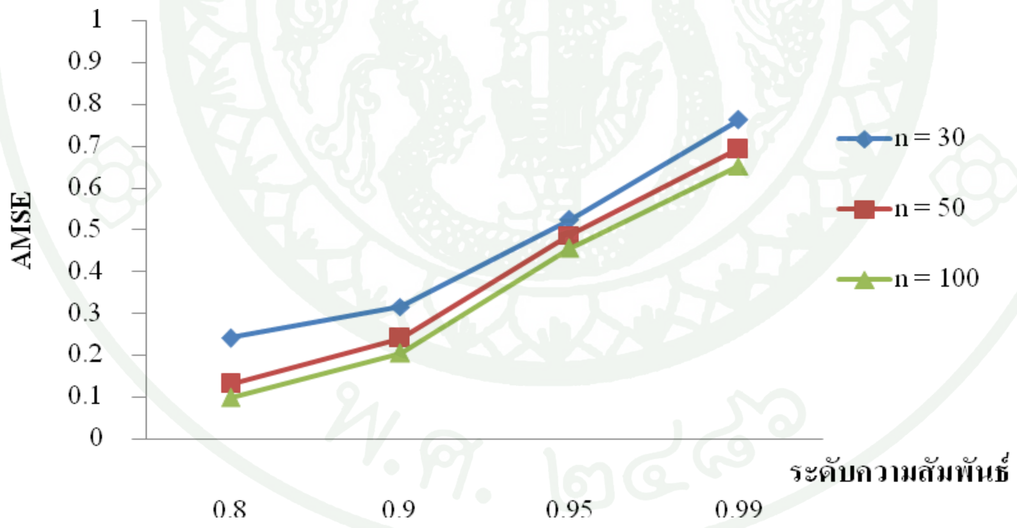


ภาพผนวกที่ 68 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

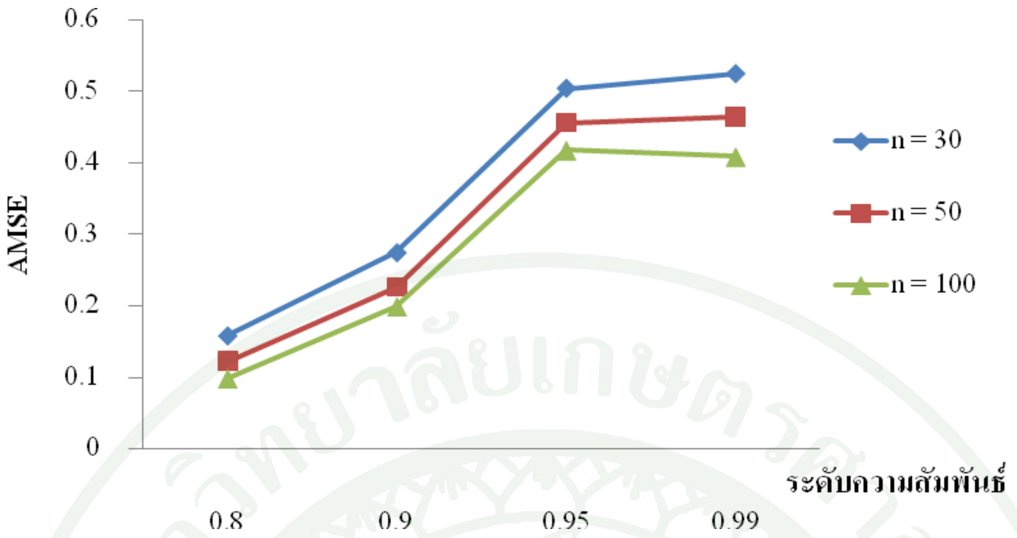


ภาพผนวกที่ 69 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

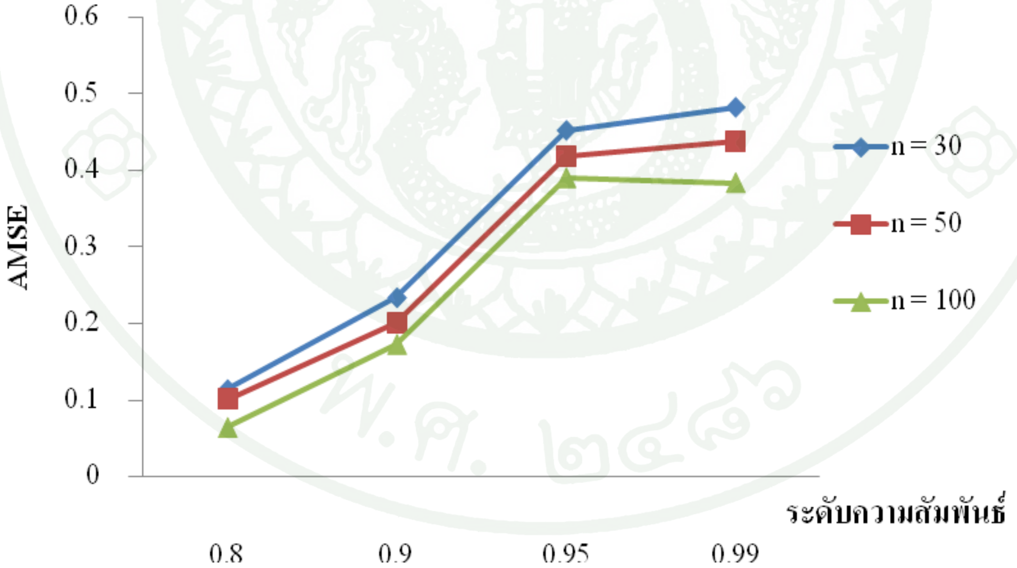


ภาพผนวกที่ 70 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

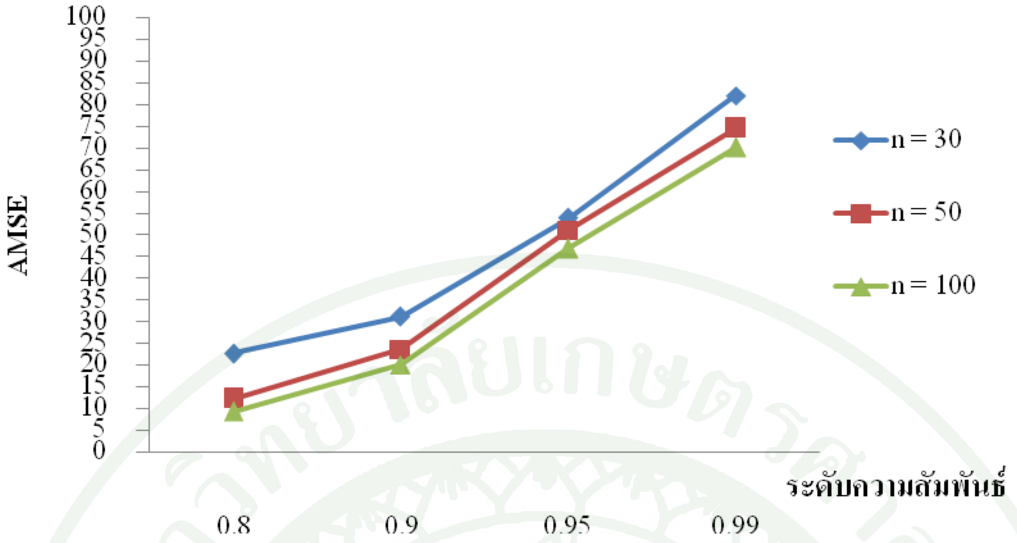


ภาพผนวกที่ 71 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

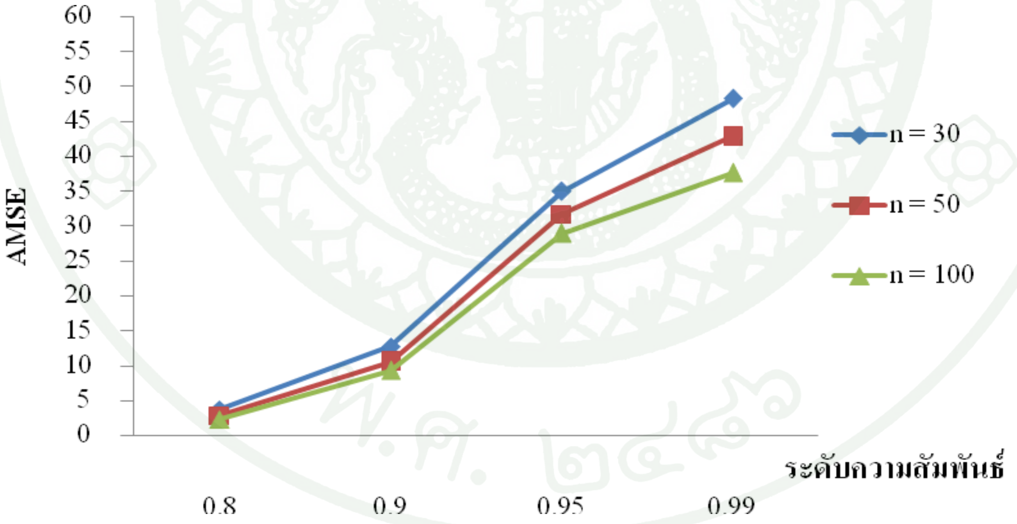


ภาพผนวกที่ 72 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

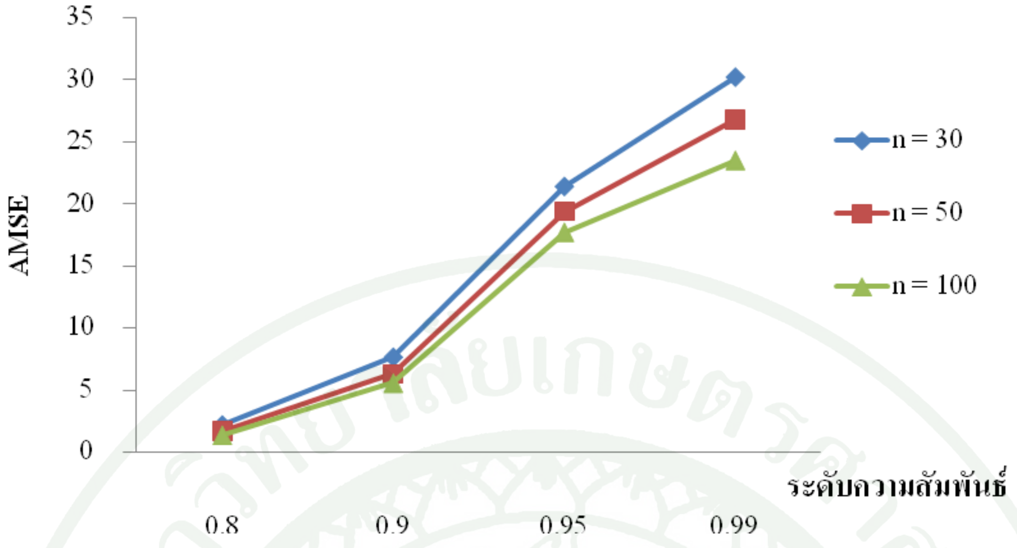


ภาพผนวกที่ 73 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$



ภาพผนวกที่ 74 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

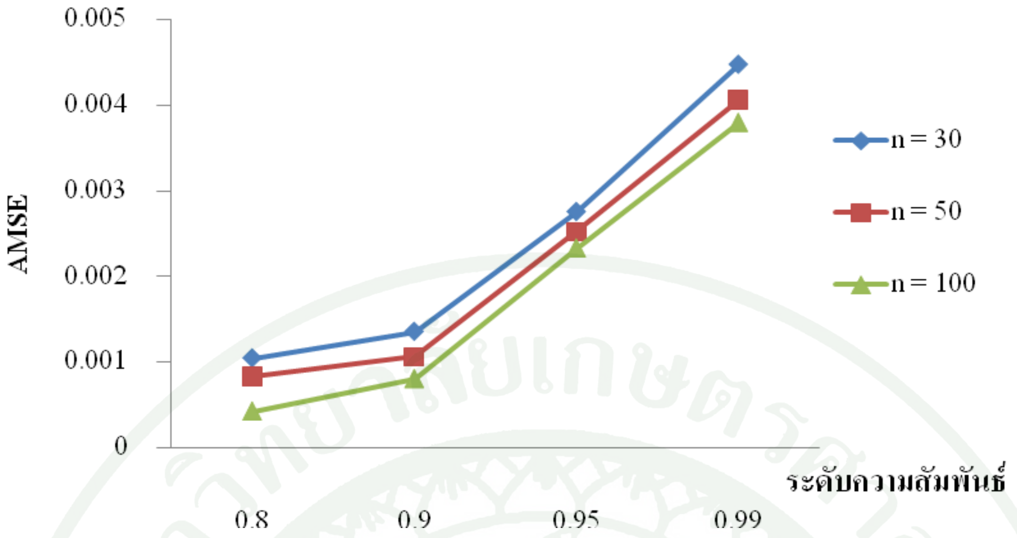
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



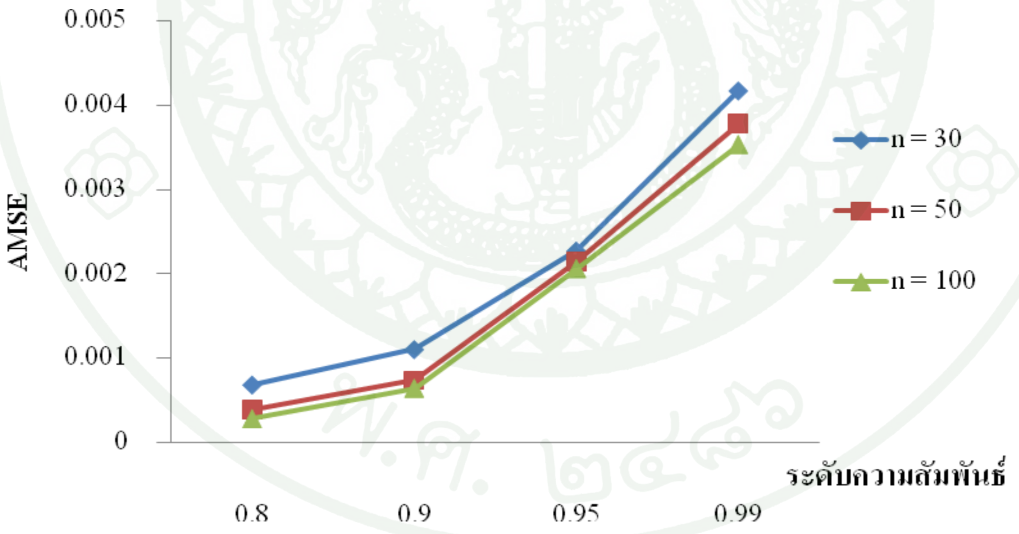
ภาพผนวกที่ 75 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 5 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ภาพผนวกที่ 76 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

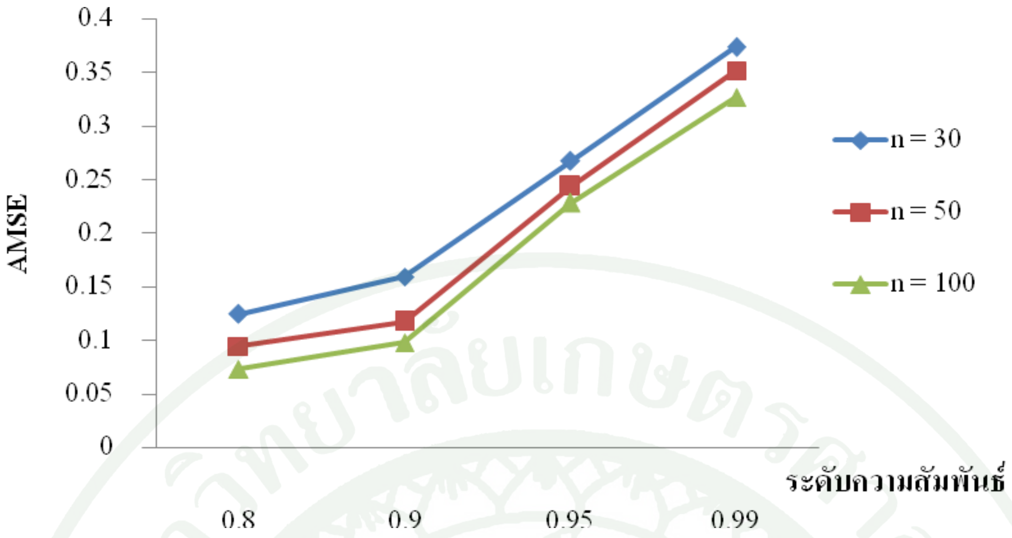


ภาพผนวกที่ 77 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

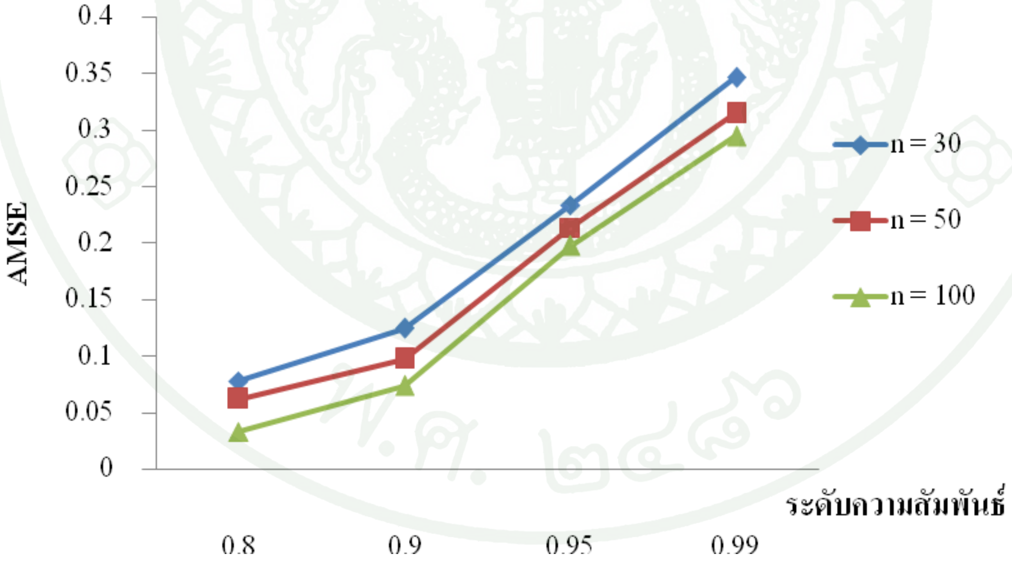


ภาพผนวกที่ 78 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,0.01)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

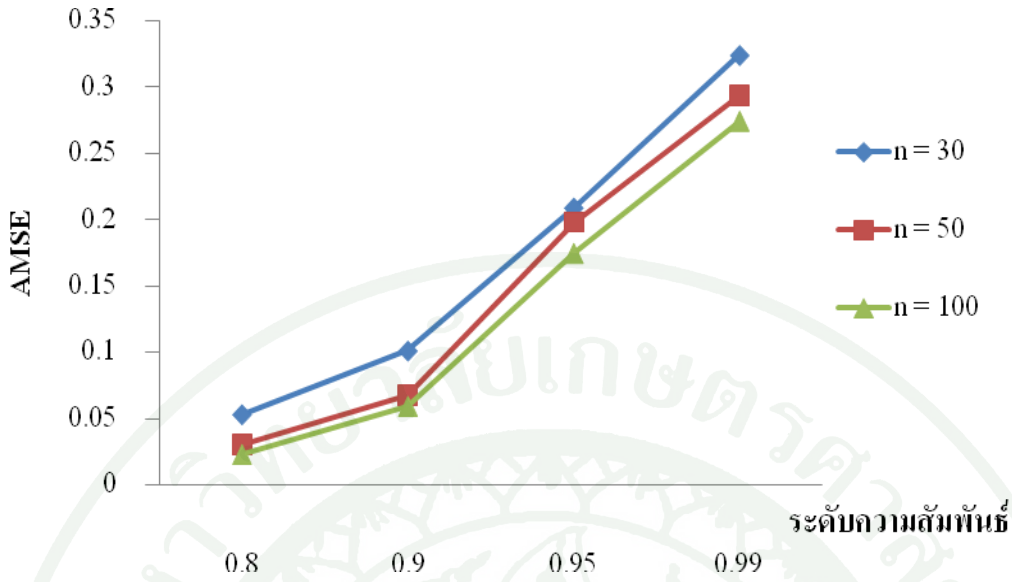


ภาพผนวกที่ 79 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$



ภาพผนวกที่ 80 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

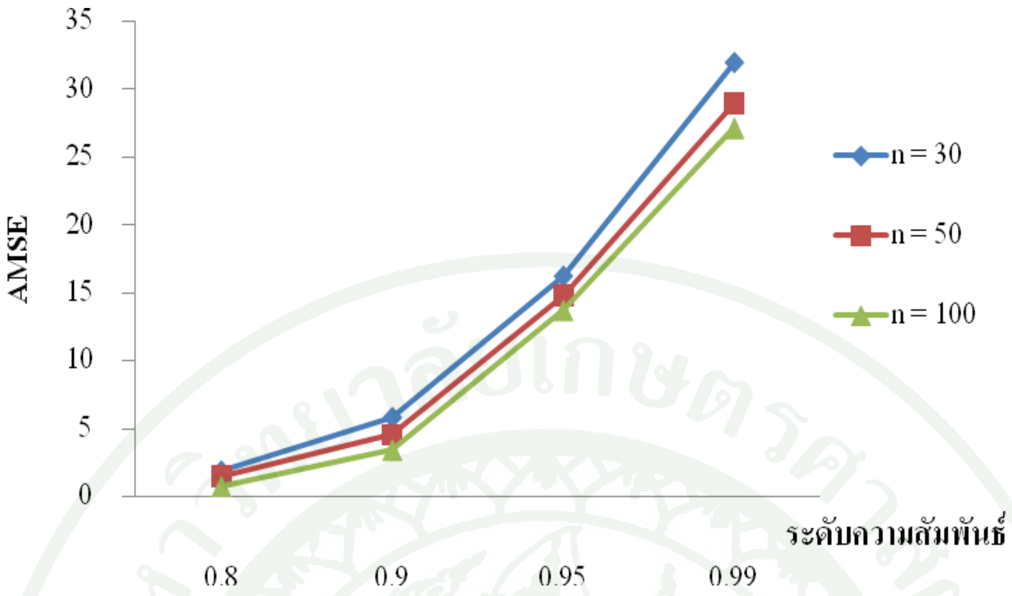
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



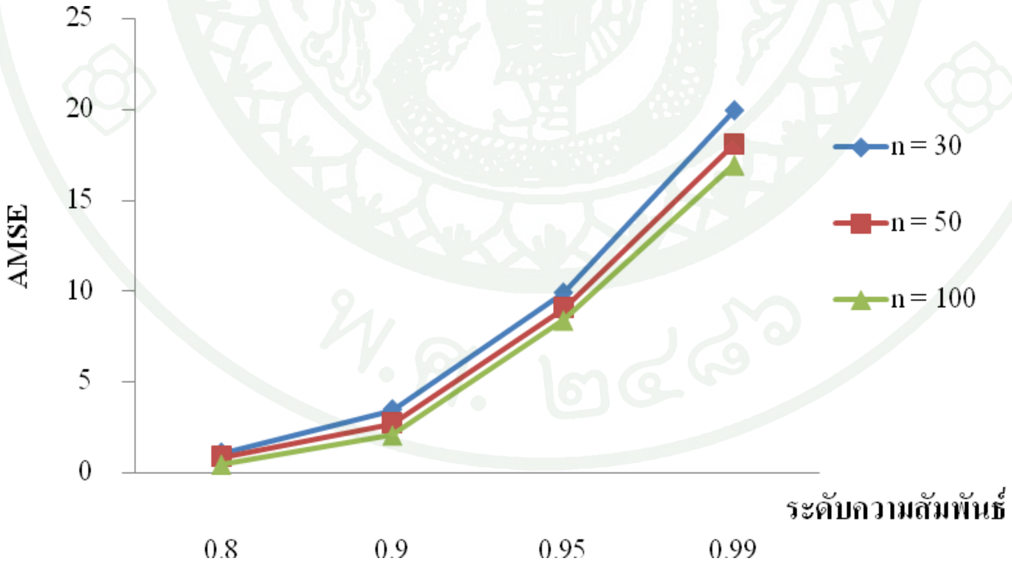
ภาพผนวกที่ 81 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,1)$

ภาพผนวกที่ 82 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี OLSE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 83 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี RRE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$



ภาพผนวกที่ 84 แสดงค่า AMSE ของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยวิธี LE ตามขนาดตัวอย่าง 3 ระดับที่ระดับความสัมพันธ์ 4 ระดับ เมื่อตัวแปรอิสระเท่ากับ 10 โดย $\varepsilon \sim N(0,100)$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

****

** โปรแกรม **

****

```
Public Class frmMain
    Dim zsample As SampleEntity = CreateValue.CreateValue()
    Dim xsample As SampleEntity
    Dim dtVIF As DataTable
    Dim dtY As DataTable

    Private _P As Decimal
    Public Property P() As Decimal
        Get
            Return _P
        End Get
        Set(ByVal value As Decimal)
            _P = value
        End Set
    End Property

    Private _FreeVeriable As Integer
    Public Property FreeVeriable() As Integer
        Get
            Return _FreeVeriable
        End Get
        Set(ByVal value As Integer)
            _FreeVeriable = value
        End Set
    End Property
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
    Private _SampleCount As Integer
    Public Property SampleCount() As Integer
        Get
            Return _SampleCount
        End Get
        Set(ByVal value As Integer)
            _SampleCount = value
        End Set
    End Property

    Private Sub frmMain_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles MyBase.Load
        dgvZValue.AutoGenerateColumns = False
        dgvXValue.AutoGenerateColumns = False
    End Sub

    Public Function CalulateX(ByVal zsample As SampleEntity, ByVal xindex As Integer, ByVal
sampleno As Integer) As Decimal
        Dim value As Decimal

        value = 1 - Math.Pow(P, 2)
        value = Math.Pow(value, 0.5)
        value = value * zsample.SampleValue.Rows(sampleno)(xindex)
        value = value + (P * zsample.SampleValue.Rows(sampleno)(FreeVeriable + 1))
        Return value
    End Function
    Private Sub btnGenerateZx_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnGenerateZx.Click
        Try
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
P = CDec(txtP.Text)
SampleCount = CInt(txtSample.Text)
FreeVeriable = CInt(txtFreeVariable.Text)
xsample = New SampleEntity(FreeVeriable)
xsample.SampleCount = SampleCount
dgvXValue.Columns.Clear()
Dim DataGridViewCellStyle1 As System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle = New System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
Dim temp As New System.Windows.Forms.DataGridViewTextBoxColumn
For index As Integer = 1 To FreeVeriable
   temp = New System.Windows.Forms.DataGridViewTextBoxColumn
   temp.DataPropertyName = "SampleIndex" + index.ToString()
   DataGridViewCellStyle1.Format = "N5"
   DataGridViewCellStyle1.NullValue = Nothing
   temp.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle1
   temp.HeaderText = "X" + index.ToString()
   temp.ReadOnly = True
   dgvXValue.Columns.Add(temp)
Next
For x As Integer = 0 To SampleCount - 1
   For y As Integer = 1 To FreeVeriable
      xsample.SampleValue.Rows(x)(y) = CalulateX(zsample, y, x)
   Next
Next
dtY = New DataTable
dtY.Columns.Add("Running", GetType(Integer))
dtY.Columns.Add("YValue", GetType(Decimal))
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
            For index As Integer = 0 To SampleCount - 1
                Dim dr As DataRow = dtY.NewRow()
                dr("Running") = index + 1
                dr("YValue") = 0

                For index1 As Integer = 1 To FreeVeriable
                    dr("YValue") += xsample.SampleValue.Rows(index)(index1) ' Sum X1,X2,...,Xn
                Next
                dr("YValue") += zsample.SampleValue.Rows(index)(0) 'Z Sum
                dtY.Rows.Add(dr)
            Next

            dgvXValue.DataSource = xsample.SampleValue
            dgvYValue.DataSource = dtY
        Catch ex As Exception
            MessageBox.Show(ex.Message, "Error")
        End Try
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Button1.Click
        Try
            If xsample IsNot Nothing Then
                Dim isSelect As Boolean = False
                dtVIF = New DataTable
                dtVIF.Columns.Add("VIF")
                dtVIF.Columns.Add("VIFVALUE", GetType(Decimal))
                dtVIF.Columns.Add("RSRT")
                dtVIF.Columns.Add("RSRTVALUE", GetType(Decimal))
                dtVIF.Columns.Add("ISFIRST", GetType(Boolean))
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
For xindex As Integer = 1 To FreeVeriable - 1

    For index As Integer = 1 To FreeVeriable - 1
        If Not (xindex = index + 1 Or xindex > index + 1) Then

            Dim dr As DataRow = dtVIF.NewRow()
            Dim value As Decimal = 0
            Dim valuesub1 As Decimal = 0 ' (Sum X1 Srt 2) - (n * X1 Srt 2)
            Dim valuesub2 As Decimal = 0 ' (Sum X1 Srt 2) - (n * X2 Srt 2)
            dr("VIF") = String.Format("VIF(X{0}X{1})", xindex, index + 1)
            dr("RSRT") = String.Format("R2 X{0}X{1}", xindex, index + 1)
            value = (xsample.SumSample(xindex, index + 1)) - (SampleCount *
xsample.AvgSample(xindex) * xsample.AvgSample(index + 1))
            value = Math.Pow(value, 2)
            valuesub1 = xsample.SumSampleSqr2(xindex) - (SampleCount *
Math.Pow(xsample.AvgSample(xindex), 2))
            valuesub2 = xsample.SumSampleSqr2(index + 1) - (SampleCount *
Math.Pow(xsample.AvgSample(index + 1), 2))
            value = value / (valuesub1 * valuesub2)
            dr("RSRTVALUE") = value
            value = 1 / (1 - value)
            dr("VIFVALUE") = value
            If isSelect = False And value > nudNotMore.Value Then
                isSelect = True
                dr("ISFIRST") = True
            End If
            dtVIF.Rows.Add(dr)
        End If

    Next
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
            Next

            dgvVIF.DataSource = dtVIF
        Else
            MsgBox("กรุณาทำการคำนวณ Z ก่อน")
        End If
    Catch ex As Exception
        MessageBox.Show(ex.Message, "Error")
    End Try
End Sub

''' <summary>
''' Random Z Sample
''' </summary>
''' <param name="sender"></param>
''' <param name="e"></param>
''' <remarks></remarks>
Private Sub btnCalulateZ_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnCalulateZ.Click
    Try

        P = CDec(txtP.Text)
        SampleCount = CInt(txtSample.Text)
        FreeVeriable = CInt(txtFreeVariable.Text)
        zsample = New SampleEntity(FreeVeriable + 1)
        zsample.SampleCount = SampleCount
        dgvZValue.Columns.Clear()
        Dim DataGridViewCellStyle1 As System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle =
New System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
        Dim temp As New System.Windows.Forms.DataGridViewTextBoxColumn
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
temp.DataPropertyName = "SampleIndex0"
DataGridViewCellStyle1.Format = "N5"
DataGridViewCellStyle1.NullValue = Nothing
temp.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle1
temp.HeaderText = "E"
temp.ReadOnly = True
dgvZValue.Columns.Add(temp)
For index As Integer = 1 To FreeVeriable + 1
  temp = New System.Windows.Forms.DataGridViewTextBoxColumn
  temp.DataPropertyName = "SampleIndex" + index.ToString()
  DataGridViewCellStyle1.Format = "N5"
  DataGridViewCellStyle1.NullValue = Nothing
  temp.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle1
  temp.HeaderText = "Z" + index.ToString()
  temp.ReadOnly = True
  dgvZValue.Columns.Add(temp)
Next
For freeindex As Integer = 0 To FreeVeriable + 1
  Dim randomvalue As Integer = CInt((10000 * Rnd()) + 1)
  Dim atemp(SampleCount - 1) As Decimal
  Dim utemp(SampleCount - 1) As Decimal

  For sampleindex As Integer = 0 To SampleCount - 1
    If sampleindex = 0 Then
      atemp(sampleindex) = (CDec(56) * randomvalue + 31) Mod 100
    Else
      atemp(sampleindex) = (CDec(56) * atemp(sampleindex - 1) + 31) Mod 100
    End If
    utemp(sampleindex) = atemp(sampleindex) / 100
  Next
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
            For index As Integer = 0 To SampleCount - 1 Step 2
                zsample.SampleValue.Rows(index)(freeindex) = (Math.Sqrt(-2 *
Math.Log(utemp(index), Math.E))) * Math.Cos(2 * Math.PI * utemp(index + 1)) 'Sqrt(-2 ln R1 )
* (Cos 2 Pi R2)
                zsample.SampleValue.Rows(index + 1)(freeindex) = (Math.Sqrt(-2 *
Math.Log(utemp(index), Math.E))) * Math.Sin(2 * Math.PI * utemp(index + 1)) 'Sqrt(-2 ln R1 ) *
(Sin 2 Pi R2)
            Next
        Next
        dgvZValue.DataSource = zsample.SampleValue
    Catch ex As Exception
        MessageBox.Show(ex.Message, "Error")
    End Try
  End Sub
End Class
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นางสาวนภัสพร จันทวงษ์
เกิดวันที่	1 ตุลาคม 2527
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ประมง) เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้จัดการบริษัท
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทไทยสวัสดิ์-ไทยวิวัฒน์ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์