การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ

พิจิตรา ใจโพธิ์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ

พิจิตรา ใจโพธิ์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ"

ของ พิจิตรา ใจโพธิ์

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ศาสตราจารย์ ดร.ยุพาภรณ์ อารีพงษ์)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ดร.สวพร หิญชีระนันทน์)

อนุมัติ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ

ผู้วิจัย พิจิตรา ใจโพธิ์

ประธานที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาสถิติ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564

คำสำคัญ ความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ, การถดถอยแบบริดจ์, การถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ 7 วิธี ได้แก่ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) วิธีของ Lawless และ Wang (k_2) วิธีของ Kibria (k_3) และวิธีของ Muniz และ Kibria (k_4 และ k_5) และวิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้จากการจำลองข้อมูล กำหนดจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และ 3 ตัว สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปร 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง และสูง ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 30, 50 และ 100 ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1, 3 และ 5 โดยแต่ละสถานการณ์กระทำซ้ำ 1,000 รอบ ผลการวิจัยพบว่า กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว และ 3 ตัว เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ในทุกสถานการณ์ที่ศึกษา วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่

Title A COMPARISON OF REGRESSION COEFFICIENT ESTIMATION METHODS WITH MULTICOLLINEARITY PROBLEM

Author PIJITRA JAIPO

Advisor Associate Professor Katechan Jampachaisri, Ph.D.

Academic Paper M.S. Thesis in Statistics - (Type A 2), Naresuan University, 2021

Keywords Multicollinearity, Ridge Regression, Robust Ridge Regression

ABSTRACT

The purpose of this research is to compare 7 regression coefficient estimation methods with the presence of multicollinearity: ordinary least squares method (OLS), ridge regression method based on Hoerl and Kennard method (k_1), Lawless and Wang method (k_2), Kibria method (k_3), Muniz and Kibria method (k_4 and k_5) and robust ridge regression method. The average mean square error (AMSE) is used as criterion for comparison. Data are simulated under the situation of 2 and 3 independent variables; 3 levels of correlation coefficient as low, moderate and high; 4 levels of sample size as 10, 30, 50 and 100; 3 levels of error variance as 1, 3 and 5. Each situation is repeated 1,000 times. The results indicate that, for 2 and 3 independent variables and correlation coefficients between pairs of variables in low, moderate and high level, the robust ridge regression mostly yields the least AMSE in all situations under study.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทเรื่อง การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ยุพาภรณ์ อารีพงษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.สวพร หิญชีระนันทน์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาและกรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยอย่างยิ่ง ตลอดจนคณาจารย์สาขาวิชาสถิติที่คอยให้คำปรึกษา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เหนือสิ่งอื่นใดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนทุก ๆ ด้าน ตลอดจนคอยเป็นกำลังใจสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา รวมทั้งเพื่อน ๆ ทุกคน

พิจิตรา ใจโพธิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
ประกาศคุณูปการ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1
1.2 จุดมุ่งหมายของการศึกษา 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 4
1.4 เกณฑ์ในการตัดสินใจ 4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.1.1 ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ 6
2.1.2 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด 7
2.1.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ 8

2.1.4 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยโดยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง 12
2.1.5 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของวิธีประมาณค่า.....13
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....14
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....17
3.1 ขอบเขตของการศึกษา.....17
3.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....21
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....23
บทที่ 5 บทสรุป.....42
5.1 สรุปผลการวิจัย.....42
5.2 อภิปรายผล.....42
5.3 ข้อเสนอแนะ.....43
บรรณานุกรม.....44
ภาคผนวก.....47
ประวัติผู้วิจัย.....120

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว 24

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว 25

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับสูง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว 26

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว.....27

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว 28

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว.....29

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว.....30

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว 31

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว.....32

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว.....33

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว 35

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว.....36

ตาราง 4.13 สรุปวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว.....37

ตาราง 4.14 สรุปวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว 39

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 3.1 แผนผังโปรแกรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....22

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและได้ถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ เป็นอย่างมาก การวิเคราะห์การถดถอยเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองหรือตัวแปรตาม (Dependent Variable) กับตัวแปรอธิบายหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square Method: OLS) ซึ่งจะอยู่ในรูปของ $\hat{\boldsymbol{\beta}}=\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}\right)^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$ โดยตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ได้มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณเชิงเส้นไม่เอนเอียงที่ดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator: BLUE) แต่การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีข้อกำหนดที่สำคัญข้อหนึ่ง คือ ตัวแปรอิสระแต่ละตัวต้องไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระตัวอื่น ซึ่งในทางปฏิบัติมีความเป็นไปได้น้อยมาก โดยตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษามักจะมีความสัมพันธ์กัน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความอ้วนกับความหนาของชั้นผิวหนัง เส้นรอบวงของต้นขา และเส้นรอบวงของกึ่งกลางแขน เป็นต้น เรียกความสัมพันธ์นี้ว่า ความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ (Multicollinearity) เมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุสูงจะทำให้เมทริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ เกิดเงื่อนไขที่ไม่ดี (Ill-condition) คือทำให้ $\left|\mathbf{X}'\mathbf{X}\right|$ มีค่าเล็กลงเข้าใกล้ศูนย์ ส่งผลต่อเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคูณซึ่งอยู่ในรูป $Cov\left(\hat{\boldsymbol{\beta}}\right)=\sigma^2\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}\right)^{-1}$ โดยมีผลทำให้ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมีค่ามาก นั่นคือค่าประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคูณที่ได้ขาดความแม่นยำ (Accuracy) (สุวิตรา หวลระลึก, 2557) นอกจากนี้ปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันสูง อาจแก้ไขได้โดยตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกจากตัวแบบ แต่ในบางกรณีไม่สามารถทำได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น นักวิจัยหลายท่านจึงมีแนวคิดในการปรับตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยเลือกที่จะใช้ตัวประมาณที่สามารถแก้ปัญหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่เกิดขึ้น และส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบเชิงเส้นที่ได้มีค่าลดลง เนื่องจากความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระได้ถูกปรับแก้ แต่อย่างไรก็ตามตัวประมาณที่ได้นั้นจะเป็นตัวประมาณที่มีความเอนเอียง เพราะตัวแปรต่าง ๆ ที่นำมาศึกษาอาจมีความสัมพันธ์กัน (เปรมวดี ชูไสว, 2548)

ในปี ค.ศ. 1970 Hoerl และ Kennard ได้เสนอวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุระหว่างตัวแปรอิสระที่ให้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยใช้หลักการนำค่าคงที่ k ที่เหมาะสมค่าหนึ่งมาบวกกับสมาชิกในแนวทแยง

มุมของเมทริกซ์ $\mathbf{X'X}$ เรียกวิธีดังกล่าวว่า วิธีการถดถอยแบบริดจ์ (Ridge Regression Method) แต่ตัวประมาณที่ได้จากวิธีนี้จะเป็นตัวประมาณที่เอนเอียง (Biased Estimator) นอกจากนี้ในทางปฏิบัติไม่ทราบค่า k ที่เหมาะสมว่าควรมีค่าเป็นเท่าไร จึงมีนักวิจัยเสนอวิธีการหาค่า k ที่เหมาะสมหลายวิธีด้วยกัน เช่น Hoerl และ Kennard (1970), Lawless และ Wang (1976), Muniz และ Kibria (2009) เป็นต้น (สุวิตรา หวลระลึก, 2557)

การวิเคราะห์การถดถอยที่มีความแกร่ง (Robust Regression Analysis) เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาค่าผิดปกติ เพื่อให้แบบจำลองที่ได้มีความแกร่งเมื่อเทียบกับค่าผิดปกติ (Draper และ Smith, 1998) โดยนักสถิติหลายท่านได้คิดวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่มีความแกร่งหลายวิธี เช่น ในปี 1984 Rousseeuw และ Leroy ได้เสนอตัวประมาณ S (S Estimator) เป็นวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ต่อยอดมาจากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ซึ่งมีหลักการหาค่าประมาณของสัมประสิทธิ์การถดถอยจากค่าเบี่ยงเบนของส่วนเหลือที่น้อยที่สุด นอกจากนี้การวิเคราะห์การถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง (Robust Ridge Regression Analysis) ซึ่งเป็นการผสมกันของวิธีการถดถอยแบบริดจ์และวิธีการถดถอยที่มีความแกร่ง เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุและค่าผิดปกติ โดยค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่มีความแกร่งจะถูกคำนวณโดยใช้วิธีการประมาณค่า S จากนั้นจึงใช้วิธีการถดถอยแบบริดจ์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยของการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง (Jeremia, Nurrohmah และ Fitriani, 2017)

สุวิตรา หวลระลึก (2557) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ โดยเสนอตัวประมาณสารสนเทศก่อนตามวิธีการของ Crouse, jin และ Hanumara ในวิธีการถดถอยแบบริดจ์แบบปรับปรุง 2 วิธี คือ มัธยฐานของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และค่าถ่วงน้ำหนักของสัมประสิทธิ์ถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ขนาดตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 30, 50 และ 100 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1, 3 และ 5 ระดับสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.4, 0.5, 0.7 และ 0.9 จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และ 3 ตัวแปร กระทำซ้ำ 1,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบจะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่า กรณีที่ระดับของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูง วิธีการถดถอยแบบริดจ์แบบปรับปรุงที่ใช้ตัวประมาณสารสนเทศก่อนด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักของสัมประสิทธิ์ถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีประสิทธิภาพดีที่สุดทุกกรณี Dorugade (2014) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่า k วิธีใหม่สำหรับการถดถอยแบบริดจ์ โดยใช้ตัวประมาณของ Lawless และ Wang (1976) ในสถานการณ์ของการถดถอยแบบริดจ์ธรรมดา (Ordinary Ridge Regression : ORR) และการถดถอยแบบริดจ์แบบทั่วไป (Generalized Ridge Regression : GRR) ขนาดตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 20, 50

และ 100 ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1, 5, 10 และ 25 ตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ตัวแปร ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 ทำการจำลองข้อมูลซ้ำ 2,000 ครั้ง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของตัวประมาณค่าที่เสนอ โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ผลการศึกษาพบว่า ตัวประมาณที่เสนอทำงานได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับตัวประมาณค่ากำลังสองน้อยที่สุด Susanti et al. (2014) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยในการวิเคราะห์การถดถอยที่มีความแกร่ง โดยใช้วิธีการประมาณค่า M (M estimation) การประมาณค่า S (S estimation) และการประมาณค่า MM (MM estimation) และนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากกระทรวงเกษตรอินโดนีเซีย ในปี ค.ศ. 2011 ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบจะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด $\left(R^2\right)$ หรือค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดที่มีการปรับค่าแล้ว $\left(R^2_{adj}\right)$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า วิธีการประมาณค่า S เป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับข้อมูลการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอินโดนีเซีย

จากการศึกษาวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ ที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาสถานการณ์ที่ตัวแปรอิสระทุกคู่มีความสัมพันธ์กัน โดยกำหนดสถานการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรให้อยู่ในระดับเดียวกันและต่างระดับกัน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรเมื่อตัวแปรอิสระมี 3 ตัวแปร $\left(X_1, X_2\right), \left(X_1, X_3\right), \left(X_2, X_3\right)$ สัมพันธ์กันตามลำดับ ดังนี้ (ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) และ (ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) เป็นต้น ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาในข้างต้นที่ได้กล่าวมา และนำเอาวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการถดถอยแบบริดจ์โดยใช้วิธีการประมาณค่า k และวิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพภายใต้สถานการณ์ที่ศึกษา

1.2 จุดมุ่งหมายของการศึกษา

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ 7 วิธี ดังนี้

1.2.1 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS)

1.2.2 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่ประมาณค่า k โดยใช้วิธีของ Hoerl และ Kennard $\left(k_1\right)$

1.2.3 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่ประมาณค่า k โดยใช้วิธีของ Lawless และ Wang $\left(k_2\right)$

1.2.4 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่ประมาณค่า k โดยใช้วิธีของ Kibria $\left(k_3\right)$

1.2.5 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่ประมาณค่า k โดยใช้วิธีของ Muniz และ Kibria แบบที่ 1 $\left(k_4\right)$

1.2.6 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่ประมาณค่า k โดยใช้วิธีของ Muniz และ Kibria แบบที่ 2 $\left(k_5\right)$

1.2.7 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 กำหนดจำนวนตัวแปรอิสระ (q) เท่ากับ 2 และ 3 ตัว

1.3.2 กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 10, 30, 50 และ 100

1.3.3 กำหนดความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีความแปรปรวนเท่ากับ 1, 3 และ 5

1.3.4 กำหนดค่าพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\beta}$ เป็นค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 1 ทุกพารามิเตอร์

1.3.5 กำหนดระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ระหว่างตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัย 3 ระดับ ดังนี้

ระดับต่ำ $(0 \le \rho \le 0.20)$

ระดับปานกลาง $(0.4 \le \rho \le 0.60)$

ระดับสูง $(0.8 \le \rho \le 1.00)$

โดยกำหนดสถานการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปร

- กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปรเมื่อ X_1, X_2 สัมพันธ์กัน ดังนี้ ต่ำ, ปานกลางและสูง
- กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร เมื่อ $(X_1, X_2), (X_1, X_3), (X_2, X_3)$ สัมพันธ์กันตามลำดับ ดังนี้ (ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ), (ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง), (ต่ำ, ต่ำ, สูง), (ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ), (ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง), (ปานกลาง, ปานกลาง, สูง), (สูง, สูง, ต่ำ), (สูง, สูง, ปานกลาง) และ (สูง, สูง, สูง)

1.3.6 ทำการจำลองตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 1,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์

1.4 เกณฑ์ในการตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจว่าวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยวิธีใดมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ จะพิจารณาจากความเอนเอียง (Bias) ความแปรปรวน (Variance) ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Average Mean Squared Error : AMSE)

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ (Multicollinearity) หมายถึง สถานการณ์ที่ตัวแปรอิสระในสมการถดถอยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกันสูง

ตัวประมาณเชิงเส้นไม่เอนเอียงที่ดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator : BLUE) หมายถึง ตัวประมาณที่มีคุณสมบัติครบ 3 ประการ ดังนี้ เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวอย่างสุ่ม เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและเป็นตัวประมาณที่มีค่าความแปรปรวนต่ำสุด

มัธยฐานส่วนเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (Median Absolute Deviation) หมายถึง มัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละค่ากับมัธยฐานของข้อมูลชุดนั้น จัดเป็นตัวสถิติที่มีความแกร่งที่ใช้วัดการกระจายของข้อมูล

ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ (Mean Squared Error of Estimator) หมายถึง ค่าคาดหมายของกำลังสองของผลต่างระหว่างตัวประมาณ $\hat{\theta}$ กับพารามิเตอร์ θ หาได้จาก $MSE\left(\hat{\theta}\right) = E\left(\hat{\theta}-\theta\right)^2$ ซึ่งเท่ากับผลรวมของความแปรปรวนกับกำลังสองของความเอนเอียงของตัวประมาณ ใช้วัดความแม่นยำของตัวประมาณ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุได้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์

1.6.2 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นวิธีอื่นเมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการถดถอยแบบริดจ์ และวิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยแต่ละวิธีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบและหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พัฒนาโดย เซอร์ฟรานซิส แกลตัน (Sir Francis Galton) ในปลายศตวรรษที่ 19 การวิเคราะห์การถดถอยเป็นการประยุกต์ของตัวแบบเชิงเส้นตรง (Linear model) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ประเภท คือ ตัวแปรตาม (Dependent variable or response variable) นิยมแทนด้วย Y และตัวแปรอิสระหรือตัวแปรพยากรณ์ (Independent variable or predictor or regressor) นิยมแทนด้วย X ซึ่งการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเป็นการวิเคราะห์ตัวแบบถดถอยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัว

2.1.1 ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ q ตัว มีรูปแบบทั่วไป ดังนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \ldots + \beta_q X_{iq} + \varepsilon_i, \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

เมื่อ

Y_i แทน ตัวแปรตาม

X_{ij} แทน ตัวแปรอิสระ เมื่อ $j = 0, \ldots, q$ และ $X_{i0} = 1$

β_j แทน สัมประสิทธิ์ถดถอย (Regression coefficients) เมื่อ $j = 0, \ldots, q$

ε_i แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error)

เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

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

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \cdots & X_{1q} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2q} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \beta_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\mathbf{Y}$ แทน เวกเตอร์ของค่าสังเกตขนาด $n \times 1$

$\mathbf{X}$ แทน เมทริกซ์ของค่าตัวแปรอิสระขนาด $n \times p, p = q + 1$ เมื่อ q แทน จำนวนตัวแปรอิสระ

$\boldsymbol{\beta}$ แทน เวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ถดถอยขนาด $p \times 1$

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

n แทน ขนาดตัวอย่าง

ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีลักษณะเชิงเส้นตรง
2. ความคลาดเคลื่อน ε_i เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ
3. ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ นั่นคือ $E(\varepsilon_i) = 0$
4. ε_i และ ε_j เป็นอิสระต่อกัน นั่นคือ $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ โดยที่ $i \neq j$
5. X_i และ X_j เป็นอิสระกัน เมื่อ $i,\ j = 1, 2, \ldots, q$

2.1.2 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square Method : OLS) ถูกเสนอโดย Carl Friedrich Guass (1777-1855) นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน โดยหลักการของวิธีนี้ คือ การหาตัวประมาณค่าพารามิเตอร์หรือค่าประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ทำให้ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Sum Squares Error : SSE) มีค่าน้อยที่สุด นั่นคือ $\underset{\hat{\beta}}{Minimise} \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2$ เมื่อ ε_i แทน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ นั่นคือ $\varepsilon_i = Y_i - \hat{Y}_i$

ดังนั้น ตัวประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด คือ

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{OLS} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \qquad (1)$$

โดยพบว่า ตัวประมาณ $\hat{\boldsymbol{\beta}} = \left(\mathbf{X}'\mathbf{X}\right)^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$ ซึ่งเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงเชิงเส้นที่ดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator : BLUE) และมีความแปรปรวนต่ำที่สุดในบรรดาตัวประมาณเชิงเส้นที่ไม่เอนเอียงอื่นๆ

ตัวประมาณ $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ ที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดในบรรดาตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงเชิงเส้น แต่ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\beta}$ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีข้อกำหนดที่สำคัญ คือ ตัวแปรอิสระแต่ละตัวต้องไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระตัวอื่น ซึ่งในทางปฏิบัติจะเป็นไปได้น้อยมาก เมื่อตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุกันสูงทำให้เมทริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ เกิดเงื่อนไขที่ไม่ดี (ill-condition) ส่งผลให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\beta}$ ที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่มีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด

2.1.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์

ในปี ค.ศ. 1970 Hoerl และ Kennard ได้เสนอวิธีการถดถอยแบบริดจ์ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคูณที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเพื่อแก้ปัญหาการเกิดความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุระหว่างตัวแปรอิสระ ซึ่งหลักการของตัวประมาณนี้คือ การพยายามที่จะลดค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการประมาณ $\boldsymbol{\beta}$ ให้มีค่าต่ำลง เมื่อพิจารณาจากค่าเฉพาะ (Eigenvalue) ของเมทริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ พบว่าในกรณีที่เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุระหว่างตัวแปรอิสระ ค่าเฉพาะบางค่าจะมีค่าน้อยมากๆ จึงทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการประมาณมีค่าสูงขึ้น จึงแก้ปัญหานี้โดยการบวกค่าคงที่ที่มากกว่าศูนย์กับสมาชิกทุกตัวที่อยู่บนเส้นทแยงมุมของเมทริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ เพื่อจะทำให้ได้ค่าเฉพาะที่สูงขึ้น โดยสามารถเขียนสมการปกติของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ ได้ดังนี้

$$\left(\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I}_{\mathbf{n}}\right)\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID} = \mathbf{X}'\mathbf{Y}$$

เมื่อ $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}$ แทน ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยแบบริดจ์

k แทน ค่าคงที่หรือเป็นพารามิเตอร์ที่เอนเอียง, $k > 0$

$\mathbf{I}_{\mathbf{p}}$ แทน เมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity Matrix) มีขนาด $\left(p \times p\right)$

ดังนั้น ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยแบบริดจ์ สามารถเขียนได้ในรูป

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID} = \left(\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I}_{\mathbf{n}}\right)^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \qquad (2)$$

Hoerl และ Kennard ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์มาควบคุมคุณสมบัติของค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่คำนวณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้มีค่าลดต่ำลง ดังนี้

พิจารณาค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนร่วม และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ (Hoerl และ Kennard, 1970) จากสูตรต่อไปนี้

$$\begin{aligned} BIAS\left(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}\right) &= E\left[\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}\right]-\boldsymbol{\beta} \\ &= \left[\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}+k\mathbf{I}\right)^{-1}-\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}\right)^{-1}\right]\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \end{aligned} \tag{3}$$

$$Cov\left(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}\right) = \boldsymbol{\sigma}^2\left[\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}+k\mathbf{I}\right)^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{X}\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}+k\mathbf{I}\right)^{-1}\right] \tag{4}$$

$$MSE\left(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}\right) = Var\left(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}\right)+\left[BIAS\left(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}\right)\right]^2 \tag{5}$$

จากสมการที่ (5) สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยโดยพิจารณาจากค่าเฉพาะได้ดังนี้

$$\begin{aligned} MSE\left(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}\right) &= \sigma^2 trace\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}+k\mathbf{I}\right)\mathbf{X}'\mathbf{X}\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}+k\mathbf{I}\right)^{-1}+k^2\boldsymbol{\beta}'\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}+k\mathbf{I}\right)^{-2}\boldsymbol{\beta} \\ &= \sigma^2\sum_{i=1}^{p}\left(\frac{\lambda_i}{\left(\lambda_i+k\right)^2}\right)+k^2\boldsymbol{\beta}'\left(\mathbf{X}'\mathbf{X}+k\mathbf{I}\right)^{-2}\boldsymbol{\beta} \end{aligned} \tag{6}$$

เมื่อ λ_i แทน ค่าเฉพาะ (Eigenvalue)

การที่ยอมให้เกิดความเอนเอียงขึ้นในตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคูณมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ไม่เอนเอียง (ดุษณีพรรณ วายุภักตร์, 2524) แต่อย่างไรก็ตามการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ จะต้องเลือกค่า k ที่ให้ค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยลดลงมากกว่าการเพิ่มขึ้นของความเอนเอียงยกกำลังสอง ซึ่งจะส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ มีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

การประมาณค่าพารามิเตอร์ k

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ ยังไม่สามารถหาค่า k ที่แน่นอนได้ นอกจากจะมีการทดลองให้ค่า k มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากศูนย์ทีละน้อยจนได้ค่า k ที่เหมาะสม และทุกครั้งที่กำหนดค่า k เพื่อคำนวณค่า $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}$ จะนำค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณที่ได้จากวิธีการถดถอยแบบริดจ์ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งจะทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ค่า k ที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของ $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{RID}$ มีค่าน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่า $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{OLS}$

จะถือว่าค่า k นั้น เริ่มจะเป็นค่า k ที่เหมาะสม แล้วจะค่อยๆ เปลี่ยนค่า k ไปทีละน้อย จนกว่าจะหาค่า k ที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าจุดอ่อนของวิธีการถดถอยแบบริดจ์คือ ไม่สามารถกำหนดค่า k ที่แน่นอนได้ ดังนั้นจึงมีนักวิจัยหลายท่านพยายามพัฒนาวิธีประมาณค่า k ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยการปรับค่า k เช่นเดียวกัน เพียงแต่แตกต่างกันที่ค่าเริ่มต้นของ k เท่านั้น ในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาวิธีการถดถอยแบบริดจ์โดยกำหนดค่า k ดังนี้

จากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

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

ให้ $\mathbf{C} = \mathbf{X}'\mathbf{X}$ และ $\boldsymbol{\Lambda}$ เป็นเมทริกซ์แนวทแยงมุมโดยค่าที่อยู่ในแนวทแยงมุมเป็นค่าเฉพาะ (Eigenvalue) ของเมทริกซ์ $\mathbf{C}$

สมมติมีเมทริกซ์ตั้งฉาก (Orthogonal matrix) $\mathbf{D}$ ซึ่ง

$$\mathbf{D}'\mathbf{C}\mathbf{D} = \boldsymbol{\Lambda}$$

ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณข้างต้นสามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}^*\boldsymbol{\alpha} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

โดยเมทริกซ์ $\mathbf{X}^* = \mathbf{X}\mathbf{D}$ และเวกเตอร์ $\boldsymbol{\alpha} = \mathbf{D}'\boldsymbol{\beta}$

ถ้าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน จะมีค่าเฉพาะอย่างน้อย 1 ค่าเข้าใกล้ 0 ซึ่งค่าใกล้ 0 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นที่มาก ดังนั้นวิธีการถดถอยแบบริดจ์จะแทน $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ ด้วย $\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I}_\mathbf{p}$ $(k > 0)$ ซึ่งจะเท่ากับการแทน λ_i ด้วย $\lambda_i + k$ ดังนั้นจะได้ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยแบบริดจ์ของ $\boldsymbol{\alpha}$ เป็น

$$\hat{\boldsymbol{\alpha}}(k) = \left(\mathbf{X}^{*\prime}\mathbf{X}^* + L\mathbf{I}\right)^{-1}\mathbf{X}^*\mathbf{Y}$$
$$= \left(\mathbf{I} + L\left(\mathbf{X}^{*\prime}\mathbf{X}^*\right)\right)^{-1}\hat{\boldsymbol{\alpha}}$$

เมื่อ L เป็น $diag\left(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p\right), \lambda_i \geq 0$ และ $\hat{\boldsymbol{\alpha}} = \boldsymbol{\Lambda}^{-1}\mathbf{X}^{*\prime}\mathbf{Y}$ เป็นตัวประมาณที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดของ $\boldsymbol{\alpha}$ (Muniz และ Kibria, 2009)

Hoerl และ Kennard (1970) ได้เสนอค่า k_i ที่ทำให้ $MSE\left(\hat{\alpha}(k)\right)$ มีค่าต่ำสุด ดังนี้

$$k_i = \frac{\sigma^2}{\alpha_i^2} \tag{7}$$

เมื่อ σ^2 แทน ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในตัวแบบถดถอย

α_i แทน สมาชิกตัวที่ i ของเวกเตอร์ $\boldsymbol{\alpha}$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 และ α_i^2 จึงแทนด้วย $\hat{\sigma}^2$ และ $\hat{\alpha}_i^2$ และได้ตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ k_i ในสมการที่ (7) ดังนี้

$$\hat{k}_i = \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\alpha}_i^2} \tag{8}$$

เมื่อ $\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum \hat{e}_i^2}{n-p} = \frac{\left(\mathbf{Y}-\hat{\mathbf{Y}}\right)'\left(\mathbf{Y}-\hat{\mathbf{Y}}\right)}{n-p}$ แทนค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของส่วนเหลือ (Residual Mean Square Error) ซึ่งเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ σ^2

1. ในปี 1970 Hoerl และ Kennard ได้เสนอค่า k ดังนี้

$$\hat{k}_1 = \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\alpha}_{\max}^2} \tag{9}$$

เมื่อ $\hat{\alpha}_{\max}$ แทน สมาชิกที่มีค่ามากที่สุดของเวกเตอร์ $\hat{\boldsymbol{\alpha}}$

2. ในปี 1976 Lawless และ Wang ได้เสนอตัวประมาณค่า k ดังนี้

$$\hat{k}_2 = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\sum_{i=o}^{p} \lambda_i \hat{\alpha}_i^2} \tag{10}$$

เมื่อ λ_i แทน ค่าเฉพาะ (Eigenvalue) ซึ่งได้จากเมทริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$

3. ในปี 2003 Kibria ได้เสนอตัวประมาณค่าพารามิเตอร์แบบริดจ์ (k) ตัวใหม่ที่ขึ้นอยู่กับวิธีการถดถอยแบบริดจ์ทั่วไป (Generalized Ridge Regression) โดยใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) ของ $\hat{k}_i$ ได้ตัวประมาณดังนี้

$$\hat{k}_3 = \frac{\hat{\sigma}^2}{\left(\prod_{i=0}^{p} \hat{\alpha}_i^2\right)^{1/p}} \tag{11}$$

4. ในปี 2009 Muniz et al. ได้ใช้อัลกอริทึมของค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและการแปลงรากที่สองกับวิธีการของ Khalaf และ Shukur (2005) และ Kibria (2003) เพื่อหาตัวประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยแบบริดจ์ตัวใหม่ โดยแนวคิดของการแปลงรากที่สองได้รับจาก Alkhamisi และ Shukur (2008)

โดย Muniz และ Kibria (2009) เสนอตัวประมาณค่า k จากสูตรต่อไปนี้

$$\hat{k}_4 = median\left(\frac{1}{m_i}\right) \tag{12}$$

$$\hat{k}_5 = median\left(m_i\right) \tag{13}$$

เมื่อ

$$m_i = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\alpha}_i^2}}$$

2.1.4 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยโดยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง

การวิเคราะห์การถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง (Ridge Robust Regression Analysis) เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เป็นการรวมกันของวิธีการถดถอยริดจ์และวิธีการถดถอยที่มีความแกร่ง เพื่อแก้ไขปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุและค่าผิดปกติพร้อมกัน วิธีการนี้จะลดผลกระทบของปัญหาทั้งสองในแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Lukman et al., 2014) ในปี 1984 Rousseeuw และ Leroy ได้เสนอตัวประมาณ S (S Estimator) ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่เป็นที่รู้จักกันดีและถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาค่าผิดปกติ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่มีความแกร่งจะถูกคำนวณโดยใช้ตัวประมาณ S และใช้วิธีการถดถอยแบบริดจ์เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง (Jeremia, Nurrohmah และ Fitriani, 2017)

ตัวประมาณการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{RR}} = \left(\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I}\right)^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{s}} \qquad (14)$$

โดยที่

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{s}} = \left(\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{X}\right)^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{Y} \qquad (15)$$

เมื่อ $\mathbf{W}$ คือเมทริกซ์แนวทแยงมุม โดยที่ w_i เป็นสมาชิกบนแนวทแยงมุม

ขั้นตอนในการหาค่าของตัวประมาณ S โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักชนิดทำซ้ำ (Iteratively Reweighted Least Squares : IRLS) (Susanti et al. , 2014) ดังนี้

1. คำนวณค่าเริ่มต้นของ $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด
2. คำนวณค่าส่วนเหลือ $e_i = y_i - \hat{y}_i$
3. คำนวณค่า $\hat{\sigma}_i = \begin{cases} \dfrac{median\left|e_i - median\left(e_i\right)\right|}{c} & , iteration = 1 \\ \sqrt{\dfrac{1}{nK}\sum_{i=1}^{n} w_i e_i^2} & , iteration > 1 \end{cases}$

เมื่อ K แทน ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 0.4475

c แทน ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 5.182

4. คำนวณค่า $u_i = \dfrac{e_i}{\hat{\sigma}_i}$
5. คำนวณค่าน้ำหนัก

$$w_i = \begin{cases} \left[1-\left(\frac{u_i}{c}\right)^2\right]^2, |u_i| \le c & , iteration = 1 \\ 0 \qquad\qquad , |u_i| > c & \\ \left|\frac{\rho(u_i)}{u_i^2}\right| & , iteration > 1 \end{cases}$$

และ $$\rho(u_i) = \begin{cases} u_i\left[1-\left(\frac{u_i}{c}\right)^2\right]^2, |u_i| \le c \\ 0 \qquad\qquad , |u_i| > c \end{cases}$$

6. คำนวณค่า $\hat{\boldsymbol{\beta}}_s$ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Least Square : WLS) ในสมการที่ (15) แล้วพยากรณ์ค่า $\hat{y}_i$

7. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 - 6 จนกระทั่ง $\left|\hat{\beta}_{is}^{(t)} - \hat{\beta}_{is}^{(t+1)}\right| \le 0.001$, เมื่อ $t = 1, 2, \ldots$

2.1.5 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของวิธีประมาณค่า

ความเอนเอียง (Bias)

$$Bias(\hat{\boldsymbol{\beta}}_b) = \sum_{i=1}^{1000}\frac{\hat{\boldsymbol{\beta}}_{ib}}{1000} - \boldsymbol{\beta}_b \qquad ; b = 0,1,\ldots,p$$

ความแปรปรวน (Variance)

$$Variance(\hat{\boldsymbol{\beta}}_b) = \frac{\sum_{i=1}^{1000}(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{ib} - \bar{\hat{\boldsymbol{\beta}}}_b)^2}{1000} \qquad ; b = 0,1,\ldots,p$$

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยกับค่าที่แท้จริงของสัมประสิทธิ์การถดถอย สามารถแสดงได้ดังนี้

$$MSE(\hat{\boldsymbol{\beta}}_b) = \frac{\sum_{i=1}^{1000}(\boldsymbol{\beta}_b - \hat{\boldsymbol{\beta}}_{ib})^2}{1000} \qquad ; b = 0,1,\ldots,p$$

เมื่อ $\boldsymbol{\beta}_b$ แทน ค่าที่แท้จริงของสัมประสิทธิ์ถดถอยตัวที่ b

$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{ib}$ แทน ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ถดถอยตัวที่ b ในการทำซ้ำรอบที่ i

i แทน จำนวนรอบของการทำซ้ำ $i = 1,\ldots,M$

ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Average Mean Squared Error : AMSE)

$$AMSE = \frac{\sum_{b=0}^{p}\left[MSE\left(\hat{\boldsymbol{\beta}}_b\right)\right]}{p}$$

เมื่อ $\hat{\boldsymbol{\beta}}_b$ แทน ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ถดถอยตัวที่ b

q แทน จำนวนของตัวแปรอิสระในสมการถดถอย, $p = q + 1$

$MSE\left(\hat{\beta}_b\right)$ แทน ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยกับค่าที่แท้จริงของสัมประสิทธิ์การถดถอย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เปรมวดี ชูไสว (2548) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแก้ไขความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุในการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ วิธีการเปรียบเทียบที่นำมาพิจารณาคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการถดถอยแบบริดจ์ วิธีการถดถอยองค์ประกอบหลัก โดยเกณฑ์เปรียบเทียบคือ อัตราส่วนของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ถดถอย จำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้เท่ากับ 3, 6 และ 9 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1, 5 และ 10 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5p, 10p, 15p, 20p, 25p และ 30p เมื่อ p แทน จำนวนตัวแปรอิสระ โดยแบ่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเป็น น้อย (0.15 – 0.30) ปานกลาง (0.31 – 0.65) และมาก (0.66-0.99) ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่า มากกว่า 99% ของสถานการณ์ สามารถสรุปได้ว่าที่ความสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก (0.66 - 0.99) ทำให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุสูง วิธีการถดถอยองค์ประกอบหลักเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

วริดา พลาศรี (2552) ได้ศึกษาการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเมื่อเกิดความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุระหว่างตัวแปรอิสระ ด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ และวิธีความถดถอยบูตสแทร็ปแบบริดจ์ โดยทำการศึกษาในกรณีที่จำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้เท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1, 5 และ 10 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15, 30, 50 และ 100 โดยแบ่งระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเป็น ต่ำ (0.3) ปานกลาง (0.6) และสูง (0.9) วิธีการประมาณค่า k มี 3 วิธี ได้แก่ วิธี KS วิธี New HKB และวิธี New LW กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90, 0.95 และ 0.99 ทำการจำลองข้อมูลโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลซึ่งกระทำซ้ำ 500 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ เกณฑ์การเปรียบเทียบที่ใช้สำหรับการประมาณค่าแบบจุดคือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และการประมาณแบบช่วงคือ ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น กรณีการประมาณค่าแบบจุด พบว่ามากกว่า 97% ของจำนวนสถานการณ์จำลองทั้งหมด วิธีการถดถอยบูต สแทร็ปแบบริดจ์ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยที่ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสัมพันธ์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น แต่ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ในกรณีการประมาณค่าแบบช่วง พบว่าจากสถานการณ์จำลองทั้งหมด วิธีการถดถอย แบบริดจ์ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมากกว่าวิธีความถดถอยแบบ บูตส

แทร็ปแบบริดจ์ และ 66% ของสถานการณ์จำลองทั้งหมด วิธีการถดถอยบูตสแทร็ปแบบริดจ์ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำกว่าวิธีการถดถอยแบบริดจ์

สุวิตรา หวลระลึก (2557) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ โดยเสนอตัวประมาณสารสนเทศก่อน ตามวิธีการของ Crouse, jin และ Hanumara ในวิธีการถดถอยแบบริดจ์แบบปรับปรุง 2 วิธี คือ มัธยฐานของตัวประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และค่าถ่วงน้ำหนักของสัมประสิทธิ์ถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบจะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ขนาดตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 30, 50 และ 100 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปรกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1, 3 และ 5 ระดับของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.4, 0.5, 0.7 และ 0.9 จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 2 และ 3 ตัว กระทำซ้ำ 1,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่า กรณีที่สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง วิธีการถดถอยแบบริดจ์แบบปรับปรุงที่ใช้ตัวประมาณสารสนเทศก่อนด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักของสัมประสิทธิ์ถดถอยจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณี

Dorugade (2014) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่า k วิธีใหม่สำหรับการถดถอยแบบริดจ์ โดยใช้ตัวประมาณของ Lawless และ Wang (1976) ในสถานการณ์ของการถดถอยแบบริดจ์ธรรมดา (Ordinary Ridge Regression : ORR) และการถดถอยแบบริดจ์แบบทั่วไป (Generalized Ridge Regression : GRR) ขนาดตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 20, 50 และ 100 ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1, 5, 10 และ 25 ตัวแปรอิสระเท่ากับ 4 ตัวแปร ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9 ทำการจำลองข้อมูลซ้ำ 2,000 ครั้ง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของตัวประมาณค่าที่เสนอ โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ผลการศึกษาพบว่า ตัวประมาณที่เสนอทำงานได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับตัวประมาณค่ากำลังสองน้อยที่สุด

Susanti et al. (2014) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยในการวิเคราะห์การถดถอยที่มีความแกร่ง โดยใช้วิธีการประมาณค่า M (M estimation) การประมาณค่า S (S estimation) และการประมาณค่า MM (MM estimation) โดยประยุกต์ใช้กับข้อมูลการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากกระทรวงเกษตรอินโดนีเซีย ในปี ค.ศ. 2011 ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบจะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด $\left(R^2\right)$ หรือค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดที่มีการปรับค่าแล้ว $\left(R^2_{adj}\right)$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า วิธีการประมาณค่า S เป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับข้อมูลการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอินโดนีเซีย

Jeremiah et al. (2017) ได้ศึกษาวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยในการวิเคราะห์การถดถอยที่มีความแกร่ง โดยใช้วิธีการถดถอยแบบริดจ์และวิธีการถดถอยแบบริดจ์ทั่วไป ซึ่งใช้ในการแก้ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุและค่าผิดปกติ โดยประยุกต์ใช้กับราคาขายบ้านเฉลี่ยในบอสตัน ซึ่ง

เป็นชุดข้อมูลที่มีอยู่ในโปรแกรม R จัดทำโดย Harrison and Rubinfeld ในปี 1978 มีค่าสังเกต 506 รายการ และมีตัวแปร 14 ตัวแปร ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบจะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่า เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุและมีค่าผิดปกติเกิดขึ้นในข้อมูล การถดถอยที่มีความแกร่งโดยใช้วิธีการถดถอยแบบริดจ์ทั่วไป ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำกว่าการถดถอยที่มีความแกร่งโดยใช้วิธีการถดถอยแบบริดจ์

Volkan และ Atila (2019) ได้ศึกษาวิธีประมาณค่า k สำหรับการถดถอยแบบริดจ์ภายใต้ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ และความแปรปรวนในค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ โดยกำหนดขนาดตัวอย่าง เป็น 20, 30, 50, 80, 100, 250 และ 500 ระดับของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.9 จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3, 5 และ 7 ทำซ้ำ 10,000 ครั้ง จากการวิจัยพบว่า เมื่อระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5 วิธีการประมาณค่า k ของ Norliza et al. จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.1 และ 0.3 จำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 และ 7 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการประมาณค่า k ของ Muniz และ Kibria จะมี ประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นส่วนใหญ่

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ โดยแบ่งลำดับการนำเสนอออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1 ขอบเขตของการศึกษา

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

3.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

3.1 ขอบเขตของการศึกษา

3.1.1 กำหนดจำนวนตัวแปรอิสระ (q) เท่ากับ 2 และ 3 ตัวแปร

3.1.2 กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 10, 30, 50 และ 100

3.1.3 กำหนดความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีความแปรปรวนเท่ากับ 1, 3 และ 5

3.1.4 กำหนดค่าพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\beta}$ เป็นค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 1 ทุกพารามิเตอร์

3.1.5 กำหนดระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ระหว่างตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัย 3 ระดับ ดังนี้

ระดับต่ำ $(0 \le \rho \le 0.20)$

ระดับปานกลาง $(0.4 \le \rho \le 0.60)$

ระดับสูง $(0.8 \le \rho \le 1.00)$

โดยกำหนดสถานการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปร

- กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปรเมื่อ X_1, X_2 สัมพันธ์กัน ดังนี้ ต่ำ, ปานกลางและสูง

- กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร เมื่อ $(X_1, X_2), (X_1, X_3), (X_2, X_3)$ สัมพันธ์กันตามลำดับ ดังนี้ (ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ), (ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง), (ต่ำ, ต่ำ, สูง), (ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ), (ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง), (ปานกลาง, ปานกลาง, สูง), (สูง, สูง, ต่ำ), (สูง, สูง, ปานกลาง) และ (สูง, สูง, สูง)

3.1.6 ทำการจำลองตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 1,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

3.2.1 สร้างตัวแปรอิสระ $(\boldsymbol{X})$ ให้มีความสัมพันธ์ในระดับต่าง ๆ ดังนี้ กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว เมื่อ X_1, X_2 สัมพันธ์กัน ดังนี้ ต่ำ, ปานกลางและสูง กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัว เมื่อ

$(X_1, X_2), (X_1, X_3), (X_2, X_3)$ สัมพันธ์กันตามลำดับ ดังนี้ (ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ), (ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง), (ต่ำ, ต่ำ, สูง), (ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ), (ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง), (ปานกลาง, ปานกลาง, สูง), (สูง, สูง, ต่ำ), (สูง, สูง, ปานกลาง) และ (สูง, สูง, สูง)

3.2.3 สร้างข้อมูลความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1, 3 และ 5 ตามลำดับ

3.2.2 สร้างข้อมูลของตัวแปรตาม $(\boldsymbol{y})$ จากรูปแบบความสัมพันธ์ $\boldsymbol{y = X\beta + \varepsilon}$ โดยที่กำหนดค่าพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\beta}$ เป็นค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 1 ทุกพารามิเตอร์

3.2.4 ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยพหุคูณด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

- วิธีกำลังสองน้อยที่สุด :

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{OLS}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$$

- วิธีการถดถอยแบบริดจ์ :

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{RID}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X} + k\mathbf{I})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$$

เมื่อ $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{RID}}$ แทน ตัวประมาณถดถอยแบบริดจ์

ซึ่งค่าประมาณ k สามารถคำนวณได้จากวิธีต่อไปนี้

วิธีของ Hoerl และ Kennard

$$\hat{k}_1 = \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\alpha}^2_{\max}}$$

วิธีของ Lawless และ Wang

$$\hat{k}_2 = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\sum_{i=0}^{p} \lambda_i \hat{\alpha}_i^2}$$

วิธีของ Kibria

$$\hat{k}_3 = \frac{\hat{\sigma}^2}{\left(\prod_{i=0}^{p} \hat{\alpha}_i^2\right)^{1/p}}$$

วิธีของ Munia และ Kibria

$$\hat{k}_4 = median\left(\frac{1}{m_i}\right)$$

$$\hat{k}_5 = median(m_i)$$

เมื่อ $$m_i = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\alpha}_i^2}}$$

โดยที่ p แทน จำนวนตัวแปรอิสระ

$\hat{\sigma}^2$ แทน ค่าประมาณของค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนซึ่งได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

$\hat{\alpha}_i$ แทน ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ไม่ทราบค่าซึ่งได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

$\hat{\alpha}^2_{\max}$ แทน ค่าประมาณสูงสุดของค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยกำลังสองที่ไม่ทราบค่า

λ_i แทน ค่าเฉพาะ (Eigenvalue) ซึ่งได้จากเมทริกซ์ $\mathbf{X'X}$

- วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{RR}} = \left(\mathbf{X'X} + k\mathbf{I}\right)^{-1}\mathbf{X'X}\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{s}}$$

เมื่อ $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{RR}}$ แทน ตัวประมาณถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง

โดยที่

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{s}} = \left(\mathbf{X'WX}\right)^{-1}\mathbf{X'WY}$$

เมื่อ $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{\boldsymbol{S}}$ แทน ตัวประมาณถดถอยที่มีความแกร่งโดยใช้ตัวประมาณ S

$\mathbf{W}$ แทน เมทริกซ์แนวทแยงมุม โดยมี w_i เป็นค่าน้ำหนักที่อยู่บนแนวทแยงมุมของเมทริกซ์ $\mathbf{W}$

ขั้นตอนในการหาตัวประมาณ S โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักชนิดทำซ้ำ (Iteratively Reweighted Least Squares : IRLS) ดังนี้

1. คำนวณค่าเริ่มต้นของ $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด
2. คำนวณค่าส่วนเหลือ $e_i = y_i - \hat{y}_i$
3. คำนวณค่า $\hat{\sigma}_i = \begin{cases} \dfrac{median\left|e_i - median\left(e_i\right)\right|}{c} & , iteration = 1 \\ \sqrt{\dfrac{1}{nK}\sum_{i=1}^{n} w_i e_i^2} & , iteration > 1 \end{cases}$

เมื่อ K แทน ค่าคงที่เท่ากับ 0.4475

c แทน ค่าคงที่เท่ากับ 5.182

4. คำนวณค่า $u_i = \dfrac{e_i}{\hat{\sigma}_i}$
5. คำนวณค่าน้ำหนัก

$$w_i = \begin{cases} \begin{cases} \left[1-\left(\frac{u_i}{c}\right)^2\right]^2 & ,|u_i| \le c \\ 0 & ,|u_i| > c \end{cases} & ,iteration = 1 \\ \left|\frac{\rho(u_i)}{u_i^2}\right| & ,iteration > 1 \end{cases}$$

$$\rho(u_i) = \begin{cases} u_i\left[1-\left(\frac{u_i}{c}\right)^2\right]^2 & ,|u_i| \le c \\ 0 & ,|u_i| > c \end{cases}$$

6. คำนวณค่า $\hat{\boldsymbol{\beta}}_s$ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Weighted Least Square : WLS) แล้วพยากรณ์ค่า $\hat{y}_i$

7. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2-6 จนกระทั่ง $\left|\hat{\beta}_s^{(t)} - \hat{\beta}_s^{(t+1)}\right| \le 0.001$ เมื่อ t แทน รอบของการประมาณ $(t = 1, 2, \ldots)$

3.2.5. เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ความเอนเอียง (Bias)

$$Bias(\hat{\boldsymbol{\beta}}_b) = \sum_{i=1}^{1000}\frac{\hat{\boldsymbol{\beta}}_{ib}}{1000} - \boldsymbol{\beta}_b \qquad ;b = 0,1,\ldots,p$$

ความแปรปรวน (Variance)

$$Variance(\hat{\boldsymbol{\beta}}_b) = \frac{\sum_{i=1}^{1000}(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{ib} - \bar{\hat{\boldsymbol{\beta}}}_b)^2}{1000} \qquad ;b = 0,1,\ldots,p$$

ค่าเฉลี่ยของผลต่างกำลังสองของค่าประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยกับค่าที่แท้จริงของสัมประสิทธิ์การถดถอย สามารถแสดงได้ดังนี้

$$MSE(\hat{\boldsymbol{\beta}}_b) = \frac{\sum_{i=1}^{1000}(\boldsymbol{\beta}_b - \hat{\boldsymbol{\beta}}_{ib})^2}{1000} \qquad ;b = 0,1,\ldots,p$$

เมื่อ $\boldsymbol{\beta}_b$ แทน ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่กำหนด

$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{ib}$ แทน ค่าประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยตัวที่ b ในการทำซ้ำรอบที่ i

i แทน จำนวนรอบของการทำซ้ำ $i = 1,\ldots,M$

ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Average Mean Square Error : AMSE)

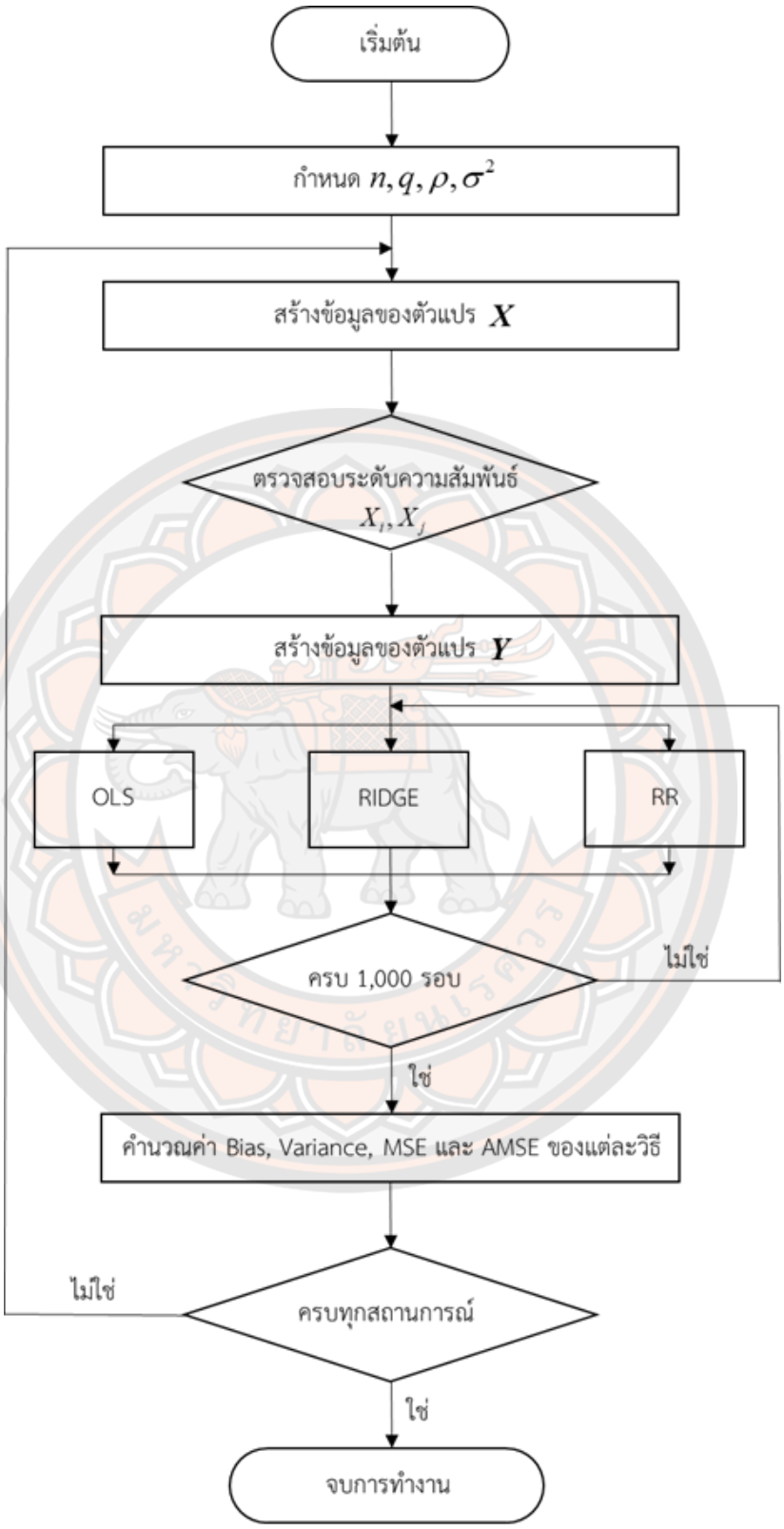
$$AMSE = \frac{\sum_{b=0}^{p}\left[MSE\left(\hat{\boldsymbol{\beta}}_b\right)\right]}{p}$$

เมื่อ $\hat{\boldsymbol{\beta}}_b$ แทน ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ถดถอยตัวที่ b

q แทน จำนวนของตัวแปรอิสระในสมการถดถอย, $p = q+1$

3.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของผังงาน (Flowchart) ได้ดังนี้



ภาพ 3.1 แผนผังโปรแกรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการถดถอยแบบริดจ์ โดยมีวิธีการประมาณค่า k ด้วยกันทั้งหมด 5 วิธี คือ วิธีของ Hoerl และ Kennard วิธีของ Lawless และ Wang วิธีของ Kibria วิธีของ Muniz และ Kibria และวิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจว่าวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยวิธีใดมีประสิทธิภาพมากกว่าจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย จากการจำลองข้อมูลภายใต้สถาณการณ์ที่กำหนด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ ผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ในการนำเสนอข้อมูล ดังนี้

n แทน ขนาดตัวอย่าง

σ^2 แทน ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

OLS แทน การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

$Ridge$ แทน การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์

k_1 แทน การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard

k_2 แทน การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Lawless และ Wang

k_3 แทน การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Kibria

k_4 , k_5 แทน การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Muniz และ Kibria

RR แทน การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยวิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง

ได้ผลการศึกษา ดังนี้

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	0.5228	0.3769	0.4185	0.3357	0.3151	0.3200	***0.2737***
	3	4.0158	0.8371	1.1692	0.6963	1.0231	0.7835	***0.6908***
	5	4.1147	1.2057	1.8819	0.9326	1.7745	1.1791	***0.5426***
30	1	1.5590	0.1359	0.1133	0.1185	0.1055	0.1058	***0.0970***
	3	3.3157	0.3297	0.3383	0.2893	0.3242	0.2988	***0.2664***
	5	3.9312	0.4798	0.5627	***0.4249***	0.5467	0.4812	0.4369
50	1	1.2127	0.0946	0.0647	0.0682	0.0620	0.0623	***0.0597***
	3	2.9691	0.2169	0.1962	0.1846	0.1910	0.1832	***0.1749***
	5	3.6495	0.3097	0.3261	***0.2800***	0.3200	0.2981	0.3321
100	1	0.9218	0.0543	0.0318	0.0330	0.0311	0.0312	***0.0284***
	3	2.7414	0.1156	0.0949	0.0952	0.0936	0.0919	***0.0872***
	5	4.1651	0.1759	0.1580	0.1546	0.1564	***0.1515***	0.1591

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ ความแปรปรวนเท่ากับ 1 และ 3 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด เมื่อความแปรปรวนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และ 50 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Kibria (k_3) ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ ด้วยวิธีของ Muniz และ Kibria (k_5) ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Kibria (k_3) ให้ค่าความแปรปวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 1 – 3)

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	1.7180	0.4086	0.4947	0.3436	0.3212	0.3549	***0.2794***
	3	4.2889	0.8818	1.3990	0.7133	1.1157	0.8523	***0.3261***
	5	5.7869	1.2416	2.1822	0.9450	1.9060	1.2826	***0.7132***
30	1	1.1627	0.1457	0.1343	0.1215	0.1191	0.1223	***0.0858***
	3	3.6968	0.3436	0.4010	0.3031	0.3731	0.3435	***0.2926***
	5	5.2318	0.5042	0.6701	0.4394	0.6379	0.5459	***0.3520***
50	1	1.1442	0.0839	0.0781	0.0737	0.0727	0.0740	***0.0688***
	3	3.0528	0.2192	0.2337	0.2000	0.2239	0.2135	***0.1668***
	5	3.7102	0.3278	0.3882	***0.3000***	0.3763	0.3452	0.3030
100	1	0.8721	0.0390	0.0378	0.0372	0.0365	0.0369	***0.0354***
	3	2.5674	0.1097	0.1136	0.1064	0.1113	0.1086	***0.0967***
	5	6.1454	0.1762	0.1891	0.1671	0.1861	0.1785	***0.1565***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.2 พบว่า เมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง ความแปรปรวนเท่ากับ 1 และ 3 ในทุกขนาดตัวอย่าง และที่ความแปรปรวนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 30 และ 100 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง จะให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด แต่ที่ความแปรปรวนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Kibria (k_3) จะให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1)ให้ค่าความแปรปวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 4 – 6)

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับสูง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	1.2913	0.5701	1.0477	0.4594	0.3375	0.4347	***0.3020***
	3	4.0027	1.1189	2.6287	0.7884	1.3703	0.9143	***0.7457***
	5	5.0089	1.6334	4.2129	0.9726	2.5800	1.3039	***0.5430***
30	1	0.8641	0.1985	0.2505	0.1923	0.1768	0.1952	***0.0929***
	3	2.9581	0.4308	0.7512	0.4035	0.6135	0.5001	***0.2153***
	5	4.6732	0.5885	1.2345	0.5322	1.0637	0.7527	***0.5048***
50	1	0.5823	0.1228	0.1424	0.1240	0.1163	0.1232	***0.0844***
	3	2.4517	0.2864	0.4301	0.2915	0.3810	0.3374	***0.2503***
	5	4.2885	0.4159	0.7035	0.4017	0.6447	0.5214	***0.3730***
100	1	0.9742	0.0631	0.0680	0.0638	0.0616	0.0634	***0.0573***
	3	2.4075	0.1611	0.2041	0.1696	0.1927	0.1812	***0.1404***
	5	4.5129	0.2437	0.3390	0.2540	0.3245	0.2917	***0.2282***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.3 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับสูง ความแปรปรวนเท่ากับ 1, 3 และ 5 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง จะให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าความแปรปวนต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 7 – 9)

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	0.6795	0.4838	0.5861	0.4364	0.4112	0.4443	***0.2174***
	3	1.8090	1.1402	1.6917	0.9075	1.3805	1.1298	***0.8431***
	5	8.5421	1.5505	2.6694	1.1663	2.4013	1.6681	***0.5515***
30	1	0.8347	0.1664	0.1574	0.1444	0.1438	0.1459	***0.1308***
	3	2.2773	0.4060	0.4678	0.3706	0.4434	0.4132	***0.2351***
	5	5.2414	0.6057	0.7755	0.5394	0.7481	0.6591	***0.4923***
50	1	0.8211	0.1149	0.0902	0.0859	0.0856	0.0866	***0.0838***
	3	2.5179	0.2656	0.2691	0.2346	0.2609	0.2496	***0.2182***
	5	4.2220	0.3972	0.4507	0.3586	0.4402	0.4109	***0.3409***
100	1	1.0959	0.0536	0.0436	0.0429	0.0425	0.0428	***0.0409***
	3	2.8174	0.1373	0.1310	0.1225	0.1289	0.1264	***0.1102***
	5	3.7470	0.2156	0.2176	0.1961	0.2150	0.2079	***0.1783***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.4 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) ความแปรปรวนเท่ากับ 1, 3 และ 5 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าความแปรปวนต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Kibria (k_3) ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 10 – 12)

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	0.6187	0.5183	0.6595	0.4692	0.4199	0.4709	***0.2951***
	3	2.6914	1.1869	1.8986	0.9509	1.4757	1.1481	***0.6961***
	5	5.0984	1.7122	3.0253	1.2306	2.6061	1.7026	***1.2146***
30	1	0.7277	0.1748	0.1785	0.1593	0.1580	0.1614	***0.1452***
	3	1.8289	0.4313	0.5320	0.3960	0.4955	0.4510	***0.3791***
	5	4.8685	0.6318	0.8796	0.5698	0.8376	0.7138	***0.4635***
50	1	1.0556	0.1093	0.1024	0.0966	0.0954	0.0968	***0.0831***
	3	2.6924	0.2732	0.3068	0.2570	0.2944	0.2780	***0.2284***
	5	5.1415	0.4088	0.5078	0.3888	0.4923	0.4499	***0.3053***
100	1	1.0275	0.0562	0.0496	0.0487	0.0479	0.0483	***0.0463***
	3	2.5021	0.1390	0.1487	0.1372	0.1456	0.1421	***0.1299***
	5	3.8510	0.2244	0.2463	0.2160	0.2424	0.2325	***0.2096***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.5 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) ความแปรปรวนเท่ากับ 1, 3 และ 5 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Kibria (k_3)ให้ค่าความแปรปวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 13 – 15)

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	0.9734	0.7397	1.4002	0.5972	0.4298	0.5332	***0.2277***
	3	3.9093	1.5876	3.6717	0.9737	1.7277	1.1287	***0.7127***
	5	5.7494	2.3499	5.5083	1.1847	3.2092	1.6593	***0.6393***
30	1	1.1600	0.2466	0.3217	0.2363	0.2248	0.2408	***0.2121***
	3	2.9850	0.5536	0.9551	0.4804	0.7726	0.5999	***0.4091***
	5	5.4765	0.7933	1.5485	***0.6223***	1.3329	0.9115	0.7817
50	1	0.8706	0.1545	0.1789	0.1482	0.1455	0.1521	***0.1179***
	3	3.7460	0.3659	0.5288	0.3390	0.4697	0.4051	***0.3363***
	5	5.0512	0.5375	0.8877	0.4691	0.8127	0.6319	***0.4064***
100	1	1.2267	0.0802	0.0836	0.0767	0.0757	0.0778	***0.0700***
	3	2.1464	0.2085	0.2495	0.1998	0.2355	0.2210	***0.1986***
	5	4.5913	0.3068	0.4178	0.2958	0.3997	0.3570	***0.1512***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.6 พบว่า เมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, สูง) ความแปรปรวนเท่ากับ 1 และ 3 ในทุกขนาดตัวอย่าง และที่ความแปรปรวนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 50 และ 100 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด แต่ที่ความแปรปรวนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Kibria (k_3) ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1)

ให้ค่าความแปรปวนต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 16 – 18)

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	0.8165	0.5368	0.7519	0.5022	0.4223	0.5054	***0.3222***
	3	3.4128	1.2278	2.1263	0.9899	1.5223	1.2093	***0.7862***
	5	3.8944	1.8054	3.4358	1.2804	2.7788	1.7544	***0.2648***
30	1	1.0789	0.1800	0.2053	0.1780	0.1733	0.1810	***0.1088***
	3	3.9550	0.4425	0.6116	0.4302	0.5557	0.4952	***0.3194***
	5	4.4104	0.6424	1.0125	0.6108	0.9435	0.7868	***0.5695***
50	1	0.8112	0.1089	0.1174	0.1085	***0.1064***	0.1094	0.1082
	3	3.6338	0.2821	0.3484	0.2851	0.3292	0.3100	***0.2660***
	5	6.9838	0.4296	0.5834	0.4229	0.5588	0.5043	***0.3014***
100	1	0.9520	0.0542	0.0563	0.0546	0.0536	0.0546	***0.0526***
	3	3.4977	0.1513	0.1693	0.1549	0.1646	0.1605	***0.1275***
	5	4.0212	0.2361	0.2803	0.2424	0.2744	0.2618	***0.2153***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.7 พบว่า เมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 30 และ 100 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด แต่ที่ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Muniz และ Kibria (k_4) ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด และที่ความแปรปรวนเท่ากับ 3 และ 5 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่า

ความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าความแปรปวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตาราง ภาคผนวก 19 – 21)

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	1.3874	0.5426	0.7577	0.5199	0.4209	0.5292	***0.3246***
	3	3.3967	1.2410	2.1760	1.0407	1.5590	1.2361	***0.5683***
	5	4.8680	1.7492	3.4424	1.2802	2.7538	1.8676	***0.6651***
30	1	1.3202	0.1786	0.2050	0.1837	0.1736	0.1849	***0.1667***
	3	3.2099	0.4403	0.6140	0.4569	0.5571	0.5171	***0.2203***
	5	5.0728	0.6490	1.0219	0.6534	0.9525	0.8214	***0.5918***
50	1	0.6478	0.1069	0.1176	0.1110	0.1069	0.1109	***0.0997***
	3	3.8041	0.2849	0.3539	0.2979	0.3345	0.3200	***0.1644***
	5	4.2853	0.4268	0.5943	0.4520	0.5698	0.5213	***0.3772***
100	1	1.0164	0.0548	0.0571	0.0556	0.0545	0.0555	***0.0480***
	3	3.3963	0.1535	0.1721	0.1593	0.1674	0.1640	***0.1387***
	5	6.7379	0.2391	0.2860	0.2517	0.2801	0.2689	***0.1829***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.8 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) ความแปรปรวนเท่ากับ 1, 3 และ 5 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์

ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าความแปรปวนต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 22 – 24)

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	0.8614	0.7635	1.4942	0.6670	0.4180	0.5950	***0.2671***
	3	1.9988	1.5708	3.8623	1.0805	1.7159	1.2687	***1.0041***
	5	8.7163	2.4477	6.0395	1.3023	3.3579	1.7390	***0.9868***
30	1	0.9062	0.2460	0.3394	0.2654	0.2304	0.2639	***0.2101***
	3	2.5814	0.5559	1.0011	0.5646	0.7925	0.6758	***0.4349***
	5	4.5275	0.7613	1.6516	0.7260	1.3931	1.0118	***0.6005***
50	1	0.8717	0.1552	0.1890	0.1655	0.1508	0.1646	***0.1473***
	3	3.6802	0.3669	0.5688	0.3964	0.4970	0.4523	***0.2821***
	5	5.0864	0.5214	0.9349	0.5501	0.8445	0.7071	***0.2229***
100	1	1.0683	0.0818	0.0891	0.0840	0.0800	0.0835	***0.0734***
	3	2.5641	0.2101	0.2661	0.2247	0.2500	0.2386	***0.2004***
	5	4.2314	0.3151	0.4442	0.3402	0.4233	0.3867	***0.2579***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.9 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง , สูง) ความแปรปรวนเท่ากับ 1, 3 และ 5 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง

ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าความแปรปวนต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 25 – 27)

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	1.6405	1.6016	4.6354	0.6199	***0.3383***	0.4414	0.6427
	3	3.0897	3.8737	8.7771	0.8773	1.4164	0.9035	***0.2994***
	5	5.9977	5.6353	11.4121	***1.0866***	2.7240	1.3529	4.4632
30	1	1.0734	0.4721	1.3652	0.4172	0.2715	0.3782	***0.1074***
	3	4.7565	0.8846	3.8595	0.5110	1.2594	0.7109	***0.4780***
	5	6.1388	1.2820	6.0358	***0.5905***	2.5296	0.9594	0.8074
50	1	1.1660	0.3368	0.7771	0.3495	0.2426	0.3378	***0.2416***
	3	4.0025	0.5936	2.2871	0.4708	1.0721	0.6627	***0.4693***
	5	6.0115	0.8249	3.6934	0.5184	2.0438	0.8933	***0.2177***
100	1	1.2429	0.2169	0.3703	0.2438	0.1886	0.2357	***0.1581***
	3	3.1426	0.3965	1.0984	0.4101	0.7226	0.5415	***0.3413***
	5	5.1239	0.5291	1.8242	0.4663	1.3099	0.7764	***0.1679***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.10 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, ต่ำ) ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ ด้วยวิธีของ Muniz และ Kibria (k_4) ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด แต่ที่ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30, 50, 100 และความแปรปรวนเท่ากับ 3 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด เมื่อความแปรปรวนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 30 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ ด้วยวิธีของ Kibria (k_3) ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด แต่ที่ความแปรปรวนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าความแปรปวนต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 28 – 30)

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	1.3425	1.0252	2.7957	0.7490	0.3721	0.5929	***0.3148***
	3	1.6611	2.4906	6.8991	1.1175	1.6251	1.1815	***0.8373***
	5	8.2392	3.7140	9.3258	1.2070	3.2721	1.6200	***1.0076***
30	1	1.2083	0.3470	0.6291	0.3820	0.2780	0.3657	***0.2469***
	3	1.5047	0.6866	1.8784	0.6406	1.0979	0.8396	***0.5151***
	5	3.9738	0.9793	3.0019	0.7700	2.0057	1.1835	***0.2091***
50	1	0.9028	0.2322	0.3409	0.2560	0.2077	0.2498	***0.1909***
	3	3.6034	0.4749	1.0167	0.5075	0.7494	0.6218	***0.3360***
	5	5.3554	0.6682	1.6813	0.6431	1.3268	0.9343	***0.3770***
100	1	0.9991	0.1299	0.1573	0.1376	0.1233	0.1358	***0.1172***
	3	3.3349	0.2987	0.4719	0.3302	0.4075	0.3705	***0.2718***
	5	5.0874	0.4089	0.7888	0.4566	0.7038	0.5810	***0.3657***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.11 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, ปานกลาง) ความแปรปรวนเท่ากับ 1, 3 และ 5 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุกสถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าความแปรปวนต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard

(k_1) ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตารางภาคผนวก 31 – 33)

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย						
		OLS	*Ridge*					*RR*
			k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
10	1	1.3698	0.9919	2.3897	0.8911	***0.4180***	0.7373	0.4498
	3	4.6597	2.4236	6.2126	1.2780	1.9346	1.4572	***1.2338***
	5	5.0322	3.6928	9.2819	1.3700	3.8772	1.9225	***1.0412***
30	1	1.3523	0.3324	0.4958	0.3733	***0.2996***	0.3610	0.3312
	3	2.8876	0.6755	1.4627	0.7127	1.0714	0.9005	***0.5387***
	5	3.4173	0.9694	2.4113	0.8793	1.9056	1.3454	***0.6029***
50	1	1.0102	0.2134	0.2705	0.2310	0.2031	0.2275	***0.2027***
	3	1.9428	0.4828	0.8069	0.5297	0.6806	0.6078	***0.3441***
	5	5.8951	0.6452	1.3357	0.6984	1.1735	0.9417	***0.5913***
100	1	0.8629	0.1134	0.1258	0.1172	0.1099	0.1162	***0.1033***
	3	3.1930	0.2808	0.3760	0.3062	0.3473	0.3288	***0.2588***
	5	4.8601	0.4030	0.6294	0.4508	0.5918	0.5308	***0.3480***

หมายเหตุ : **ตัวหนาและตัวเอียง** แทน ค่า AMSE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละสถานการณ์

จากตารางที่ 4.12 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, สูง) ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 30 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ ด้วยวิธีของ Muniz และ Kibria (k_4) ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด แต่ที่ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 และเมื่อความแปรปรวนเท่ากับ 3 และ 5 ในทุกขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด ค่าความเอนเอียงที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของค่าความเอนเอียงของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าความเอนเอียงของทุกวิธีแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่าความเอนเอียงต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ในทุก

สถานการณ์ ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย ผลการศึกษาโดยรวมของแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและแปรผกผันกับขนาดตัวอย่าง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าความแปรปวนต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard (k_1) ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุดเป็นส่วนใหญ่ (แสดงในตาราง ภาคผนวก 34 – 36)

ตาราง 4.13 สรุปวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว

n	σ^2	ระดับความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปร		
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
10	1	RR	RR	RR
	3	RR	RR	RR
	5	RR	RR	RR
30	1	RR	RR	RR
	3	RR	RR	RR
	5	k_3	RR	RR
50	1	RR	RR	RR
	3	RR	RR	RR
	5	k_3	RR	RR
100	1	RR	RR	RR
	3	RR	RR	RR
	5	RR	RR	RR

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ในทุกสถานการณ์ที่ศึกษา วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นส่วนใหญ่

ยกเว้นที่ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และ 50 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Kibria (k_3) จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ตาราง 4.14 สรุปวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว

n	σ^2	ระดับความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปร								
		(ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ)	(ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง)	(ต่ำ, ต่ำ, สูง)	(ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ)	(ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง)	(ปานกลาง, ปานกลาง, สูง)	(สูง, สูง, ต่ำ)	(สูง, สูง, ปานกลาง)	(สูง, สูง, สูง)
10	1	RR	RR	RR	RR	RR	RR	k_4	RR	k_4
	3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR
	5	RR	RR	RR	RR	RR	RR	k_3	RR	RR
30	1	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	k_4
	3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	k_3	RR	RR
	5	RR	RR	k_3	RR	RR	RR	RR	RR	RR
50	1	RR	RR	RR	k_3	RR	RR	RR	RR	RR
	3	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR
	5	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR

ตาราง 4.14 สรุปวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว (ต่อ)

n	σ^2	ระดับความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปร								
		(ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ)	(ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง)	(ต่ำ, ต่ำ, สูง)	(ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ)	(ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง)	(ปานกลาง, ปานกลาง, สูง)	(สูง, สูง, ต่ำ)	(สูง, สูง, ปานกลาง)	(สูง, สูง, สูง)
100	1	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*
	3	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*
	5	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*	*RR*

จากตารางที่ 4.14 พบว่าเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) และ (ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณี แต่ที่ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, สูง) วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Kibria (k_3) มีประสิทธิภาพดีที่สุด

จากตารางที่ 4.14 พบว่าเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) และ (ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณี แต่ที่ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับ (ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ ด้วยวิธีของ Kibria (k_3)

จากตารางที่ 4.14 พบว่า เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, ต่ำ) วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นที่ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ ด้วยวิธีของ Muniz และ Kibria (k_4) มีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อความแปรปรวนเท่ากับ 3 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และที่ความแปรปรวนเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ ด้วยวิธีของ Kibria (k_3) มีประสิทธิภาพดีที่สุด ที่ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, ปานกลาง) วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณี แต่ที่ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับ (สูง, สูง, สูง) วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นที่ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 30 วิธีการถดถอยแบบริดจ์ ด้วยวิธีของ Muniz และ Kibria (k_4) มีประสิทธิภาพดีที่สุด

บทที่ 5
บทสรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการถดถอยแบบริดจ์ เมื่อประมาณค่า k ด้วยวิธีของ Hoerl และ Kennard วิธีของ Lawless และ Wang วิธีของ Kibria วิธีของ Muniz และ Kibria และวิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจว่าวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยวิธีใดมีประสิทธิภาพมากกว่าจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ สามารถสรุปได้ดังนี้ กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ในทุกขนาดตัวอย่างที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1, 3 และ 5 เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ พบว่า วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นส่วนใหญ่ แต่เมื่อความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง และสูง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณีที่ศึกษา

กรณีที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ในทุกขนาดตัวอย่างที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1, 3 และ 5 เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ), (ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง), (ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง), (ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) และ (สูง, สูง, ปานกลาง) พบว่า วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง มีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณีที่ศึกษา แต่เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับ (ต่ำ, ต่ำ, สูง), (ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ), (สูง, สูง, ต่ำ) และ (สูง, สูง, สูง) พบว่า วิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่ง มีประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นส่วนใหญ่

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อระดับความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอิสระและความแปรปรวนมีค่าเพิ่มขึ้น ค่า AMSE ของวิธีประมาณทุกวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่า AMSE มีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการถดถอยแบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีแนวโน้มให้ค่า AMSE ต่ำกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lukman, Arowolo และ Ayinde (2014) และ Jeremia, Nurrohmah และ Fithriani (2017) ที่พบว่าวิธีการถดถอย

แบบริดจ์ที่มีความแกร่งมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีการถดถอยแบบริดจ์ในเกือบทุกสถานการณ์ แต่ยังมีบางสถานการณ์ คือ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับสูง วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Muniz และ Kibria มีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจวรรณ ระหงษ์ (2557) ที่กล่าวว่า วิธีการถดถอยแบบริดจ์ด้วยวิธีของ Muniz และ Kibria มีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอยู่ในระดับสูง

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยวิธีอื่น ภายใต้สถานการณ์อื่น ศึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบอื่น ๆ เช่น การแจกแจงแบบทีและการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล เป็นต้น

บรรณานุกรม

เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี. (2549). ***การวิเคราะห์การถดถอย.*** ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดุษณีพรรณ วายุภักตร์. (2524). ***การศึกษาเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยระหว่างวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีริดจ์.*** วิทยานิพนธ์ วท.ม. , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เบญจวรรณ ระหงส์. (2554). ***การเปรียบเทียบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นพหุกรณีเกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ.*** ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

เปรมวดี ชูไสว. (2548). ***การเปรียบเทียบวิธีการแก้ไขพหุสัมพันธ์ในการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ.*** วิทยานิพนธ์ วท.ม. , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรทิวา ธรรมชัยหลง. (2562). ***การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยสำหรับข้อมูลที่มีปัญหาสหสัมพันธ์เชิงเส้นพหุด้วยวิธีการถดถอยแบบริดจ์และวิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า.*** ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

วริดา พลาศรี. (2552). ***การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงพหุเมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ ด้วยวิธีความถดถอยบูตสแตรปแบบริดจ์.*** วิทยานิพนธ์ วท.ม. , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิตรา หวลระลึก. (2557). ***การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อเกิดปัญหาพหุสัมพันธ์.*** วิทยานิพนธ์ วท.ม. , มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Dorugade, A. V. (2014). ***New ridge parameters for ridge regression.*** India: Y C Mahavidyalaya Halkarni, Tal-Chandgad, Kolhapur 416552, Maharashtra.

Draper, N. R. & Smith, H. (1998). ***Applied Regression Analysis.*** University of Michigan.

Hoerl, A. E. & Kennard, R. (1970). ***Ridge Regression: Biased Estimation for Nonorthogonal Problems.*** University of Delaware and E.I. du Pont de Nemours & Co.

Jeremia, N. E., Nurrohmah, S. & Fitriani, I. (2017). ***Robust Ridge regression to solve a multicollinearity and outlier.*** Indonesia : Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences(FMIPA), Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, Depok 16424, Indonesia

Kibria, B. M. G. (2009). ***On Some Ridge Regression Estimators: An Empirical Comparisons.*** Department of Statistics, Florida International University, Miami, Florida, USA

Lukman, A., Arowolo, O. & Ayinde, K. (2014). ***Some Robust Ridge Regression for handling Multicollinearity and Outlier.*** Department of Statistics, Ladoke Akintola University of Technology, P.M.B. 4000, Ogbomoso, Oyo State, Nigeria

Muniz, G. & Kibria, B. M. G. (2009). ***On Some Ridge Regression Estimators: An Empirical Comparison.*** Department of Statistics, Florida International University, Miami, Florida, USA.

Rousseeuw P.J., & Leroy A.M. (2003). ***Robust Regression and Outlier Detection.*** Department of Mathematics and Computing Universitaire Instelling Antwerpen Universiteitsplein, Belgium.

Susanti, Y., Pratiwi, H., Sulistijowati, H., Sir. & Liana, T. (2014). ***M Estimation, S Estimation, and MM Estimation in Robust Regression.*** Indonesia: Agricultural Technology, Sebelas Maret University.

Volkan, S. & Atila, G. (2019). ***A Comparison of Different Ridge Parameters under Both Multicollinearity and Heteroscedasticity.*** Turkey: Mugla Sitki Kocman University, Fen Fakultesi, Istatistik Bolumu, 48000, Mugla, Turkey.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวก 1 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1183	0.1001	0.0888	0.1183	0.1001	0.0888
	k_1	-0.0391	-0.0256	-0.0404	0.1028	0.0883	0.0806	0.1043	0.0889	0.0823
	k_2	-0.0012	-0.0008	-0.0012	0.1178	0.0997	0.0885	0.1178	0.0997	0.0885
	k_3	-0.0212	-0.0136	-0.0218	0.1097	0.0935	0.0843	0.1101	0.0937	0.0848
	k_4	-0.0712	-0.0478	-0.0737	***0.0915***	***0.0796***	***0.0743***	***0.0966***	***0.0819***	***0.0797***
	k_5	-0.0664	-0.0445	-0.0688	0.0931	0.0809	0.0752	0.0975	0.0828	0.0799
	RR	-0.0173	-0.0407	-0.0630	0.1028	0.0883	0.0806	0.1031	0.0900	0.0846
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0341	0.0349	0.0344	0.0341	0.0349	0.0344
	k_1	-0.0340	-0.0246	-0.0317	0.0318	0.0324	0.0319	***0.0329***	0.0330	***0.0329***
	k_2	-0.0012	-0.0009	-0.0011	0.0340	0.0348	0.0343	0.0340	0.0348	0.0343
	k_3	-0.0454	-0.0330	-0.0424	***0.0310***	***0.0316***	***0.0312***	0.0331	***0.0327***	***0.0329***
	k_4	-0.0339	-0.0246	-0.0317	0.0318	0.0324	0.0319	***0.0329***	0.0330	***0.0329***
	k_5	-0.0324	-0.0234	-0.0302	0.0319	0.0325	0.0321	***0.0329***	0.0331	0.0330
	RR	-0.0347	-0.0186	-0.0334	0.0318	0.0324	0.0319	0.0330	0.0328	0.0331

ตารางภาคผนวก 1 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0223	0.0164	0.0222	0.0223	0.0164	0.0222
	k_1	-0.0070	-0.0057	-0.0045	0.0219	0.0161	0.0217	0.0219	0.0161	0.0217
	k_2	-0.0002	-0.0001	-0.0001	0.0223	0.0163	0.0222	0.0223	0.0163	0.0222
	k_3	-0.0820	-0.0683	-0.0553	***0.0175***	***0.0137***	***0.0173***	0.0242	0.0183	***0.0203***
	k_4	-0.0180	-0.0148	-0.0115	0.0212	0.0157	0.0210	***0.0215***	***0.0160***	0.0211
	k_5	-0.0155	-0.0127	-0.0099	0.0213	0.0158	0.0211	0.0216	***0.0160***	0.0212
	RR	-0.0089	-0.0079	-0.0012	0.0219	0.0161	0.0217	0.0220	0.0162	0.0217
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0101	0.0089	0.0097	0.0101	0.0089	0.0097
	k_1	-0.0060	-0.0041	-0.0038	0.0100	0.0088	0.0096	***0.0100***	***0.0088***	***0.0096***
	k_2	-0.0001	0.0000	0.0000	0.0101	0.0089	0.0097	0.0101	0.0089	0.0097
	k_3	-0.0076	-0.0052	-0.0048	0.0100	0.0088	0.0096	***0.0100***	***0.0088***	***0.0096***
	k_4	-0.0118	-0.0081	-0.0074	***0.0099***	***0.0087***	***0.0095***	***0.0100***	***0.0088***	***0.0096***
	k_5	-0.0094	-0.0065	-0.0059	***0.0099***	0.0088	0.0096	***0.0100***	***0.0088***	***0.0096***
	RR	-0.0053	-0.0036	-0.0041	0.0100	0.0088	0.0096	***0.0100***	***0.0088***	***0.0096***

ตารางภาคผนวก 2 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.3337	0.3295	0.3321	0.3337	0.3295	0.3321
	k_1	-0.1333	-0.1478	-0.1494	***0.2037***	***0.2041***	***0.2051***	***0.2215***	***0.2259***	***0.2274***
	k_2	-0.0062	-0.0071	-0.0072	0.3261	0.3222	0.3247	0.3261	0.3222	0.3248
	k_3	-0.0883	-0.0989	-0.1000	0.2405	0.2399	0.2414	0.2483	0.2497	0.2514
	k_4	-0.0373	-0.0423	-0.0428	0.2904	0.2881	0.2902	0.2917	0.2899	0.2920
	k_5	-0.0985	-0.1100	-0.1112	0.2316	0.2314	0.2327	0.2413	0.2435	0.2451
	RR	-0.3963	0.1523	-0.2310	***0.2037***	***0.2041***	***0.2051***	0.3608	0.2273	0.2585
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1048	0.0971	0.0961	0.1048	0.0971	0.0961
	k_1	-0.0627	-0.0637	-0.0449	0.0912	0.0855	0.0846	0.0951	0.0896	0.0867
	k_2	-0.0016	-0.0017	-0.0011	0.1044	0.0968	0.0958	0.1044	0.0968	0.0958
	k_3	-0.0680	-0.0691	-0.0488	***0.0901***	***0.0846***	***0.0837***	***0.0947***	***0.0893***	***0.0861***
	k_4	-0.0196	-0.0199	-0.0138	0.1004	0.0934	0.0924	0.1008	0.0938	0.0926
	k_5	-0.0553	-0.0562	-0.0395	0.0927	0.0869	0.0859	0.0958	0.0900	0.0875
	RR	-0.0907	-0.0725	-0.0396	0.0912	0.0855	0.0846	0.0994	0.0908	0.0862

ตารางภาคผนวก 2 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0663	0.0556	0.0890	0.0663	0.0556	0.0890
	k_1	-0.1252	-0.0582	-0.1300	***0.0531***	***0.0462***	***0.0665***	0.0688	***0.0495***	0.0834
	k_2	-0.0010	-0.0004	-0.0010	0.0662	0.0555	0.0888	0.0662	0.0555	0.0888
	k_3	-0.0630	-0.0277	-0.0660	0.0595	0.0508	0.0771	0.0635	0.0516	0.0815
	k_4	-0.0182	-0.0077	-0.0192	0.0643	0.0542	0.0855	0.0647	0.0543	0.0858
	k_5	-0.0464	-0.0201	-0.0487	0.0613	0.0521	0.0801	0.0634	0.0525	0.0825
	RR	-0.0866	-0.0790	-0.1177	***0.0531***	***0.0462***	***0.0665***	***0.0606***	0.0524	***0.0803***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0302	0.0329	0.0274	0.0302	0.0329	0.0274
	k_1	-0.0195	-0.0163	-0.0108	0.0291	0.0315	0.0264	0.0295	0.0317	0.0265
	k_2	-0.0002	-0.0002	-0.0001	0.0302	0.0328	0.0274	0.0302	0.0328	0.0274
	k_3	-0.0382	-0.0321	-0.0215	***0.0281***	***0.0301***	***0.0255***	0.0295	***0.0312***	***0.0259***
	k_4	-0.0069	-0.0058	-0.0038	0.0298	0.0324	0.0271	0.0299	0.0324	0.0271
	k_5	-0.0164	-0.0138	-0.0091	0.0293	0.0317	0.0266	0.0296	0.0319	0.0267
	RR	-0.0152	-0.0220	-0.0045	0.0291	0.0315	0.0264	***0.0293***	0.0319	0.0264

ตารางภาคผนวก 3 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.5642	0.4479	0.4029	0.5642	0.4479	0.4029
	k_1	-0.5532	-0.5506	-0.5277	***0.0566***	***0.0609***	***0.0623***	0.3627	0.3641	0.3408
	k_2	-0.0099	-0.0095	-0.0085	0.5441	0.4352	0.3926	0.5442	0.4353	0.3927
	k_3	-0.3275	-0.3238	-0.3024	0.1612	0.1578	0.1541	***0.2685***	***0.2626***	***0.2456***
	k_4	-0.0309	-0.0300	-0.0269	0.5034	0.4093	0.3714	0.5044	0.4102	0.3722
	k_5	-0.1209	-0.1182	-0.1075	0.3604	0.3126	0.2906	0.3750	0.3266	0.3022
	RR	-0.7893	-0.2089	-0.6494	***0.0566***	***0.0609***	***0.0623***	0.6797	0.1045	0.4840
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1696	0.2224	0.1447	0.1696	0.2224	0.1447
	k_1	-0.0877	-0.1111	-0.0588	0.1382	0.1708	0.1208	0.1459	***0.1831***	0.1242
	k_2	-0.0034	-0.0044	-0.0021	0.1683	0.2202	0.1438	0.1683	0.2202	0.1438
	k_3	-0.3021	-0.3587	-0.2289	***0.0766***	***0.0827***	***0.0714***	0.1679	0.2114	0.1238
	k_4	-0.0141	-0.0183	-0.0090	0.1643	0.2133	0.1407	0.1645	0.2137	0.1408
	k_5	-0.0631	-0.0806	-0.0416	0.1466	0.1842	0.1273	0.1506	0.1907	0.1290
	RR	-0.0389	-0.1343	-0.0418	0.1382	0.1708	0.1208	***0.1397***	0.1888	***0.1225***

ตารางภาคผนวก 3 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1106	0.1343	0.1036	0.1106	0.1343	0.1036
	k_1	-0.0184	-0.0255	-0.0106	0.1054	0.1272	0.0990	0.1058	0.1278	0.0991
	k_2	-0.0005	-0.0007	-0.0003	0.1105	0.1341	0.1035	0.1105	0.1341	0.1035
	k_3	-0.0649	-0.0890	-0.0394	***0.0931***	***0.1104***	***0.0878***	***0.0973***	***0.1183***	***0.0894***
	k_4	-0.0089	-0.0123	-0.0050	0.1081	0.1308	0.1014	0.1082	0.1310	0.1014
	k_5	-0.0387	-0.0534	-0.0228	0.0999	0.1196	0.0940	0.1014	0.1225	0.0945
	RR	-0.0255	-0.0260	-0.0126	0.1054	0.1272	0.0990	0.1061	0.1278	0.0991
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0502	0.0599	0.0551	0.0502	0.0599	0.0551
	k_1	-0.0161	-0.0194	-0.0172	0.0485	0.0574	0.0529	0.0487	0.0578	0.0532
	k_2	-0.0003	-0.0003	-0.0003	0.0502	0.0599	0.0550	0.0502	0.0599	0.0550
	k_3	-0.0602	-0.0717	-0.0639	***0.0438***	***0.0509***	***0.0474***	***0.0474***	***0.0560***	***0.0514***
	k_4	-0.0046	-0.0055	-0.0049	0.0497	0.0592	0.0545	0.0498	0.0592	0.0545
	k_5	-0.0182	-0.0219	-0.0194	0.0482	0.0571	0.0527	0.0486	0.0576	0.0530
	RR	-0.0177	-0.0209	-0.0129	0.0485	0.0574	0.0529	0.0488	0.0578	0.0531

ตารางภาคผนวก 4 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1352	0.1207	0.1211	0.1352	0.1207	0.1211
	k_1	-0.1179	-0.0166	-0.1022	0.0977	0.0884	0.0884	0.1116	0.0887	0.0988
	k_2	-0.0126	-0.0007	-0.0109	0.1307	0.1168	0.1172	0.1309	0.1168	0.1173
	k_3	-0.1757	-0.0338	-0.1523	0.0826	***0.0754***	***0.0753***	0.1134	***0.0765***	0.0985
	k_4	-0.1357	-0.0213	-0.1176	***0.0928***	0.0842	0.0842	0.1112	0.0847	0.0980
	k_5	-0.1011	-0.0128	-0.0876	0.1025	0.0925	0.0926	0.1127	0.0927	0.1002
	RR	-0.0867	-0.0368	-0.0770	0.0977	0.0884	0.0884	***0.1052***	0.0898	***0.0943***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0341	0.0313	0.0316	0.0341	0.0313	0.0316
	k_1	-0.0549	-0.0290	-0.0260	***0.0299***	***0.0270***	***0.0272***	0.0329	***0.0279***	0.0279
	k_2	-0.0004	-0.0002	-0.0002	0.0341	0.0313	0.0316	0.0341	0.0313	0.0316
	k_3	-0.0276	-0.0143	-0.0128	0.0319	0.0291	0.0293	0.0327	0.0293	0.0295
	k_4	-0.0328	-0.0171	-0.0153	0.0315	0.0287	0.0289	***0.0326***	0.0290	0.0291
	k_5	-0.0250	-0.0130	-0.0116	0.0321	0.0293	0.0295	0.0328	0.0295	0.0297
	RR	-0.0590	-0.0293	-0.0244	***0.0299***	***0.0270***	***0.0272***	0.0333	***0.0279***	***0.0278***

ตารางภาคผนวก 4 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0201	0.0268	0.0270	0.0201	0.0268	0.0270
	k_1	-0.0259	-0.0191	-0.0184	***0.0190***	***0.0245***	***0.0246***	***0.0196***	***0.0248***	***0.0250***
	k_2	-0.0002	-0.0001	-0.0001	0.0201	0.0268	0.0269	0.0201	0.0268	0.0269
	k_3	-0.0153	-0.0113	-0.0109	0.0194	0.0254	0.0255	0.0197	0.0255	0.0257
	k_4	-0.0218	-0.0161	-0.0155	0.0191	0.0248	0.0250	***0.0196***	0.0251	0.0252
	k_5	-0.0159	-0.0118	-0.0113	0.0194	0.0253	0.0255	***0.0196***	0.0255	0.0256
	RR	-0.0299	-0.0380	0.0024	***0.0190***	***0.0245***	***0.0246***	0.0199	0.0259	0.0246
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0102	0.0126	0.0176	0.0102	0.0126	0.0176
	k_1	-0.0478	-0.0194	-0.0520	***0.0091***	***0.0105***	***0.0142***	0.0114	***0.0109***	0.0169
	k_2	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0102	0.0126	0.0176	0.0102	0.0126	0.0176
	k_3	-0.0116	-0.0043	-0.0129	0.0099	0.0121	0.0167	***0.0101***	0.0121	0.0169
	k_4	-0.0109	-0.0040	-0.0121	0.0099	0.0121	0.0167	***0.0101***	0.0121	0.0169
	k_5	-0.0078	-0.0029	-0.0087	0.0100	0.0122	0.0170	***0.0101***	0.0122	0.0171
	RR	-0.0396	-0.0314	-0.0456	***0.0091***	***0.0105***	***0.0142***	0.0107	0.0115	***0.0162***

ตารางภาคผนวก 5 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.3291	0.5081	0.8764	0.3291	0.5081	0.8764
	k_1	-0.5687	-0.5179	-0.5868	0.0769	0.0715	0.0612	0.4004	0.3397	0.4055
	k_2	-0.2041	-0.1697	-0.2311	0.2186	0.2561	0.3399	0.2603	0.2849	0.3933
	k_3	-0.8329	-0.8017	-0.8365	***0.0142***	***0.0123***	***0.0078***	0.7080	0.6550	0.7075
	k_4	-0.0832	-0.0662	-0.0997	0.2803	0.3788	0.5868	0.2872	0.3831	0.5967
	k_5	-0.1686	-0.1386	-0.1937	0.2358	0.2866	0.3979	0.2642	0.3058	0.4354
	RR	-0.3780	-0.4127	-0.1898	0.0769	0.0715	0.0612	***0.2198***	***0.2418***	***0.0973***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1123	0.1314	0.1050	0.1123	0.1314	0.1050
	k_1	-0.0763	-0.0379	-0.0574	***0.0949***	0.1074	0.0877	0.1007	0.1088	0.0910
	k_2	-0.0031	-0.0014	-0.0023	0.1115	0.1303	0.1043	0.1115	0.1303	0.1043
	k_3	-0.1101	-0.0566	-0.0831	0.0878	***0.0980***	***0.0809***	0.0999	***0.1012***	***0.0878***
	k_4	-0.0267	-0.0126	-0.0200	0.1059	0.1225	0.0987	0.1066	0.1227	0.0991
	k_5	-0.0561	-0.0273	-0.0422	0.0993	0.1133	0.0920	0.1024	0.1141	0.0938
	RR	-0.0540	-0.0615	-0.0316	***0.0949***	0.1074	0.0877	***0.0978***	0.1112	0.0887

ตารางภาคผนวก 5 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0626	0.0721	0.0858	0.0626	0.0721	0.0858
	k_1	-0.0817	-0.0380	-0.0569	***0.0503***	***0.0521***	***0.0601***	***0.0569***	0.0536	***0.0633***
	k_2	-0.0006	-0.0003	-0.0004	0.0625	0.0719	0.0855	0.0625	0.0719	0.0855
	k_3	-0.0556	-0.0250	-0.0385	0.0540	0.0577	0.0672	0.0571	0.0583	0.0687
	k_4	-0.0113	-0.0048	-0.0078	0.0608	0.0689	0.0816	0.0609	0.0689	0.0817
	k_5	-0.0238	-0.0102	-0.0164	0.0588	0.0655	0.0772	0.0594	0.0656	0.0775
	RR	-0.0943	0.0041	-0.0655	***0.0503***	***0.0521***	***0.0601***	0.0591	***0.0521***	0.0644
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0304	0.0435	0.0387	0.0304	0.0435	0.0387
	k_1	-0.0490	-0.0357	-0.0326	***0.0271***	***0.0357***	***0.0323***	***0.0295***	0.0370	***0.0333***
	k_2	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0304	0.0434	0.0387	0.0304	0.0434	0.0387
	k_3	-0.0228	-0.0164	-0.0149	0.0288	0.0396	0.0355	0.0294	0.0399	0.0358
	k_4	-0.0061	-0.0044	-0.0039	0.0300	0.0424	0.0378	0.0300	0.0424	0.0378
	k_5	-0.0131	-0.0094	-0.0086	0.0295	0.0412	0.0368	0.0297	0.0413	0.0369
	RR	-0.0520	-0.0143	-0.0463	***0.0271***	***0.0357***	***0.0323***	0.0298	***0.0359***	0.0344

ตารางภาคผนวก 6 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.5360	0.7125	0.6471	0.5360	0.7125	0.6471
	k_1	-0.2843	-0.2128	-0.2544	0.2230	0.2220	0.2209	0.3038	***0.2673***	0.2856
	k_2	-0.0330	-0.0200	-0.0289	0.4881	0.6193	0.5698	0.4892	0.6197	0.5707
	k_3	-0.5364	-0.4589	-0.4982	***0.0797***	***0.0726***	***0.0751***	0.3674	0.2832	0.3233
	k_4	-0.0440	-0.0270	-0.0386	0.4730	0.5914	0.5464	0.4749	0.5921	0.5479
	k_5	-0.1281	-0.0852	-0.1128	0.3692	0.4180	0.3980	0.3856	0.4253	0.4107
	RR	-0.2114	-0.2958	-0.0983	0.2230	0.2220	0.2209	***0.2677***	0.3096	***0.2306***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1679	0.2030	0.2090	0.1679	0.2030	0.2090
	k_1	-0.2032	-0.1349	-0.1232	***0.1088***	***0.1113***	***0.1136***	0.1501	0.1295	***0.1287***
	k_2	-0.0034	-0.0021	-0.0019	0.1668	0.2010	0.2069	0.1668	0.2010	0.2069
	k_3	-0.1429	-0.0932	-0.0839	0.1250	0.1333	0.1364	0.1455	0.1420	0.1434
	k_4	-0.0179	-0.0113	-0.0098	0.1622	0.1926	0.1981	0.1625	0.1928	0.1982
	k_5	-0.0667	-0.0426	-0.0376	0.1471	0.1669	0.1713	0.1516	0.1687	0.1727
	RR	-0.1523	-0.1089	-0.1413	***0.1088***	***0.1113***	***0.1136***	***0.1320***	***0.1232***	0.1335

ตารางภาคผนวก 6 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1009	0.1248	0.0929	0.1009	0.1248	0.0929
	k_1	-0.0229	-0.0167	-0.0126	0.0965	0.1175	0.0884	0.0970	0.1177	0.0886
	k_2	-0.0006	-0.0004	-0.0003	0.1008	0.1246	0.0928	0.1008	0.1246	0.0928
	k_3	-0.0369	-0.0269	-0.0204	0.0939	0.1132	0.0858	0.0953	0.1139	0.0862
	k_4	-0.0112	-0.0081	-0.0061	0.0988	0.1212	0.0907	0.0989	0.1213	0.0908
	k_5	-0.0399	-0.0291	-0.0221	***0.0934***	***0.1123***	***0.0852***	***0.0949***	***0.1131***	***0.0857***
	RR	-0.0340	-0.0153	-0.0140	0.0965	0.1175	0.0884	0.0977	0.1177	0.0886
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0505	0.0651	0.0538	0.0505	0.0651	0.0538
	k_1	-0.0319	-0.0213	-0.0202	0.0473	0.0590	0.0494	0.0483	0.0595	0.0498
	k_2	-0.0003	-0.0002	-0.0002	0.0505	0.0651	0.0538	0.0505	0.0651	0.0538
	k_3	-0.0339	-0.0226	-0.0215	***0.0471***	***0.0587***	***0.0491***	***0.0482***	***0.0592***	0.0496
	k_4	-0.0053	-0.0035	-0.0033	0.0500	0.0641	0.0531	0.0500	0.0641	0.0531
	k_5	-0.0190	-0.0126	-0.0120	0.0486	0.0614	0.0511	0.0489	0.0616	0.0513
	RR	-0.0388	-0.0289	-0.0117	0.0473	0.0590	0.0494	0.0488	0.0599	***0.0495***

ตารางภาคผนวก 7 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับสูง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1256	0.4229	0.4763	0.1256	0.4229	0.4763
	k_1	-0.7055	-0.5715	-0.6104	***0.0032***	***0.0030***	***0.0026***	0.5010	0.3296	0.3752
	k_2	-0.0034	0.0008	-0.0033	0.1240	0.3941	0.4436	0.1240	0.3941	0.4436
	k_3	-0.2419	-0.0872	-0.1606	0.0470	0.0313	0.0322	0.1055	***0.0389***	***0.0579***
	k_4	-0.0838	-0.0070	-0.0611	0.0914	0.1151	0.1267	0.0984	0.1151	0.1305
	k_5	-0.0567	-0.0003	-0.0440	0.1015	0.1622	0.1802	0.1047	0.1622	0.1821
	RR	-0.2288	-0.5873	-0.6945	***0.0032***	***0.0030***	***0.0026***	***0.0555***	0.3479	0.4849
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0386	0.1137	0.1264	0.0386	0.1137	0.1264
	k_1	-0.1918	-0.0972	-0.2171	***0.0197***	***0.0192***	***0.0204***	0.0565	0.0287	0.0675
	k_2	-0.0004	0.0000	-0.0006	0.0386	0.1132	0.1257	0.0386	0.1132	0.1257
	k_3	-0.0454	-0.0051	-0.0625	0.0327	0.0646	0.0713	***0.0347***	0.0646	0.0752
	k_4	-0.0328	-0.0019	-0.0464	0.0342	0.0747	0.0826	0.0353	0.0747	0.0848
	k_5	-0.0227	-0.0002	-0.0330	0.0355	0.0844	0.0935	0.0360	0.0844	0.0946
	RR	-0.2332	-0.0555	-0.2076	***0.0197***	***0.0192***	***0.0204***	0.0741	***0.0223***	***0.0635***

ตารางภาคผนวก 7 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับสูง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
50	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0206	0.0413	0.0449	0.0206	0.0413	0.0449
	k_1	-0.0373	-0.0161	-0.0216	***0.0188***	***0.0313***	***0.0337***	0.0201	0.0315	***0.0342***
	k_2	-0.0001	0.0000	0.0000	0.0206	0.0413	0.0448	0.0206	0.0413	0.0448
	k_3	-0.0125	-0.0052	-0.0072	0.0200	0.0375	0.0407	0.0201	0.0375	0.0407
	k_4	-0.0204	-0.0086	-0.0118	0.0196	0.0354	0.0383	0.0200	0.0354	0.0384
	k_5	-0.0143	-0.0060	-0.0083	0.0199	0.0370	0.0401	0.0201	0.0370	0.0402
	RR	-0.0308	-0.0111	-0.0279	***0.0188***	***0.0313***	***0.0337***	***0.0197***	***0.0314***	0.0345
100	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0101	0.0264	0.0227	0.0101	0.0264	0.0227
	k_1	-0.0049	-0.0029	-0.0027	0.0100	0.0254	0.0219	0.0101	0.0254	0.0219
	k_2	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0101	0.0264	0.0227	0.0101	0.0264	0.0227
	k_3	-0.0072	-0.0042	-0.0040	0.0100	0.0250	0.0215	***0.0100***	0.0250	0.0215
	k_4	-0.0123	-0.0072	-0.0068	***0.0099***	***0.0240***	***0.0207***	***0.0100***	***0.0241***	***0.0208***
	k_5	-0.0086	-0.0050	-0.0048	0.0100	0.0247	0.0213	***0.0100***	0.0247	0.0213
	RR	-0.0048	0.0008	-0.0063	0.0100	0.0254	0.0219	0.0101	0.0254	0.0219

ตารางภาคผนวก 8 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับสูง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.3138	3.0225	1.9951	0.3138	3.0225	1.9951
	k_1	-0.3660	-0.4040	-0.2985	***0.0996***	***0.0552***	***0.0703***	0.2336	***0.2184***	0.1594
	k_2	-0.0054	-0.0153	0.0027	0.3080	2.4422	1.6291	0.3081	2.4424	1.6291
	k_3	-0.1327	-0.1873	-0.0718	0.2130	0.2442	0.2228	0.2306	0.2793	0.2280
	k_4	-0.0533	-0.0991	-0.0105	0.2674	0.7133	0.5324	0.2702	0.7231	0.5325
	k_5	-0.0995	-0.1531	-0.0438	0.2344	0.3533	0.2973	0.2443	0.3768	0.2992
	RR	-0.2084	-1.2083	-0.2414	***0.0996***	***0.0552***	***0.0703***	***0.1430***	1.5152	***0.1286***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1105	0.2849	0.2120	0.1105	0.2849	0.2120
	k_1	-0.1731	-0.1557	-0.0536	***0.0633***	***0.0690***	***0.0594***	***0.0932***	0.0932	0.0622
	k_2	-0.0008	-0.0009	0.0000	0.1103	0.2827	0.2104	0.1103	0.2827	0.2104
	k_3	-0.0689	-0.0686	-0.0090	0.0895	0.1494	0.1171	0.0942	0.1541	0.1172
	k_4	-0.0177	-0.0193	-0.0001	0.1048	0.2380	0.1792	0.1051	0.2383	0.1792
	k_5	-0.0372	-0.0389	-0.0022	0.0988	0.1977	0.1511	0.1002	0.1992	0.1511
	RR	-0.2118	-0.1548	-0.0489	***0.0633***	***0.0690***	***0.0594***	0.1081	***0.0929***	***0.0618***

ตารางภาคผนวก 8 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับสูง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0633	0.2050	0.2062	0.0633	0.2050	0.2062
	k_1	-0.0677	-0.0485	-0.0156	***0.0528***	***0.0965***	***0.0966***	0.0574	0.0989	0.0968
	k_2	-0.0003	-0.0002	0.0000	0.0633	0.2042	0.2054	0.0633	0.2042	0.2054
	k_3	-0.0347	-0.0261	-0.0058	0.0576	0.1354	0.1359	0.0588	0.1361	0.1359
	k_4	-0.0127	-0.0100	-0.0015	0.0611	0.1746	0.1755	0.0613	0.1747	0.1755
	k_5	-0.0261	-0.0199	-0.0039	0.0590	0.1491	0.1498	0.0597	0.1495	0.1498
	RR	-0.0620	0.0268	-0.0924	***0.0528***	***0.0965***	***0.0966***	***0.0566***	***0.0972***	***0.1051***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0306	0.0973	0.1065	0.0306	0.0973	0.1065
	k_1	-0.4596	-0.3344	-0.3448	***0.0075***	***0.0053***	***0.0051***	0.2187	0.1172	0.1240
	k_2	-0.0001	0.0000	0.0000	0.0306	0.0972	0.1064	0.0306	0.0972	0.1064
	k_3	-0.0735	-0.0416	-0.0459	0.0256	0.0443	0.0475	0.0310	***0.0460***	***0.0496***
	k_4	-0.0061	-0.0033	-0.0037	0.0302	0.0901	0.0984	0.0302	0.0901	0.0984
	k_5	-0.0128	-0.0069	-0.0079	0.0297	0.0829	0.0904	***0.0298***	0.0830	0.0905
	RR	-0.2147	-0.4255	-0.3744	***0.0075***	***0.0053***	***0.0051***	0.0536	0.1864	0.1453

ตารางภาคผนวก 9 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับสูง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.5850	1.5125	1.0549	0.5850	1.5125	1.0549
	k_1	-0.3603	-0.1807	-0.1540	***0.1629***	***0.1111***	***0.1139***	***0.2927***	***0.1438***	***0.1376***
	k_2	-0.0102	-0.0029	-0.0031	0.5632	1.3521	0.9509	0.5633	1.3521	0.9509
	k_3	-0.2369	-0.1017	-0.0860	0.2609	0.2215	0.1983	0.3170	0.2318	0.2057
	k_4	-0.0465	-0.0145	-0.0141	0.4957	0.9370	0.6803	0.4979	0.9372	0.6805
	k_5	-0.1244	-0.0452	-0.0399	0.3826	0.4802	0.3777	0.3980	0.4822	0.3793
	RR	-0.4595	0.2207	-0.4532	***0.1629***	***0.1111***	***0.1139***	0.3741	0.1598	0.3193
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1756	0.3764	0.4124	0.1756	0.3764	0.4124
	k_1	-0.1559	-0.0920	-0.0937	***0.1320***	***0.1738***	***0.1863***	0.1563	0.1823	***0.1951***
	k_2	-0.0036	-0.0020	-0.0021	0.1745	0.3689	0.4040	0.1746	0.3689	0.4040
	k_3	-0.1377	-0.0809	-0.0823	0.1368	0.1885	0.2026	0.1557	0.1950	0.2094
	k_4	-0.0227	-0.0129	-0.0131	0.1689	0.3321	0.3629	0.1694	0.3323	0.3630
	k_5	-0.0766	-0.0442	-0.0449	0.1534	0.2515	0.2728	0.1593	0.2534	0.2748
	RR	-0.1112	-0.0318	-0.1580	***0.1320***	***0.1738***	***0.1863***	***0.1443***	***0.1748***	0.2112

ตารางภาคผนวก 9 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับสูง กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS			VARIANCE			MSE		
		β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2	β_0	β_1	β_2
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1073	0.2208	0.2511	0.1073	0.2208	0.2511
	k_1	-0.1053	-0.0601	-0.0642	0.0892	0.1322	0.1474	0.1003	0.1358	0.1516
	k_2	-0.0020	-0.0011	-0.0012	0.1070	0.2185	0.2484	0.1070	0.2185	0.2484
	k_3	-0.1165	-0.0667	-0.0712	***0.0874***	***0.1257***	***0.1399***	0.1009	***0.1302***	***0.1450***
	k_4	-0.0143	-0.0080	-0.0086	0.1048	0.2048	0.2324	0.1050	0.2049	0.2325
	k_5	-0.0494	-0.0277	-0.0298	0.0986	0.1717	0.1937	0.1011	0.1725	0.1945
	RR	-0.0746	-0.0835	-0.0147	0.0892	0.1322	0.1474	***0.0948***	0.1391	0.1477
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0510	0.1118	0.1101	0.0510	0.1118	0.1101
	k_1	-0.0378	-0.0257	-0.0193	***0.0476***	***0.0902***	***0.0890***	0.0490	***0.0908***	0.0894
	k_2	-0.0002	-0.0002	-0.0001	0.0510	0.1116	0.1100	0.0510	0.1116	0.1100
	k_3	-0.0330	-0.0224	-0.0168	0.0480	0.0926	0.0913	0.0491	0.0931	0.0916
	k_4	-0.0062	-0.0042	-0.0031	0.0504	0.1078	0.1062	0.0504	0.1078	0.1062
	k_5	-0.0215	-0.0146	-0.0108	0.0490	0.0987	0.0974	0.0495	0.0990	0.0975
	RR	-0.0371	-0.0544	0.0042	***0.0476***	***0.0902***	***0.0890***	***0.0489***	0.0931	***0.0890***

ตารางภาคผนวก 10 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1109	0.1402	0.1023	0.0958	0.1109	0.1402	0.1023	0.0958
	k_1	-0.3467	-0.4186	-0.2383	-0.3559	***0.0342***	***0.0353***	***0.0330***	***0.0342***	0.1544	0.2106	0.0897	0.1609
	k_2	-0.0042	-0.0057	-0.0017	-0.0041	0.1095	0.1381	0.1010	0.0948	0.1095	0.1381	0.1010	0.0949
	k_3	-0.0800	-0.1061	-0.0376	-0.0801	0.0869	0.1048	0.0804	0.0784	0.0933	0.1160	0.0818	0.0848
	k_4	-0.0861	-0.1139	-0.0410	-0.0862	0.0853	0.1024	0.0789	0.0772	***0.0927***	0.1154	***0.0806***	***0.0846***
	k_5	-0.0647	-0.0863	-0.0295	-0.0646	0.0912	0.1109	0.0842	0.0816	0.0954	0.1183	0.0851	0.0858
	RR	-0.3151	-0.1789	-0.2941	-0.3244	***0.0342***	***0.0353***	***0.0330***	***0.0342***	0.1335	***0.0673***	0.1194	0.1395
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0348	0.0280	0.0318	0.0490	0.0348	0.0280	0.0318	0.0490
	k_1	-0.0416	-0.0320	-0.0226	-0.0420	***0.0317***	***0.0259***	***0.0291***	***0.0430***	0.0334	***0.0269***	***0.0296***	0.0448
	k_2	-0.0005	-0.0004	-0.0003	-0.0005	0.0348	0.0279	0.0318	0.0490	0.0348	0.0279	0.0318	0.0490
	k_3	-0.0214	-0.0164	-0.0114	-0.0217	0.0332	0.0269	0.0304	0.0459	0.0337	0.0271	0.0305	0.0463
	k_4	-0.0364	-0.0280	-0.0197	-0.0368	0.0321	0.0261	0.0294	0.0438	0.0334	***0.0269***	0.0298	0.0451
	k_5	-0.0302	-0.0231	-0.0162	-0.0305	0.0325	0.0264	0.0298	0.0446	0.0335	0.0270	0.0301	0.0456
	RR	-0.0291	-0.0378	-0.0282	-0.0356	***0.0317***	***0.0259***	***0.0291***	***0.0430***	***0.0326***	0.0273	0.0299	***0.0443***

ตารางภาคผนวก 10 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0207	0.0255	0.0205	0.0182	0.0207	0.0255	0.0205	0.0182
	k_1	-0.0051	-0.0038	-0.0039	-0.0033	0.0204	0.0251	0.0203	0.0180	0.0205	0.0251	0.0203	0.0180
	k_2	-0.0002	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0207	0.0254	0.0205	0.0182	0.0207	0.0254	0.0205	0.0182
	k_3	-0.0113	-0.0085	-0.0086	-0.0075	0.0202	0.0246	0.0200	0.0177	0.0203	0.0247	0.0201	0.0178
	k_4	-0.0216	-0.0163	-0.0166	-0.0143	***0.0197***	***0.0239***	***0.0195***	***0.0173***	***0.0201***	***0.0241***	***0.0198***	***0.0175***
	k_5	-0.0167	-0.0125	-0.0127	-0.0110	0.0199	0.0242	0.0197	0.0175	0.0202	0.0244	0.0199	0.0176
	RR	-0.0041	-0.0047	-0.0037	-0.0030	0.0204	0.0251	0.0203	0.0180	0.0205	0.0251	0.0203	0.0180
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0103	0.0087	0.0120	0.0109	***0.0103***	0.0087	0.0120	0.0109
	k_1	-0.0139	-0.0085	-0.0077	-0.0115	***0.0101***	***0.0085***	***0.0116***	***0.0106***	***0.0103***	***0.0086***	***0.0117***	***0.0107***
	k_2	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0103	0.0087	0.0120	0.0109	***0.0103***	0.0087	0.0120	0.0109
	k_3	-0.0119	-0.0073	-0.0065	-0.0098	***0.0101***	0.0086	0.0117	***0.0106***	***0.0103***	***0.0086***	***0.0117***	***0.0107***
	k_4	-0.0147	-0.0090	-0.0081	-0.0121	***0.0101***	***0.0085***	***0.0116***	***0.0106***	***0.0103***	***0.0086***	***0.0117***	***0.0107***
	k_5	-0.0109	-0.0067	-0.0060	-0.0090	***0.0101***	0.0086	0.0117	***0.0106***	***0.0103***	***0.0086***	***0.0117***	***0.0107***
	RR	-0.0134	-0.0086	-0.0071	-0.0102	***0.0101***	***0.0085***	***0.0116***	***0.0106***	***0.0103***	***0.0086***	***0.0117***	***0.0107***

ตารางภาคผนวก 11 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.3613	0.5537	0.3122	0.3546	0.3613	0.5537	0.3122	0.3546
	k_1	-0.6445	-0.6448	-0.4602	-0.5232	0.0672	0.0614	0.0696	0.0692	0.4826	0.4772	0.2814	0.3430
	k_2	-0.0364	-0.0402	-0.0146	-0.0208	0.3388	0.5062	0.2975	0.3366	0.3402	0.5078	0.2977	0.3370
	k_3	-0.7456	-0.7396	-0.5827	-0.6397	***0.0387***	***0.0326***	***0.0403***	***0.0387***	***0.5946***	0.5796	0.3798	0.4480
	k_4	-0.1099	-0.1197	-0.0477	-0.0659	0.2960	0.4191	0.2678	0.3003	0.3081	0.4335	0.2701	0.3046
	k_5	-0.1954	-0.2095	-0.0923	-0.1233	0.2502	0.3318	0.2337	0.2588	0.2883	***0.3757***	0.2422	0.2740
	RR	-0.9303	-1.1945	0.1036	-0.0014	0.0672	0.0614	0.0696	0.0692	0.9326	1.4883	***0.0803***	***0.0692***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1015	0.0944	0.1357	0.1004	0.1015	0.0944	0.1357	0.1004
	k_1	-0.3660	-0.2830	-0.4150	-0.2755	***0.0384***	***0.0373***	***0.0401***	***0.0377***	0.1724	0.1173	0.2124	0.1135
	k_2	-0.0017	-0.0011	-0.0022	-0.0010	0.1012	0.0940	0.1351	0.1000	0.1012	0.0940	0.1351	0.1000
	k_3	-0.1295	-0.0894	-0.1559	-0.0846	0.0755	0.0711	0.0921	0.0741	***0.0923***	***0.0791***	0.1164	***0.0813***
	k_4	-0.0215	-0.0141	-0.0267	-0.0131	0.0969	0.0903	0.1276	0.0957	0.0974	0.0905	0.1283	0.0959
	k_5	-0.0482	-0.0319	-0.0593	-0.0298	0.0914	0.0853	0.1180	0.0901	0.0937	0.0863	0.1215	0.0910
	RR	-0.2531	-0.3804	-0.2620	-0.2221	***0.0384***	***0.0373***	***0.0401***	***0.0377***	0.1024	0.1820	***0.1088***	0.0870

ตารางภาคผนวก 11 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0601	0.0438	0.0589	0.0717	0.0601	0.0438	0.0589	0.0717
	k_1	-0.0383	-0.0225	-0.0232	-0.0329	0.0558	0.0415	0.0545	0.0653	0.0573	0.0420	0.0550	0.0664
	k_2	-0.0005	-0.0003	-0.0003	-0.0004	0.0600	0.0438	0.0589	0.0716	0.0600	0.0438	0.0589	0.0716
	k_3	-0.0653	-0.0389	-0.0402	-0.0563	***0.0529***	***0.0398***	***0.0514***	***0.0611***	***0.0571***	***0.0413***	***0.0530***	***0.0643***
	k_4	-0.0142	-0.0083	-0.0085	-0.0122	0.0585	0.0429	0.0573	0.0693	0.0587	0.0430	0.0573	0.0694
	k_5	-0.0339	-0.0199	-0.0205	-0.0291	0.0563	0.0417	0.0550	0.0661	0.0574	0.0421	0.0554	0.0669
	RR	-0.0389	-0.0238	-0.0164	-0.0470	0.0558	0.0415	0.0545	0.0653	0.0573	0.0420	0.0547	0.0676
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0324	0.0349	0.0322	0.0364	0.0324	0.0349	0.0322	0.0364
	k_1	-0.0992	-0.0883	-0.0709	-0.0915	0.0247	0.0258	0.0245	0.0270	0.0345	***0.0336***	0.0295	0.0353
	k_2	-0.0002	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0324	0.0349	0.0322	0.0364	0.0324	0.0349	0.0322	0.0364
	k_3	-0.1471	-0.1318	-0.1079	-0.1367	***0.0215***	***0.0222***	***0.0213***	***0.0232***	0.0431	0.0396	0.0329	0.0419
	k_4	-0.0063	-0.0055	-0.0042	-0.0057	0.0318	0.0343	0.0316	0.0358	0.0319	0.0343	0.0317	0.0358
	k_5	-0.0139	-0.0122	-0.0094	-0.0126	0.0312	0.0335	0.0310	0.0349	***0.0314***	***0.0336***	0.0311	0.0351
	RR	-0.1061	-0.1103	-0.0437	-0.0887	0.0247	0.0258	0.0245	0.0270	0.0359	0.0380	***0.0264***	***0.0348***

ตารางภาคผนวก 12 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.6858	0.7814	0.5274	0.2128	0.6858	0.7814	0.5274	0.2128
	k_1	-0.4173	-0.3608	-0.4282	-0.2827	***0.1123***	***0.1092***	***0.1204***	***0.1025***	0.2865	0.2394	0.3037	0.1825
	k_2	-0.0375	-0.0240	-0.0387	-0.0193	0.5759	0.6441	0.4703	0.2033	0.5773	0.6447	0.4718	0.2036
	k_3	-0.3411	-0.2846	-0.3515	-0.2197	0.1565	0.1552	0.1645	0.1226	0.2729	***0.2362***	0.2881	0.1709
	k_4	-0.0398	-0.0255	-0.0410	-0.0205	0.5700	0.6368	0.4670	0.2027	0.5716	0.6374	0.4687	0.2031
	k_5	-0.1187	-0.0840	-0.1229	-0.0653	0.4010	0.4315	0.3634	0.1821	0.4151	0.4385	0.3785	0.1864
	RR	-0.3605	-0.3896	-0.2821	-0.2583	***0.1123***	***0.1092***	***0.1204***	***0.1025***	***0.2423***	0.2610	***0.2000***	***0.1693***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1684	0.1920	0.1645	0.1446	0.1684	0.1920	0.1645	0.1446
	k_1	-0.1374	-0.1151	-0.0977	-0.0671	0.1235	0.1337	0.1199	0.1066	0.1424	0.1469	0.1295	0.1111
	k_2	-0.0058	-0.0049	-0.0040	-0.0026	0.1663	0.1892	0.1624	0.1428	0.1664	0.1892	0.1625	0.1428
	k_3	-0.1522	-0.1276	-0.1086	-0.0753	***0.1192***	***0.1283***	***0.1156***	***0.1030***	***0.1423***	***0.1445***	0.1274	0.1087
	k_4	-0.0163	-0.0136	-0.0112	-0.0072	0.1627	0.1842	0.1587	0.1396	0.1629	0.1844	0.1589	0.1397
	k_5	-0.0633	-0.0528	-0.0442	-0.0291	0.1467	0.1631	0.1428	0.1260	0.1507	0.1659	0.1448	0.1269
	RR	-0.1443	-0.1044	-0.0300	-0.0383	0.1235	0.1337	0.1199	0.1066	0.1443	***0.1445***	***0.1208***	***0.1081***

ตารางภาคผนวก 12 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1051	0.0933	0.1397	0.1079	0.1051	0.0933	0.1397	0.1079
	k_1	-0.1300	-0.0799	-0.1398	-0.0797	***0.0786***	***0.0721***	***0.0955***	***0.0800***	0.0955	0.0784	***0.1151***	0.0863
	k_2	-0.0011	-0.0006	-0.0012	-0.0006	0.1048	0.0931	0.1393	0.1076	0.1048	0.0931	0.1393	0.1076
	k_3	-0.0692	-0.0407	-0.0752	-0.0404	0.0905	0.0817	0.1146	0.0924	***0.0952***	0.0834	0.1203	0.0940
	k_4	-0.0114	-0.0064	-0.0125	-0.0063	0.1026	0.0913	0.1353	0.1053	0.1027	0.0914	0.1355	0.1053
	k_5	-0.0415	-0.0239	-0.0454	-0.0237	0.0962	0.0863	0.1242	0.0984	0.0979	0.0868	0.1263	0.0990
	RR	-0.1548	-0.0791	-0.1579	-0.0590	***0.0786***	***0.0721***	***0.0955***	***0.0800***	0.1026	***0.0783***	0.1205	***0.0835***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0509	0.0435	0.0490	0.0427	0.0509	0.0435	0.0490	0.0427
	k_1	-0.0227	-0.0132	-0.0131	-0.0108	***0.0486***	***0.0417***	***0.0468***	***0.0409***	***0.0491***	***0.0419***	***0.0470***	***0.0410***
	k_2	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0508	0.0435	0.0489	0.0427	0.0508	0.0435	0.0489	0.0427
	k_3	-0.0218	-0.0127	-0.0126	-0.0104	0.0487	0.0418	0.0469	0.0410	0.0492	0.0420	***0.0470***	0.0411
	k_4	-0.0057	-0.0033	-0.0033	-0.0027	0.0503	0.0430	0.0484	0.0422	0.0503	0.0430	0.0484	0.0422
	k_5	-0.0213	-0.0124	-0.0123	-0.0102	0.0488	0.0419	0.0469	0.0410	0.0492	0.0420	0.0471	0.0411
	RR	-0.0222	-0.0119	-0.0206	-0.0105	***0.0486***	***0.0417***	***0.0468***	***0.0409***	***0.0491***	***0.0419***	0.0472	***0.0410***

ตารางภาคผนวก 13 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1149	0.1836	0.1812	0.0507	0.1149	0.1836	0.1812	0.0507
	k_1	-0.2410	-0.3198	-0.3134	0.0360	***0.0647***	***0.0822***	***0.0783***	***0.0331***	0.1227	0.1844	0.1766	0.0344
	k_2	-0.0040	-0.0056	-0.0057	0.0013	0.1140	0.1816	0.1791	0.0503	0.1140	0.1816	0.1791	0.0503
	k_3	-0.0959	-0.1321	-0.1328	0.0251	0.0936	0.1375	0.1333	0.0429	0.1028	0.1550	0.1509	0.0435
	k_4	-0.1352	-0.1845	-0.1842	0.0316	0.0853	0.1208	0.1164	0.0400	0.1036	0.1549	0.1503	0.0410
	k_5	-0.0985	-0.1356	-0.1362	0.0256	0.0930	0.1364	0.1321	0.0427	***0.1027***	0.1548	0.1507	0.0433
	RR	-0.2383	-0.1478	-0.2617	0.0145	***0.0647***	***0.0822***	***0.0783***	***0.0331***	0.1214	***0.1040***	***0.1468***	***0.0333***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0341	0.0493	0.0505	0.0304	0.0341	0.0493	0.0505	0.0304
	k_1	-0.0476	-0.0470	-0.0442	-0.0063	***0.0308***	***0.0426***	***0.0431***	***0.0272***	0.0331	***0.0448***	0.0451	***0.0272***
	k_2	-0.0004	-0.0004	-0.0004	0.0000	0.0340	0.0492	0.0504	0.0304	0.0340	0.0492	0.0504	0.0304
	k_3	-0.0285	-0.0281	-0.0265	-0.0033	0.0321	0.0452	0.0459	0.0285	0.0329	0.0460	0.0466	0.0285
	k_4	-0.0389	-0.0384	-0.0362	-0.0049	0.0314	0.0438	0.0444	0.0278	0.0329	0.0453	0.0457	0.0278
	k_5	-0.0318	-0.0315	-0.0296	-0.0038	0.0319	0.0448	0.0454	0.0282	0.0329	0.0458	0.0463	0.0282
	RR	-0.0371	-0.0521	-0.0372	-0.0107	***0.0308***	***0.0426***	***0.0431***	***0.0272***	***0.0322***	0.0454	***0.0445***	0.0273

ตารางภาคผนวก 13 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0204	0.0217	0.0232	0.0196	0.0204	0.0217	0.0232	0.0196
	k_1	-0.0093	-0.0086	-0.0052	-0.0029	0.0200	0.0212	0.0226	0.0192	0.0201	0.0213	0.0227	0.0192
	k_2	-0.0002	-0.0002	-0.0001	-0.0001	0.0204	0.0217	0.0232	0.0196	0.0204	0.0217	0.0232	0.0196
	k_3	-0.0227	-0.0209	-0.0126	-0.0071	0.0195	0.0207	0.0219	0.0186	***0.0200***	***0.0211***	0.0220	0.0186
	k_4	-0.0256	-0.0237	-0.0143	-0.0081	***0.0194***	***0.0205***	***0.0217***	***0.0185***	***0.0200***	***0.0211***	***0.0219***	***0.0185***
	k_5	-0.0202	-0.0186	-0.0112	-0.0063	0.0196	0.0208	0.0220	0.0187	***0.0200***	***0.0211***	0.0221	0.0187
	RR	-0.0114	-0.0078	-0.0077	-0.0007	0.0200	0.0212	0.0226	0.0192	0.0201	0.0213	0.0227	0.0192
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0105	0.0107	0.0121	0.0142	0.0105	0.0107	0.0121	0.0142
	k_1	-0.0121	-0.0101	-0.0058	-0.0058	0.0103	0.0105	0.0117	0.0138	***0.0104***	***0.0106***	***0.0117***	0.0138
	k_2	-0.0001	-0.0001	0.0000	0.0000	0.0105	0.0107	0.0121	0.0142	0.0105	0.0107	0.0121	0.0142
	k_3	-0.0112	-0.0094	-0.0053	-0.0054	0.0103	0.0105	0.0117	0.0138	***0.0104***	***0.0106***	0.0118	0.0138
	k_4	-0.0144	-0.0121	-0.0069	-0.0070	***0.0102***	***0.0104***	***0.0116***	***0.0137***	***0.0104***	***0.0106***	***0.0117***	***0.0137***
	k_5	-0.0106	-0.0089	-0.0050	-0.0051	0.0103	0.0105	0.0117	0.0138	***0.0104***	***0.0106***	0.0118	0.0138
	RR	-0.0129	-0.0112	-0.0049	-0.0049	0.0103	0.0105	0.0117	0.0138	***0.0104***	***0.0106***	***0.0117***	0.0138

ตารางภาคผนวก 14 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.4512	0.2961	0.2388	0.7057	0.4512	0.2961	0.2388	0.7057
	k_1	-0.1832	-0.0706	-0.0464	-0.2912	0.1804	0.1435	0.1257	0.2062	0.2140	0.1485	0.1279	0.2910
	k_2	-0.0052	-0.0005	0.0004	-0.0096	0.4407	0.2903	0.2344	0.6827	0.4407	0.2903	0.2344	0.6828
	k_3	-0.2126	-0.0915	-0.0647	-0.3291	***0.1542***	***0.1273***	***0.1137***	***0.1688***	0.1994	***0.1357***	***0.1178***	***0.2771***
	k_4	-0.0525	-0.0088	-0.0007	-0.0936	0.3529	0.2423	0.1979	0.5014	0.3557	0.2423	0.1979	0.5102
	k_5	-0.0974	-0.0238	-0.0094	-0.1673	0.2823	0.2029	0.1690	0.3705	0.2918	0.2035	0.1691	0.3985
	RR	-0.0615	-0.1388	-0.0784	-0.3629	0.1804	0.1435	0.1257	0.2062	***0.1842***	0.1628	0.1319	0.3379
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1126	0.0815	0.0907	0.1204	0.1126	0.0815	0.0907	0.1204
	k_1	-0.0434	-0.0259	-0.0132	-0.0198	0.1048	0.0770	0.0849	0.1111	0.1067	0.0777	0.0851	0.1115
	k_2	-0.0011	-0.0006	-0.0003	-0.0005	0.1124	0.0814	0.0906	0.1202	0.1124	0.0814	0.0906	0.1202
	k_3	-0.0839	-0.0504	-0.0264	-0.0390	***0.0977***	***0.0729***	***0.0797***	***0.1027***	***0.1048***	***0.0754***	***0.0804***	***0.1042***
	k_4	-0.0332	-0.0198	-0.0100	-0.0151	0.1066	0.0781	0.0863	0.1132	0.1077	0.0785	0.0864	0.1134
	k_5	-0.0749	-0.0450	-0.0234	-0.0347	0.0993	0.0738	0.0808	0.1045	0.1049	0.0758	0.0814	0.1057
	RR	-0.0483	-0.0368	-0.0349	0.0102	0.1048	0.0770	0.0849	0.1111	0.1071	0.0784	0.0861	0.1112

ตารางภาคผนวก 14 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0609	0.0838	0.0763	0.1127	0.0609	0.0838	0.0763	0.1127
	k_1	-0.2214	-0.2693	-0.1148	-0.2186	***0.0369***	***0.0436***	***0.0371***	***0.0449***	0.0859	0.1161	0.0503	0.0927
	k_2	-0.0006	-0.0008	-0.0002	-0.0007	0.0608	0.0837	0.0761	0.1124	0.0608	0.0837	0.0761	0.1124
	k_3	-0.0666	-0.0838	-0.0268	-0.0688	0.0531	0.0698	0.0611	0.0851	***0.0575***	***0.0768***	0.0618	***0.0899***
	k_4	-0.0142	-0.0180	-0.0051	-0.0150	0.0592	0.0807	0.0727	0.1061	0.0594	0.0810	0.0727	0.1064
	k_5	-0.0336	-0.0426	-0.0126	-0.0352	0.0569	0.0765	0.0681	0.0978	0.0580	0.0783	0.0683	0.0990
	RR	-0.1904	-0.3442	-0.0595	-0.3242	***0.0369***	***0.0436***	***0.0371***	***0.0449***	0.0732	0.1621	***0.0406***	0.1500
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0305	0.0348	0.0311	0.0369	0.0305	0.0348	0.0311	0.0369
	k_1	-0.0104	-0.0101	-0.0040	-0.0045	0.0298	0.0340	0.0302	0.0358	0.0299	0.0341	0.0302	0.0358
	k_2	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0305	0.0348	0.0311	0.0369	0.0305	0.0348	0.0311	0.0369
	k_3	-0.0275	-0.0268	-0.0108	-0.0120	***0.0288***	***0.0326***	***0.0289***	***0.0340***	***0.0295***	***0.0333***	***0.0290***	***0.0341***
	k_4	-0.0072	-0.0070	-0.0028	-0.0031	0.0300	0.0343	0.0305	0.0361	0.0301	0.0343	0.0305	0.0361
	k_5	-0.0154	-0.0150	-0.0060	-0.0067	0.0295	0.0336	0.0298	0.0352	0.0297	0.0338	0.0299	0.0353
	RR	-0.0098	-0.0102	0.0000	-0.0078	0.0298	0.0340	0.0302	0.0358	0.0299	0.0341	0.0302	0.0358

ตารางภาคผนวก 15 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.8921	0.8994	0.5936	0.6440	0.8921	0.8994	0.5936	0.6440
	k_1	-0.4443	-0.4474	-0.1145	-0.1373	0.2998	0.3005	0.2795	0.2922	0.4972	0.5006	***0.2926***	0.3111
	k_2	-0.0960	-0.0969	-0.0120	-0.0173	0.7347	0.7400	0.5261	0.5679	0.7439	0.7493	0.5263	0.5682
	k_3	-0.5760	-0.5793	-0.1982	-0.2254	***0.1871***	***0.1871***	***0.1905***	***0.1951***	0.5189	0.5227	0.2298	***0.2459***
	k_4	-0.1270	-0.1281	-0.0169	-0.0239	0.6874	0.6921	0.5042	0.5431	0.7035	0.7085	0.5044	0.5437
	k_5	-0.3210	-0.3235	-0.0638	-0.0810	0.4301	0.4319	0.3661	0.3883	0.5331	0.5366	0.3702	0.3949
	RR	-0.1759	-0.0820	-0.3544	0.0832	0.2998	0.3005	0.2795	0.2922	***0.3308***	***0.3072***	0.4051	0.2992
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1817	0.2438	0.3003	0.2819	0.1817	0.2438	0.3003	0.2819
	k_1	-0.3895	-0.3974	-0.2898	-0.3056	0.0846	0.0948	0.0936	0.0909	0.2363	0.2527	0.1776	0.1843
	k_2	-0.0130	-0.0137	-0.0083	-0.0094	0.1780	0.2377	0.2898	0.2722	0.1782	0.2379	0.2898	0.2723
	k_3	-0.4042	-0.4120	-0.3026	-0.3184	***0.0814***	***0.0905***	***0.0889***	***0.0866***	0.2448	0.2602	0.1805	0.1879
	k_4	-0.0264	-0.0278	-0.0169	-0.0193	0.1742	0.2315	0.2792	0.2625	0.1749	0.2322	0.2794	0.2628
	k_5	-0.0986	-0.1032	-0.0652	-0.0728	0.1545	0.1994	0.2281	0.2155	***0.1642***	***0.2100***	0.2324	0.2208
	RR	-0.3313	-0.4611	-0.0905	-0.2611	0.0846	0.0948	0.0936	0.0909	0.1943	0.3073	***0.1018***	***0.1591***

ตารางภาคผนวก 15 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1022	0.0960	0.1496	0.1009	0.1022	0.0960	0.1496	0.1009
	k_1	-0.1668	-0.1440	-0.1255	-0.0711	***0.0692***	***0.0661***	***0.0827***	***0.0642***	0.0970	0.0869	***0.0985***	0.0692
	k_2	-0.0008	-0.0007	-0.0006	-0.0003	0.1020	0.0959	0.1492	0.1007	0.1020	0.0959	0.1492	0.1007
	k_3	-0.0992	-0.0850	-0.0739	-0.0386	0.0817	0.0775	0.1054	0.0772	0.0916	0.0848	0.1109	0.0787
	k_4	-0.0105	-0.0089	-0.0078	-0.0036	0.0999	0.0940	0.1442	0.0981	0.1000	0.0940	0.1442	0.0981
	k_5	-0.0387	-0.0330	-0.0287	-0.0138	0.0939	0.0886	0.1306	0.0909	0.0954	0.0896	0.1314	0.0911
	RR	-0.1473	-0.1124	-0.2382	-0.0344	***0.0692***	***0.0661***	***0.0827***	***0.0642***	***0.0909***	***0.0788***	0.1395	***0.0654***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0503	0.0574	0.0612	0.0635	0.0503	0.0574	0.0612	0.0635
	k_1	-0.0461	-0.0434	-0.0256	-0.0272	***0.0461***	***0.0519***	***0.0540***	***0.0558***	***0.0482***	***0.0538***	***0.0546***	***0.0565***
	k_2	-0.0002	-0.0002	-0.0001	-0.0001	0.0503	0.0574	0.0612	0.0635	0.0503	0.0574	0.0612	0.0635
	k_3	-0.0309	-0.0291	-0.0171	-0.0181	0.0475	0.0537	0.0563	0.0582	0.0484	0.0545	0.0565	0.0585
	k_4	-0.0060	-0.0057	-0.0033	-0.0035	0.0498	0.0566	0.0602	0.0624	0.0498	0.0567	0.0602	0.0625
	k_5	-0.0217	-0.0204	-0.0119	-0.0127	0.0483	0.0548	0.0577	0.0597	0.0488	0.0552	0.0578	0.0599
	RR	-0.0527	-0.0537	-0.0254	-0.0303	***0.0461***	***0.0519***	***0.0540***	***0.0558***	0.0489	0.0548	***0.0546***	0.0567

ตารางภาคผนวก 16 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1378	0.1524	0.7402	0.7234	0.1378	0.1524	0.7402	0.7234
	k_1	-0.2889	-0.3818	-0.2299	-0.0550	***0.0426***	***0.0467***	***0.0263***	***0.0246***	0.1260	0.1925	***0.0791***	0.0277
	k_2	-0.0045	-0.0053	-0.0084	0.0063	0.1334	0.1502	0.6669	0.6511	0.1334	0.1502	0.6670	0.6511
	k_3	-0.0989	-0.1325	-0.1132	0.0475	0.0857	0.1071	0.1218	0.1153	0.0955	0.1246	0.1346	0.1176
	k_4	-0.1032	-0.1386	-0.1163	0.0468	0.0843	0.1052	0.1151	0.1088	***0.0950***	***0.1245***	0.1286	0.1110
	k_5	-0.0764	-0.1010	-0.0961	0.0486	0.0932	0.1168	0.1674	0.1598	0.0991	0.1270	0.1767	0.1622
	RR	-0.2645	-0.4535	-0.2720	0.0242	***0.0426***	***0.0467***	***0.0263***	***0.0246***	0.1125	0.2524	0.1003	***0.0252***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0446	0.0696	0.1094	0.1242	0.0446	0.0696	0.1094	0.1242
	k_1	-0.1443	-0.1648	-0.0352	-0.0292	***0.0346***	***0.0488***	***0.0528***	***0.0581***	0.0554	0.0760	***0.0540***	***0.0590***
	k_2	-0.0013	-0.0016	-0.0003	-0.0002	0.0445	0.0693	0.1086	0.1233	0.0445	0.0693	0.1086	0.1233
	k_3	-0.0750	-0.0869	-0.0178	-0.0129	0.0392	0.0581	0.0738	0.0826	0.0449	0.0656	0.0741	0.0827
	k_4	-0.0799	-0.0925	-0.0190	-0.0139	0.0389	0.0574	0.0720	0.0805	0.0453	0.0659	0.0723	0.0807
	k_5	-0.0633	-0.0735	-0.0150	-0.0106	0.0400	0.0598	0.0783	0.0878	***0.0441***	***0.0652***	0.0785	0.0879
	RR	-0.1606	-0.1943	0.0162	-0.0849	***0.0346***	***0.0488***	***0.0528***	***0.0581***	0.0604	0.0866	0.0531	0.0653

ตารางภาคผนวก 16 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0208	0.0249	0.0555	0.0474	0.0208	0.0249	0.0555	0.0474
	k_1	-0.0313	-0.0350	-0.0064	-0.0150	***0.0191***	***0.0222***	***0.0399***	***0.0347***	0.0201	0.0234	***0.0400***	***0.0349***
	k_2	-0.0001	-0.0001	***0.0000***	***0.0000***	0.0208	0.0249	0.0554	0.0474	0.0208	0.0249	0.0554	0.0474
	k_3	-0.0125	-0.0140	-0.0022	-0.0061	0.0201	0.0238	0.0484	0.0416	0.0203	0.0240	0.0484	0.0417
	k_4	-0.0190	-0.0213	-0.0036	-0.0092	0.0198	0.0232	0.0452	0.0390	0.0202	0.0237	0.0453	0.0391
	k_5	-0.0146	-0.0164	-0.0026	-0.0071	0.0200	0.0236	0.0474	0.0407	0.0202	0.0239	0.0474	0.0408
	RR	-0.0244	-0.0249	-0.0711	0.0421	***0.0191***	***0.0222***	***0.0399***	***0.0347***	***0.0197***	***0.0228***	0.0450	0.0364
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0103	0.0106	0.0255	0.0275	0.0103	0.0106	0.0255	0.0275
	k_1	-0.0101	-0.0083	-0.0029	-0.0049	0.0101	0.0104	0.0238	0.0257	***0.0102***	***0.0105***	0.0238	0.0257
	k_2	-0.0001	-0.0001	***0.0000***	***0.0000***	0.0103	0.0106	0.0255	0.0275	0.0103	0.0106	0.0255	0.0275
	k_3	-0.0161	-0.0132	-0.0046	-0.0079	***0.0100***	***0.0103***	***0.0228***	***0.0246***	0.0103	***0.0105***	***0.0229***	***0.0247***
	k_4	-0.0152	-0.0124	-0.0044	-0.0074	***0.0100***	***0.0103***	0.0230	0.0248	0.0103	***0.0105***	0.0230	0.0248
	k_5	-0.0109	-0.0089	-0.0031	-0.0053	0.0101	0.0104	0.0237	0.0255	***0.0102***	***0.0105***	0.0237	0.0256
	RR	-0.0099	-0.0082	0.0012	-0.0098	0.0101	0.0104	0.0238	0.0257	***0.0102***	***0.0105***	0.0238	0.0258

ตารางภาคผนวก 17 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.5298	0.2171	2.4494	1.0323	0.5298	0.2171	2.4494	1.0323
	k_1	-0.7899	-0.5377	-0.5869	-0.2831	***0.0312***	***0.0363***	***0.0154***	***0.0270***	0.6552	0.3254	0.3598	0.1071
	k_2	-0.0374	-0.0082	-0.0698	0.0344	0.4529	0.2124	1.7741	0.7675	0.4543	0.2125	1.7790	0.7687
	k_3	-0.4355	-0.2048	-0.4143	0.0369	0.1411	0.1249	0.0855	0.0832	0.3308	0.1669	***0.2571***	***0.0846***
	k_4	-0.1411	-0.0407	-0.2192	0.0924	0.3143	0.1953	0.7079	0.3465	0.3342	0.1969	0.7560	0.3550
	k_5	-0.2288	-0.0795	-0.3016	0.1025	0.2453	0.1766	0.3404	0.1976	***0.2977***	0.1829	0.4314	0.2081
	RR	-0.6381	-0.3353	-1.3561	0.2296	***0.0312***	***0.0363***	***0.0154***	***0.0270***	0.4384	***0.1488***	1.8543	0.0797
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1290	0.1144	0.3674	0.4501	0.1290	0.1144	0.3674	0.4501
	k_1	-0.1788	-0.1703	0.0076	-0.1346	0.0788	0.0783	0.0897	0.1035	0.1107	0.1073	***0.0897***	0.1216
	k_2	-0.0019	-0.0016	0.0009	-0.0020	0.1283	0.1140	0.3606	0.4416	0.1283	0.1140	0.3606	0.4416
	k_3	-0.2209	-0.2131	-0.0064	-0.1597	***0.0701***	***0.0704***	***0.0699***	***0.0789***	0.1189	0.1158	0.0700	***0.1044***
	k_4	-0.0315	-0.0278	0.0120	-0.0305	0.1174	0.1080	0.2728	0.3320	0.1184	0.1088	0.2730	0.3329
	k_5	-0.0716	-0.0650	0.0193	-0.0635	0.1050	0.0998	0.1929	0.2322	***0.1101***	***0.1040***	0.1933	0.2363
	RR	-0.2720	-0.1723	0.1770	-0.3171	0.0788	0.0783	0.0897	0.1035	0.1528	0.1080	0.1210	0.2040

ตารางภาคผนวก 17 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0604	0.0825	0.1757	0.1903	0.0604	0.0825	0.1757	0.1903
	k_1	-0.0546	-0.0611	-0.0348	-0.0151	***0.0532***	***0.0684***	***0.1021***	***0.1086***	***0.0562***	0.0721	***0.1033***	***0.1088***
	k_2	-0.0006	-0.0007	-0.0004	-0.0001	0.0603	0.0824	0.1746	0.1890	0.0603	0.0824	0.1746	0.1890
	k_3	-0.0428	-0.0482	-0.0276	-0.0111	0.0547	0.0712	0.1135	0.1212	0.0566	0.0735	0.1143	0.1213
	k_4	-0.0122	-0.0139	-0.0082	-0.0025	0.0587	0.0790	0.1537	0.1658	0.0589	0.0792	0.1538	0.1658
	k_5	-0.0286	-0.0324	-0.0188	-0.0068	0.0566	0.0747	0.1300	0.1395	0.0574	0.0757	0.1304	0.1395
	RR	-0.0677	-0.0399	0.0371	-0.0928	***0.0532***	***0.0684***	***0.1021***	***0.1086***	0.0578	***0.0700***	0.1035	0.1172
100	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0316	0.0271	0.0807	0.0935	0.0316	0.0271	0.0807	0.0935
	k_1	-0.0266	-0.0166	-0.0020	-0.0201	***0.0299***	***0.0260***	***0.0662***	***0.0761***	***0.0307***	0.0263	***0.0662***	***0.0765***
	k_2	-0.0001	-0.0001	***0.0000***	-0.0001	0.0316	0.0271	0.0806	0.0934	0.0316	0.0271	0.0806	0.0934
	k_3	-0.0214	-0.0133	-0.0014	-0.0163	0.0303	0.0262	0.0687	0.0792	***0.0307***	0.0264	0.0687	0.0795
	k_4	-0.0086	-0.0053	-0.0004	-0.0067	0.0311	0.0268	0.0755	0.0874	0.0311	0.0268	0.0755	0.0874
	k_5	-0.0184	-0.0114	-0.0012	-0.0140	0.0304	0.0263	0.0703	0.0810	0.0308	0.0265	0.0703	0.0812
	RR	-0.0272	-0.0114	-0.0040	-0.0207	***0.0299***	***0.0260***	***0.0662***	***0.0761***	***0.0307***	***0.0261***	***0.0662***	0.0766

ตารางภาคผนวก 18 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.6661	0.5575	2.2955	2.3962	0.6661	0.5575	2.2955	2.3962
	k_1	-0.6986	-0.4445	-0.4679	-0.5199	***0.1081***	***0.1148***	***0.0751***	***0.0746***	0.5962	0.3123	0.2940	0.3449
	k_2	-0.0583	-0.0231	-0.0282	-0.0411	0.5928	0.5002	1.4286	1.5043	0.5962	0.5007	1.4294	1.5060
	k_3	-0.6911	-0.4366	-0.4606	-0.5129	0.1119	0.1185	0.0777	0.0773	0.5895	***0.3091***	0.2898	0.3404
	k_4	-0.0994	-0.0404	-0.0494	-0.0694	0.5474	0.4668	1.0717	1.1352	0.5572	0.4684	1.0742	1.1400
	k_5	-0.2492	-0.1115	-0.1338	-0.1718	0.4060	0.3651	0.4637	0.4983	0.4681	0.3775	0.4816	0.5279
	RR	-0.5888	-0.7373	-0.4169	0.0514	***0.1081***	***0.1148***	***0.0751***	***0.0746***	***0.4548***	0.6584	***0.2490***	***0.0772***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.2088	0.1188	0.9451	0.8835	0.2088	0.1188	0.9451	0.8835
	k_1	-0.1494	-0.0700	-0.0710	-0.1113	0.1502	0.0979	0.2581	0.2477	0.1725	***0.1028***	0.2631	0.2601
	k_2	-0.0090	-0.0040	-0.0026	-0.0077	0.2039	0.1176	0.8520	0.7976	0.2040	0.1176	0.8520	0.7976
	k_3	-0.2592	-0.1268	-0.1423	-0.1866	***0.1190***	***0.0832***	***0.1386***	***0.1358***	0.1861	0.0993	***0.1589***	***0.1706***
	k_4	-0.0272	-0.0121	-0.0089	-0.0225	0.1950	0.1150	0.7002	0.6573	0.1958	0.1151	0.7002	0.6578
	k_5	-0.0982	-0.0451	-0.0419	-0.0755	0.1669	0.1050	0.3712	0.3529	0.1766	0.1070	0.3730	0.3587
	RR	-0.1368	-0.0843	-0.2591	0.1361	0.1502	0.0979	0.2581	0.2477	***0.1689***	0.1050	0.3252	0.2663

ตารางภาคผนวก 18 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ต่ำ, ต่ำ, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1057	0.1181	0.2929	0.3323	0.1057	0.1181	0.2929	0.3323
	k_1	-0.6035	-0.5742	-0.3254	-0.4679	***0.0167***	***0.0162***	***0.0123***	***0.0115***	0.3809	0.3459	0.1181	0.2304
	k_2	-0.0010	-0.0010	0.0005	-0.0012	0.1054	0.1178	0.2903	0.3294	0.1054	0.1178	0.2903	0.3294
	k_3	-0.1645	-0.1580	0.0038	-0.1485	0.0730	0.0777	0.0880	0.0971	0.1000	***0.1026***	***0.0880***	***0.1191***
	k_4	-0.0123	-0.0120	0.0052	-0.0147	0.1028	0.1144	0.2628	0.2978	0.1030	0.1146	0.2628	0.2980
	k_5	-0.0479	-0.0467	0.0147	-0.0527	0.0950	0.1045	0.1955	0.2206	***0.0973***	0.1067	0.1957	0.2233
	RR	-0.5736	-0.8409	-0.5874	-0.1320	***0.0167***	***0.0162***	***0.0123***	***0.0115***	0.3457	0.7234	0.3573	0.0290
100	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0505	0.0539	0.1361	0.1423	0.0505	0.0539	0.1361	0.1423
	k_1	-0.2533	-0.2156	-0.1034	-0.1281	***0.0282***	***0.0286***	***0.0267***	***0.0274***	0.0923	0.0751	***0.0373***	0.0438
	k_2	-0.0002	-0.0002	-0.0001	-0.0001	0.0505	0.0539	0.1358	0.1420	0.0505	0.0539	0.1358	0.1420
	k_3	-0.0601	-0.0509	-0.0178	-0.0283	0.0446	0.0470	0.0835	0.0870	***0.0482***	***0.0495***	0.0838	0.0878
	k_4	-0.0056	-0.0048	-0.0014	-0.0027	0.0500	0.0532	0.1295	0.1353	0.0500	0.0533	0.1295	0.1353
	k_5	-0.0202	-0.0171	-0.0054	-0.0096	0.0485	0.0515	0.1142	0.1193	0.0489	0.0518	0.1143	0.1194
	RR	-0.2082	-0.2462	-0.2386	0.0281	***0.0282***	***0.0286***	***0.0267***	***0.0274***	0.0715	0.0892	0.0836	***0.0282***

ตารางภาคผนวก 19 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1052	0.1553	0.0963	0.1175	0.1052	0.1553	0.0963	0.1175
	k_1	-0.1073	-0.0542	-0.0547	-0.0899	0.0770	0.0921	0.0677	0.0793	***0.0885***	0.0950	0.0707	0.0874
	k_2	-0.0031	-0.0014	-0.0015	-0.0026	0.1043	0.1528	0.0953	0.1161	0.1043	0.1528	0.0953	0.1161
	k_3	-0.2503	-0.1485	-0.1441	-0.2144	***0.0481***	***0.0476***	***0.0424***	***0.0469***	0.1108	***0.0697***	***0.0632***	0.0929
	k_4	-0.0929	-0.0461	-0.0468	-0.0777	0.0804	0.0986	0.0709	0.0836	0.0891	0.1007	0.0731	0.0896
	k_5	-0.0590	-0.0279	-0.0289	-0.0491	0.0890	0.1160	0.0792	0.0946	0.0924	0.1168	0.0800	0.0970
	RR	-0.1290	-0.0450	-0.0451	-0.0597	0.0770	0.0921	0.0677	0.0793	0.0936	0.0941	0.0697	***0.0829***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0375	0.0841	0.0494	0.0421	0.0375	0.0841	0.0494	0.0421
	k_1	-0.1816	-0.1952	-0.0711	-0.1039	***0.0209***	***0.0253***	***0.0210***	***0.0212***	0.0538	0.0634	***0.0261***	***0.0320***
	k_2	-0.0004	-0.0005	***0.0000***	-0.0001	0.0375	0.0838	0.0493	0.0420	0.0375	0.0838	0.0493	0.0420
	k_3	-0.0364	-0.0443	-0.0064	-0.0153	0.0335	0.0648	0.0409	0.0366	***0.0348***	0.0667	0.0410	0.0369
	k_4	-0.0348	-0.0425	-0.0060	-0.0146	0.0336	0.0655	0.0413	0.0368	***0.0348***	0.0673	0.0413	0.0371
	k_5	-0.0255	-0.0314	-0.0040	-0.0104	0.0346	0.0700	0.0433	0.0382	0.0353	0.0709	0.0433	0.0383
	RR	-0.1706	-0.1618	-0.0797	-0.1412	***0.0209***	***0.0253***	***0.0210***	***0.0212***	0.0500	***0.0515***	0.0274	0.0412

ตารางภาคผนวก 19 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0209	0.0326	0.0227	0.0422	0.0209	0.0326	0.0227	0.0422
	k_1	-0.0252	0.0034	-0.0146	-0.0339	0.0198	0.0292	0.0211	0.0377	***0.0205***	0.0292	0.0213	0.0388
	k_2	-0.0002	0.0000	-0.0001	-0.0002	0.0209	0.0326	0.0227	0.0422	0.0209	0.0326	0.0227	0.0422
	k_3	-0.0139	0.0021	-0.0081	-0.0190	0.0203	0.0307	0.0218	0.0397	***0.0205***	0.0307	0.0219	0.0400
	k_4	-0.0272	0.0036	-0.0158	-0.0366	***0.0197***	***0.0290***	***0.0210***	***0.0374***	***0.0205***	***0.0290***	***0.0212***	0.0387
	k_5	-0.0193	0.0028	-0.0112	-0.0261	0.0201	0.0300	0.0215	0.0387	***0.0205***	0.0300	0.0216	0.0394
	RR	-0.0225	-0.0060	-0.0111	-0.0211	0.0198	0.0292	0.0211	0.0377	0.0203	0.0293	***0.0212***	***0.0381***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0101	0.0180	0.0128	0.0140	0.0101	0.0180	0.0128	0.0140
	k_1	-0.0130	-0.0055	-0.0067	-0.0117	***0.0099***	***0.0169***	***0.0123***	***0.0134***	***0.0100***	***0.0170***	***0.0123***	***0.0135***
	k_2	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0101	0.0180	0.0128	0.0140	0.0101	0.0180	0.0128	0.0140
	k_3	-0.0071	-0.0030	-0.0037	-0.0064	0.0100	0.0174	0.0125	0.0136	***0.0100***	0.0174	0.0126	0.0137
	k_4	-0.0130	-0.0055	-0.0067	-0.0117	***0.0099***	***0.0169***	***0.0123***	***0.0134***	***0.0100***	***0.0170***	***0.0123***	***0.0135***
	k_5	-0.0083	-0.0035	-0.0043	-0.0075	0.0100	0.0173	0.0125	0.0136	***0.0100***	0.0173	0.0125	0.0137
	RR	-0.0149	-0.0084	-0.0039	-0.0120	***0.0099***	***0.0169***	***0.0123***	***0.0134***	0.0101	***0.0170***	***0.0123***	***0.0135***

ตารางภาคผนวก 20 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.6300	0.4916	0.5498	0.4996	0.6300	0.4916	0.5498	0.4996
	k_1	-0.4643	-0.0029	-0.3771	-0.3253	***0.1545***	***0.1482***	***0.1691***	***0.1663***	0.3701	***0.1482***	0.3113	***0.2722***
	k_2	-0.0535	0.0180	-0.0413	-0.0348	0.5504	0.4368	0.4954	0.4541	0.5533	0.4371	0.4971	0.4553
	k_3	-0.3956	0.0286	-0.3176	-0.2717	0.1977	0.1827	0.2126	0.2067	0.3541	0.1835	0.3135	0.2806
	k_4	-0.1752	0.0460	-0.1368	-0.1154	0.3954	0.3284	0.3822	0.3576	0.4261	0.3305	0.4009	0.3709
	k_5	-0.2660	0.0516	-0.2098	-0.1777	0.3018	0.2611	0.3068	0.2916	0.3726	0.2638	0.3509	0.3232
	RR	-0.4480	0.0588	-0.1372	-0.6075	***0.1545***	***0.1482***	***0.1691***	***0.1663***	***0.3553***	0.1517	***0.1879***	0.5354
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1081	0.1812	0.1935	0.1767	0.1081	0.1812	0.1935	0.1767
	k_1	-0.2809	-0.0450	-0.2303	-0.2426	***0.0634***	***0.0602***	***0.0710***	***0.0684***	0.1423	0.0622	***0.1241***	***0.1273***
	k_2	-0.0030	0.0005	-0.0030	-0.0031	0.1076	0.1787	0.1911	0.1747	0.1076	0.1787	0.1912	0.1747
	k_3	-0.1177	0.0005	-0.1063	-0.1123	0.0880	0.1091	0.1234	0.1156	0.1019	0.1091	0.1347	0.1282
	k_4	-0.0316	0.0037	-0.0309	-0.0325	0.1025	0.1567	0.1703	0.1567	0.1035	0.1567	0.1713	0.1577
	k_5	-0.0691	0.0045	-0.0650	-0.0686	0.0961	0.1332	0.1474	0.1367	***0.1008***	0.1332	0.1517	0.1414
	RR	-0.2579	-0.0030	-0.2817	-0.2822	***0.0634***	***0.0602***	***0.0710***	***0.0684***	0.1299	***0.0602***	0.1504	0.1480

ตารางภาคผนวก 20 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0677	0.1175	0.0629	0.0702	0.0677	0.1175	0.0629	0.0702
	k_1	-0.0666	-0.0420	-0.0344	-0.0228	0.0595	0.0916	0.0543	0.0590	0.0640	0.0934	0.0555	0.0596
	k_2	-0.0012	-0.0008	-0.0006	-0.0004	0.0675	0.1170	0.0628	0.0699	0.0675	0.1170	0.0628	0.0699
	k_3	-0.1072	-0.0673	-0.0567	-0.0386	***0.0549***	***0.0789***	***0.0497***	***0.0533***	0.0664	***0.0834***	***0.0529***	***0.0548***
	k_4	-0.0200	-0.0127	-0.0100	-0.0064	0.0652	0.1090	0.0602	0.0666	0.0656	0.1092	0.0603	0.0666
	k_5	-0.0409	-0.0259	-0.0208	-0.0135	0.0626	0.1008	0.0575	0.0631	0.0643	0.1015	0.0579	0.0632
	RR	-0.0546	-0.0296	-0.0388	-0.0259	0.0595	0.0916	0.0543	0.0590	***0.0625***	0.0925	0.0558	0.0597
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0301	0.0565	0.0419	0.0340	0.0301	0.0565	0.0419	0.0340
	k_1	-0.0723	-0.0272	-0.0535	-0.0553	***0.0258***	***0.0395***	***0.0317***	***0.0273***	0.0310	***0.0402***	0.0345	***0.0303***
	k_2	-0.0001	0.0000	-0.0001	-0.0001	0.0301	0.0565	0.0419	0.0340	0.0301	0.0565	0.0419	0.0340
	k_3	-0.0285	-0.0096	-0.0212	-0.0219	0.0284	0.0489	0.0374	0.0311	***0.0292***	0.0490	0.0379	0.0316
	k_4	-0.0073	-0.0023	-0.0055	-0.0056	0.0297	0.0544	0.0407	0.0333	0.0297	0.0544	0.0407	0.0333
	k_5	-0.0139	-0.0045	-0.0104	-0.0107	0.0293	0.0526	0.0396	0.0326	0.0295	0.0527	0.0397	0.0327
	RR	-0.0764	-0.0323	-0.0501	-0.0614	***0.0258***	***0.0395***	***0.0317***	***0.0273***	0.0316	0.0405	***0.0342***	0.0310

ตารางภาคผนวก 21 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.6426	1.8681	0.7465	0.9468	0.6426	1.8681	0.7465	0.9468
	k_1	-0.9304	-0.9271	-0.9121	-0.9001	***0.0024***	***0.0012***	***0.0024***	***0.0019***	0.8681	0.8608	0.8344	0.8120
	k_2	-0.0657	-0.0835	-0.0369	-0.0162	0.5309	1.1638	0.5749	0.7031	0.5352	1.1708	0.5762	0.7034
	k_3	-0.3685	-0.3866	-0.2880	-0.2228	0.2058	0.1890	0.1994	0.2083	0.3416	0.3385	***0.2824***	0.2579
	k_4	-0.0658	-0.0836	-0.0369	-0.0163	0.5307	1.1630	0.5746	0.7028	0.5351	1.1700	0.5760	0.7031
	k_5	-0.1709	-0.1980	-0.1126	-0.0676	0.3890	0.5861	0.3940	0.4554	0.4182	0.6253	0.4067	0.4599
	RR	-0.1714	-0.2586	-0.9380	-0.2262	***0.0024***	***0.0012***	***0.0024***	***0.0019***	***0.0318***	***0.0681***	0.8823	***0.0531***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1958	0.3980	0.2476	0.2819	0.1958	0.3980	0.2476	0.2819
	k_1	-0.2288	-0.1130	-0.2285	-0.2731	***0.0823***	***0.0820***	***0.0825***	***0.0884***	***0.1347***	***0.0948***	0.1348	0.1630
	k_2	-0.0015	0.0001	-0.0017	-0.0021	0.1946	0.3930	0.2455	0.2795	0.1946	0.3930	0.2455	0.2795
	k_3	-0.0952	-0.0207	-0.0984	-0.1213	0.1371	0.1916	0.1518	0.1705	0.1462	0.1920	0.1615	0.1852
	k_4	-0.0145	0.0004	-0.0156	-0.0193	0.1854	0.3536	0.2288	0.2604	0.1856	0.3536	0.2290	0.2607
	k_5	-0.0480	-0.0039	-0.0507	-0.0628	0.1636	0.2713	0.1918	0.2176	0.1659	0.2714	0.1944	0.2215
	RR	0.2318	-0.9303	0.1327	0.0044	***0.0823***	***0.0820***	***0.0825***	***0.0884***	0.1360	0.9474	***0.1002***	***0.0884***

ตารางภาคผนวก 21 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1082	0.2306	0.1180	0.1374	0.1082	0.2306	0.1180	0.1374
	k_1	-0.1649	-0.1176	-0.0845	-0.1434	***0.0653***	***0.0830***	***0.0638***	***0.0702***	0.0925	0.0968	0.0710	***0.0908***
	k_2	-0.0019	-0.0012	-0.0008	-0.0016	0.1076	0.2276	0.1171	0.1363	0.1076	0.2276	0.1171	0.1363
	k_3	-0.1069	-0.0736	-0.0509	-0.0926	0.0783	0.1163	0.0788	0.0883	***0.0898***	0.1217	0.0814	0.0969
	k_4	-0.0093	-0.0060	-0.0039	-0.0080	0.1053	0.2164	0.1137	0.1320	0.1053	0.2164	0.1137	0.1320
	k_5	-0.0304	-0.0199	-0.0131	-0.0263	0.0988	0.1879	0.1048	0.1206	0.0997	0.1883	0.1050	0.1213
	RR	-0.2231	-0.0654	0.0219	-0.1472	***0.0653***	***0.0830***	***0.0638***	***0.0702***	0.1151	***0.0873***	***0.0643***	0.0919
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0512	0.1036	0.0636	0.0716	0.0512	0.1036	0.0636	0.0716
	k_1	-0.0991	-0.0489	-0.0691	-0.0518	***0.0424***	***0.0659***	***0.0479***	***0.0510***	0.0523	***0.0683***	0.0527	0.0537
	k_2	-0.0003	-0.0001	-0.0002	-0.0002	0.0512	0.1035	0.0635	0.0715	0.0512	0.1035	0.0635	0.0715
	k_3	-0.0484	-0.0231	-0.0336	-0.0247	0.0468	0.0827	0.0552	0.0604	***0.0492***	0.0832	0.0564	0.0610
	k_4	-0.0068	-0.0031	-0.0047	-0.0034	0.0506	0.1003	0.0623	0.0699	0.0507	0.1003	0.0623	0.0699
	k_5	-0.0213	-0.0100	-0.0147	-0.0108	0.0493	0.0937	0.0597	0.0664	0.0497	0.0938	0.0599	0.0665
	RR	-0.0941	-0.1371	-0.0509	0.0455	***0.0424***	***0.0659***	***0.0479***	***0.0510***	0.0513	0.0847	***0.0505***	***0.0531***

ตารางภาคผนวก 22 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1084	0.0969	0.1143	0.2694	0.1084	0.0969	0.1143	0.2694
	k_1	-0.1731	0.0201	-0.1062	-0.2177	0.0692	0.0545	0.0689	0.0984	0.0991	0.0549	0.0802	0.1458
	k_2	-0.0069	0.0024	-0.0036	-0.0105	0.1067	0.0945	0.1122	0.2586	0.1068	0.0945	0.1122	0.2587
	k_3	-0.1782	0.0195	-0.1098	-0.2231	***0.0681***	***0.0536***	***0.0678***	***0.0955***	0.0999	***0.0540***	0.0798	***0.1453***
	k_4	-0.1210	0.0225	-0.0709	-0.1607	0.0801	0.0644	0.0809	0.1326	0.0947	0.0649	0.0860	0.1585
	k_5	-0.0695	0.0178	-0.0387	-0.0980	0.0916	0.0763	0.0942	0.1788	0.0965	0.0766	0.0957	0.1884
	RR	-0.1341	0.0598	-0.0638	-0.3300	0.0692	0.0545	0.0689	0.0984	***0.0872***	0.0581	***0.0730***	0.2073
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0345	0.0645	0.0530	0.0468	0.0345	0.0645	0.0530	0.0468
	k_1	-0.0501	-0.0308	-0.0176	-0.0205	***0.0310***	***0.0514***	***0.0440***	***0.0392***	0.0336	***0.0523***	0.0443	***0.0396***
	k_2	-0.0007	-0.0004	-0.0002	-0.0003	0.0345	0.0643	0.0528	0.0467	0.0345	0.0643	0.0528	0.0467
	k_3	-0.0339	-0.0209	-0.0116	-0.0137	0.0321	0.0553	0.0467	0.0415	***0.0333***	0.0557	0.0468	0.0417
	k_4	-0.0455	-0.0280	-0.0159	-0.0186	0.0313	0.0524	0.0447	0.0398	0.0334	0.0532	0.0450	0.0401
	k_5	-0.0277	-0.0171	-0.0094	-0.0111	0.0326	0.0569	0.0478	0.0424	***0.0333***	0.0571	0.0479	0.0425
	RR	-0.0486	-0.0378	-0.0018	-0.0256	***0.0310***	***0.0514***	***0.0440***	***0.0392***	0.0334	0.0528	***0.0440***	0.0398

ตารางภาคผนวก 22 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0206	0.0319	0.0218	0.0277	0.0206	0.0319	0.0218	0.0277
	k_1	-0.0084	-0.0044	-0.0035	-0.0030	0.0202	0.0310	0.0214	0.0270	0.0203	0.0310	0.0214	0.0271
	k_2	-0.0001	-0.0001	-0.0001	***0.0000***	0.0206	0.0319	0.0218	0.0277	0.0206	0.0319	0.0218	0.0277
	k_3	-0.0095	-0.0050	-0.0039	-0.0034	0.0202	0.0309	0.0214	0.0270	0.0203	0.0309	0.0214	0.0270
	k_4	-0.0301	-0.0158	-0.0125	-0.0110	***0.0194***	***0.0288***	***0.0203***	***0.0254***	0.0204	0.0291	***0.0205***	***0.0255***
	k_5	-0.0183	-0.0096	-0.0076	-0.0066	0.0199	0.0300	0.0209	0.0263	***0.0202***	***0.0301***	0.0210	0.0263
	RR	-0.0094	-0.0051	-0.0040	-0.0014	0.0202	0.0310	0.0214	0.0270	0.0203	0.0310	0.0214	0.0270
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0104	0.0147	0.0122	0.0139	0.0104	0.0147	0.0122	0.0139
	k_1	-0.0201	-0.0026	-0.0090	-0.0142	***0.0099***	***0.0135***	***0.0114***	***0.0130***	0.0103	***0.0135***	0.0115	***0.0132***
	k_2	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0104	0.0147	0.0122	0.0139	0.0104	0.0147	0.0122	0.0139
	k_3	-0.0079	-0.0009	-0.0035	-0.0056	0.0102	0.0142	0.0119	0.0136	0.0103	0.0142	0.0119	0.0136
	k_4	-0.0126	-0.0016	-0.0056	-0.0089	0.0101	0.0140	0.0117	0.0133	***0.0102***	0.0140	0.0117	0.0134
	k_5	-0.0073	-0.0009	-0.0033	-0.0052	0.0102	0.0143	0.0119	0.0136	0.0103	0.0143	0.0119	0.0136
	RR	-0.0183	-0.0073	-0.0050	-0.0147	***0.0099***	***0.0135***	***0.0114***	***0.0130***	***0.0102***	0.0136	***0.0114***	***0.0132***

ตารางภาคผนวก 23 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.3739	0.3016	0.6998	0.9347	0.3739	0.3016	0.6998	0.9347
	k_1	-0.4926	-0.2839	-0.4739	-0.4672	***0.0403***	***0.0400***	***0.0305***	***0.0263***	0.2830	0.1206	0.2551	0.2446
	k_2	-0.0096	0.0002	-0.0120	-0.0115	0.3541	0.2855	0.6373	0.8282	0.3542	0.2855	0.6375	0.8283
	k_3	-0.2119	-0.0610	-0.2187	-0.2109	0.1431	0.1177	0.1497	0.1433	0.1880	0.1214	***0.1975***	***0.1878***
	k_4	-0.0442	-0.0022	-0.0526	-0.0504	0.2962	0.2380	0.4696	0.5609	0.2981	0.2380	0.4724	0.5634
	k_5	-0.0769	-0.0081	-0.0880	-0.0842	0.2541	0.2039	0.3636	0.4079	0.2600	0.2040	0.3714	0.4150
	RR	0.2644	-0.0964	-0.5061	-1.1787	***0.0403***	***0.0400***	***0.0305***	***0.0263***	***0.1102***	***0.0493***	0.2866	1.4157
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1053	0.0977	0.1441	0.2916	0.1053	0.0977	0.1441	0.2916
	k_1	-0.3020	-0.0705	-0.1852	-0.3679	***0.0406***	***0.0336***	***0.0389***	***0.0382***	0.1318	0.0386	0.0732	0.1736
	k_2	-0.0015	0.0003	-0.0005	-0.0028	0.1049	0.0971	0.1431	0.2882	0.1049	0.0971	0.1431	0.2882
	k_3	-0.1101	0.0012	-0.0516	-0.1691	0.0772	0.0652	0.0887	0.1298	0.0894	0.0652	0.0913	***0.1584***
	k_4	-0.0206	0.0031	-0.0076	-0.0373	0.0997	0.0903	0.1312	0.2482	0.1001	0.0903	0.1313	0.2496
	k_5	-0.0360	0.0045	-0.0139	-0.0631	0.0956	0.0852	0.1225	0.2207	0.0969	0.0852	0.1227	0.2247
	RR	-0.2022	-0.0575	-0.0655	-0.4767	***0.0406***	***0.0336***	***0.0389***	***0.0382***	***0.0815***	***0.0369***	***0.0432***	0.2654

ตารางภาคผนวก 23 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0663	0.0921	0.0739	0.0885	0.0663	0.0921	0.0739	0.0885
	k_1	-0.4512	-0.3290	-0.3166	-0.2495	***0.0152***	***0.0140***	***0.0140***	***0.0137***	0.2187	0.1222	0.1143	0.0759
	k_2	-0.0006	-0.0003	-0.0003	-0.0001	0.0662	0.0919	0.0737	0.0883	0.0662	0.0919	0.0737	0.0883
	k_3	-0.0975	-0.0604	-0.0602	-0.0253	0.0506	0.0629	0.0526	0.0598	0.0601	***0.0666***	0.0563	***0.0605***
	k_4	-0.0143	-0.0086	-0.0087	-0.0026	0.0638	0.0872	0.0703	0.0836	0.0640	0.0872	0.0704	0.0836
	k_5	-0.0254	-0.0153	-0.0155	-0.0049	0.0619	0.0835	0.0677	0.0799	0.0626	0.0837	0.0679	0.0800
	RR	-0.1660	-0.5313	-0.1645	-0.3049	***0.0152***	***0.0140***	***0.0140***	***0.0137***	***0.0428***	0.2963	***0.0411***	0.1067
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0307	0.0468	0.0438	0.0516	0.0307	0.0468	0.0438	0.0516
	k_1	-0.0571	-0.0361	-0.0254	-0.0384	***0.0266***	***0.0368***	***0.0341***	***0.0395***	0.0299	***0.0381***	0.0348	***0.0410***
	k_2	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0306	0.0468	0.0438	0.0516	0.0306	0.0468	0.0438	0.0516
	k_3	-0.0242	-0.0151	-0.0104	-0.0162	0.0289	0.0423	0.0394	0.0460	0.0295	0.0425	0.0395	0.0463
	k_4	-0.0067	-0.0042	-0.0028	-0.0045	0.0302	0.0455	0.0425	0.0500	0.0302	0.0455	0.0425	0.0500
	k_5	-0.0117	-0.0073	-0.0049	-0.0078	0.0298	0.0446	0.0416	0.0488	0.0299	0.0446	0.0416	0.0489
	RR	-0.0522	-0.0367	-0.0175	-0.0472	***0.0266***	***0.0368***	***0.0341***	***0.0395***	***0.0293***	***0.0381***	***0.0344***	0.0418

ตารางภาคผนวก 24 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.5382	0.5742	0.4975	0.8160	0.5382	0.5742	0.4975	0.8160
	k_1	-0.8126	-0.5520	-0.4996	-0.6524	***0.0286***	***0.0288***	***0.0305***	***0.0234***	0.6889	0.3335	0.2801	0.4490
	k_2	-0.0276	-0.0093	-0.0016	-0.0214	0.5113	0.5376	0.4697	0.7516	0.5121	0.5377	0.4697	0.7521
	k_3	-0.4783	-0.2244	-0.1480	-0.3478	0.1692	0.1518	0.1507	0.1605	***0.3980***	***0.2021***	0.1726	0.2814
	k_4	-0.0754	-0.0262	-0.0060	-0.0578	0.4664	0.4785	0.4240	0.6504	0.4721	0.4792	0.4241	0.6537
	k_5	-0.1762	-0.0657	-0.0232	-0.1319	0.3786	0.3705	0.3382	0.4742	0.4097	0.3748	0.3388	0.4916
	RR	-0.6463	-1.3383	-0.0806	-0.0021	***0.0286***	***0.0288***	***0.0305***	***0.0234***	0.4463	1.8199	***0.0370***	***0.0234***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.2115	0.2134	0.3278	0.2950	0.2115	0.2134	0.3278	0.2950
	k_1	-0.1466	0.0174	-0.1692	-0.1123	0.1281	0.1161	0.1608	0.1506	0.1496	0.1164	***0.1894***	***0.1633***
	k_2	-0.0022	0.0007	-0.0026	-0.0015	0.2100	0.2116	0.3245	0.2923	0.2100	0.2116	0.3246	0.2923
	k_3	-0.4284	-0.1522	-0.4637	-0.3736	***0.0373***	***0.0335***	***0.0337***	***0.0340***	0.2208	***0.0567***	0.2487	0.1736
	k_4	-0.0191	0.0061	-0.0227	-0.0137	0.1991	0.1977	0.3002	0.2716	0.1994	0.1978	0.3007	0.2718
	k_5	-0.0542	0.0144	-0.0640	-0.0395	0.1775	0.1714	0.2543	0.2325	0.1804	0.1716	0.2584	0.2340
	RR	-0.0689	-0.1309	-0.2973	0.1853	0.1281	0.1161	0.1608	0.1506	***0.1329***	0.1332	0.2491	0.1850

ตารางภาคผนวก 24 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1031	0.1481	0.1884	0.1651	0.1031	0.1481	0.1884	0.1651
	k_1	-0.1563	-0.0745	-0.0761	-0.1061	***0.0765***	***0.0913***	***0.1043***	***0.0985***	0.1009	0.0969	***0.1101***	0.1097
	k_2	-0.0015	-0.0006	-0.0006	-0.0010	0.1028	0.1475	0.1874	0.1643	0.1028	0.1475	0.1874	0.1643
	k_3	-0.0915	-0.0419	-0.0424	-0.0622	0.0870	0.1117	0.1329	0.1220	0.0954	0.1134	0.1347	0.1259
	k_4	-0.0142	-0.0062	-0.0062	-0.0097	0.1005	0.1418	0.1784	0.1575	0.1007	0.1418	0.1784	0.1576
	k_5	-0.0425	-0.0188	-0.0189	-0.0289	0.0954	0.1299	0.1601	0.1435	0.0972	0.1303	0.1604	0.1443
	RR	-0.0731	-0.0646	-0.1282	-0.0174	***0.0765***	***0.0913***	***0.1043***	***0.0985***	***0.0818***	***0.0955***	0.1208	***0.0988***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0511	0.0722	0.0768	0.0814	0.0511	0.0722	0.0768	0.0814
	k_1	-0.1287	-0.0586	-0.0864	-0.0749	***0.0370***	***0.0431***	***0.0449***	***0.0463***	0.0535	0.0465	***0.0524***	***0.0520***
	k_2	-0.0002	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0511	0.0721	0.0767	0.0813	0.0511	0.0721	0.0767	0.0813
	k_3	-0.0465	-0.0190	-0.0307	-0.0257	0.0457	0.0598	0.0631	0.0663	***0.0478***	0.0602	0.0641	0.0669
	k_4	-0.0053	-0.0021	-0.0035	-0.0029	0.0504	0.0706	0.0751	0.0795	0.0505	0.0706	0.0751	0.0795
	k_5	-0.0154	-0.0060	-0.0102	-0.0084	0.0492	0.0678	0.0719	0.0760	0.0495	0.0679	0.0720	0.0761
	RR	-0.1402	-0.0222	-0.1298	-0.0959	***0.0370***	***0.0431***	***0.0449***	***0.0463***	0.0566	***0.0436***	0.0618	0.0555

ตารางภาคผนวก 25 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1261	0.1556	0.4188	0.4983	0.1261	0.1556	0.4188	0.4983
	k_1	-0.3132	-0.2631	-0.1839	-0.1630	***0.0443***	***0.0443***	***0.0375***	***0.0355***	0.1424	0.1136	0.0713	0.0621
	k_2	-0.0030	-0.0026	-0.0015	-0.0003	0.1246	0.1538	0.4024	0.4775	0.1246	0.1538	0.4024	0.4775
	k_3	-0.0843	-0.0714	-0.0416	-0.0213	0.0933	0.1115	0.1676	0.1839	0.1004	0.1166	0.1693	0.1843
	k_4	-0.1235	-0.1042	-0.0619	-0.0386	0.0822	0.0953	0.1211	0.1284	***0.0975***	***0.1062***	0.1249	0.1299
	k_5	-0.0736	-0.0623	-0.0363	-0.0173	0.0967	0.1163	0.1848	0.2048	0.1021	0.1202	0.1861	0.2051
	RR	-0.3581	-0.4653	-0.2754	0.0378	***0.0443***	***0.0443***	***0.0375***	***0.0355***	0.1725	0.2608	***0.1133***	***0.0370***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0371	0.0360	0.0889	0.0906	0.0371	0.0360	0.0889	0.0906
	k_1	-0.0317	-0.0157	0.0037	-0.0243	0.0341	0.0337	0.0703	0.0715	0.0351	0.0339	0.0703	0.0721
	k_2	-0.0004	-0.0002	0.0001	-0.0003	0.0370	0.0359	0.0886	0.0903	0.0370	0.0359	0.0886	0.0903
	k_3	-0.0233	-0.0115	0.0031	-0.0181	0.0349	0.0343	0.0747	0.0760	0.0354	0.0344	0.0747	0.0764
	k_4	-0.0491	-0.0246	0.0041	-0.0366	***0.0327***	***0.0324***	***0.0622***	***0.0632***	0.0351	***0.0330***	***0.0622***	***0.0645***
	k_5	-0.0304	-0.0150	0.0036	-0.0233	0.0342	0.0338	0.0710	0.0722	0.0352	0.0340	0.0710	0.0728
	RR	-0.0216	-0.0141	-0.0321	0.0102	0.0341	0.0337	0.0703	0.0715	***0.0346***	0.0339	0.0713	0.0716

ตารางภาคผนวก 25 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0220	0.0289	0.0639	0.0563	0.0220	0.0289	0.0639	0.0563
	k_1	-0.0194	-0.0139	-0.0080	-0.0005	0.0209	0.0267	0.0526	0.0467	***0.0212***	0.0269	0.0526	0.0467
	k_2	-0.0001	-0.0001	***0.0000***	***0.0000***	0.0220	0.0289	0.0639	0.0562	0.0220	0.0289	0.0639	0.0562
	k_3	-0.0111	-0.0080	-0.0046	-0.0001	0.0213	0.0276	0.0571	0.0505	0.0215	0.0277	0.0571	0.0505
	k_4	-0.0237	-0.0170	-0.0098	-0.0008	***0.0206***	***0.0262***	***0.0504***	***0.0449***	***0.0212***	***0.0265***	***0.0505***	***0.0449***
	k_5	-0.0140	-0.0101	-0.0058	-0.0002	0.0212	0.0273	0.0554	0.0491	0.0214	0.0274	0.0555	0.0491
	RR	-0.0259	-0.0139	-0.0302	0.0224	0.0209	0.0267	0.0526	0.0467	0.0215	0.0269	0.0535	0.0472
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0103	0.0140	0.0288	0.0310	0.0103	0.0140	0.0288	0.0310
	k_1	-0.0166	-0.0135	0.0012	-0.0106	***0.0099***	***0.0132***	***0.0242***	***0.0260***	***0.0102***	***0.0133***	***0.0242***	***0.0261***
	k_2	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0103	0.0140	0.0288	0.0310	0.0103	0.0140	0.0288	0.0310
	k_3	-0.0077	-0.0063	0.0007	-0.0050	0.0101	0.0136	0.0265	0.0286	***0.0102***	0.0136	0.0265	0.0286
	k_4	-0.0117	-0.0095	0.0010	-0.0076	0.0100	0.0134	0.0254	0.0274	***0.0102***	0.0135	0.0254	0.0274
	k_5	-0.0070	-0.0057	0.0007	-0.0046	0.0101	0.0136	0.0267	0.0288	***0.0102***	0.0137	0.0267	0.0288
	RR	-0.0179	-0.0124	0.0056	-0.0154	***0.0099***	***0.0132***	***0.0242***	***0.0260***	***0.0102***	***0.0133***	***0.0242***	0.0262

ตารางภาคผนวก 26 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.3018	0.3523	0.8069	0.6744	0.3018	0.3523	0.8069	0.6744
	k_1	-0.1516	-0.0910	-0.0306	-0.0356	***0.2176***	***0.2328***	***0.2781***	***0.2492***	***0.2406***	***0.2411***	***0.2790***	***0.2505***
	k_2	-0.0037	-0.0022	-0.0005	-0.0008	0.2996	0.3489	0.7827	0.6552	0.2996	0.3489	0.7827	0.6552
	k_3	-0.1091	-0.0653	-0.0199	-0.0249	0.2397	0.2623	0.3626	0.3184	0.2516	0.2666	0.3630	0.3190
	k_4	-0.0774	-0.0463	-0.0130	-0.0174	0.2569	0.2862	0.4484	0.3879	0.2629	0.2884	0.4486	0.3882
	k_5	-0.1200	-0.0718	-0.0225	-0.0276	0.2340	0.2546	0.3382	0.2985	0.2483	0.2597	0.3388	0.2993
	RR	-0.1816	0.0959	0.0480	-0.2471	***0.2176***	***0.2328***	***0.2781***	***0.2492***	0.2506	0.2420	0.2804	0.3103
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1307	0.1296	0.3040	0.3274	0.1307	0.1296	0.3040	0.3274
	k_1	-0.0881	-0.0635	-0.0239	-0.0112	***0.0911***	***0.0898***	***0.1201***	***0.1249***	***0.0988***	***0.0938***	***0.1207***	***0.1250***
	k_2	-0.0005	-0.0004	-0.0001	0.0000	0.1304	0.1293	0.3019	0.3251	0.1304	0.1293	0.3019	0.3251
	k_3	-0.0708	-0.0509	-0.0187	-0.0073	0.0978	0.0967	0.1412	0.1477	0.1028	0.0993	0.1415	0.1478
	k_4	-0.0200	-0.0143	-0.0050	-0.0005	0.1203	0.1195	0.2395	0.2559	0.1207	0.1197	0.2395	0.2559
	k_5	-0.0350	-0.0250	-0.0089	-0.0017	0.1131	0.1123	0.2027	0.2152	0.1144	0.1130	0.2028	0.2152
	RR	-0.1394	-0.0819	-0.0700	0.0693	***0.0911***	***0.0898***	***0.1201***	***0.1249***	0.1105	0.0965	0.1251	0.1297

ตารางภาคผนวก 26 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0776	0.1107	0.1918	0.1840	0.0776	0.1107	0.1918	0.1840
	k_1	-0.0960	-0.0237	-0.0570	-0.0525	***0.0532***	***0.0656***	***0.0759***	***0.0736***	***0.0624***	***0.0661***	***0.0792***	***0.0764***
	k_2	-0.0004	-0.0001	-0.0003	-0.0002	0.0774	0.1104	0.1909	0.1831	0.0774	0.1104	0.1909	0.1831
	k_3	-0.0479	-0.0088	-0.0280	-0.0254	0.0642	0.0851	0.1165	0.1123	0.0665	0.0851	0.1173	0.1130
	k_4	-0.0134	-0.0018	-0.0078	-0.0069	0.0735	0.1028	0.1655	0.1590	0.0737	0.1028	0.1656	0.1590
	k_5	-0.0232	-0.0035	-0.0135	-0.0121	0.0707	0.0974	0.1492	0.1434	0.0713	0.0974	0.1494	0.1436
	RR	-0.1034	-0.0352	-0.1845	0.0963	***0.0532***	***0.0656***	***0.0759***	***0.0736***	0.0639	0.0668	0.1100	0.0829
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0302	0.0385	0.0846	0.0828	0.0302	0.0385	0.0846	0.0828
	k_1	-0.0253	-0.0133	-0.0070	-0.0077	***0.0287***	***0.0358***	***0.0685***	***0.0670***	0.0293	***0.0359***	***0.0685***	***0.0670***
	k_2	-0.0001	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0302	0.0385	0.0845	0.0827	0.0302	0.0385	0.0845	0.0827
	k_3	-0.0187	-0.0098	-0.0051	-0.0057	0.0291	0.0365	0.0722	0.0707	0.0294	0.0366	0.0722	0.0707
	k_4	-0.0080	-0.0042	-0.0021	-0.0024	0.0297	0.0376	0.0790	0.0773	0.0298	0.0377	0.0790	0.0773
	k_5	-0.0140	-0.0073	-0.0038	-0.0042	0.0293	0.0370	0.0751	0.0735	0.0295	0.0370	0.0751	0.0735
	RR	-0.0226	-0.0225	-0.0281	0.0208	***0.0287***	***0.0358***	***0.0685***	***0.0670***	***0.0292***	0.0363	0.0692	0.0674

ตารางภาคผนวก 27 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.6397	1.6827	2.0587	1.2009	0.6397	1.6827	2.0587	1.2009
	k_1	-0.3555	-0.3532	-0.2368	-0.1032	0.1919	0.1798	0.1367	0.1431	***0.3183***	***0.3046***	***0.1928***	0.1537
	k_2	-0.0271	-0.0344	-0.0247	0.0041	0.5621	1.3209	1.4422	0.9010	0.5628	1.3221	1.4428	0.9011
	k_3	-0.6773	-0.6286	-0.4893	-0.3792	***0.0494***	***0.0289***	***0.0314***	***0.0415***	0.5081	0.4241	0.2709	0.1853
	k_4	-0.0524	-0.0647	-0.0450	0.0046	0.5062	1.0783	1.0808	0.7160	0.5089	1.0825	1.0828	0.7161
	k_5	-0.1373	-0.1563	-0.1032	-0.0084	0.3768	0.6025	0.5017	0.3924	0.3957	0.6270	0.5124	0.3924
	RR	-0.3915	0.7037	-0.8323	-0.0096	0.1919	0.1798	0.1367	0.1431	0.3452	0.6750	0.8295	***0.1432***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1887	0.2892	0.7155	0.6605	0.1887	0.2892	0.7155	0.6605
	k_1	-0.1712	-0.1193	-0.0857	-0.1079	***0.1166***	***0.1490***	***0.1571***	***0.1461***	0.1459	***0.1633***	***0.1645***	0.1578
	k_2	-0.0026	-0.0017	-0.0008	-0.0018	0.1870	0.2863	0.6928	0.6395	0.1870	0.2863	0.6928	0.6395
	k_3	-0.1066	-0.0728	-0.0477	-0.0676	0.1376	0.1910	0.2494	0.2302	0.1490	0.1963	0.2516	0.2348
	k_4	-0.0204	-0.0134	-0.0070	-0.0136	0.1758	0.2668	0.5610	0.5173	0.1762	0.2670	0.5610	0.5175
	k_5	-0.0616	-0.0414	-0.0246	-0.0398	0.1553	0.2272	0.3671	0.3382	0.1591	0.2289	0.3677	0.3398
	RR	-0.0976	-0.2264	-0.2370	0.0976	***0.1166***	***0.1490***	***0.1571***	***0.1461***	***0.1261***	0.2003	0.2133	***0.1557***

ตารางภาคผนวก 27 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(ปานกลาง, ปานกลาง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1044	0.1598	0.2217	0.2901	0.1044	0.1598	0.2217	0.2901
	k_1	-0.2420	-0.1913	-0.0436	-0.1594	***0.0506***	***0.0535***	***0.0429***	***0.0475***	0.1092	***0.0901***	0.0448	0.0729
	k_2	-0.0007	-0.0006	0.0002	-0.0006	0.1042	0.1593	0.2202	0.2880	0.1042	0.1593	0.2202	0.2880
	k_3	-0.0946	-0.0766	0.0034	-0.0683	0.0803	0.1042	0.1025	0.1265	0.0893	0.1101	0.1025	0.1312
	k_4	-0.0097	-0.0082	0.0022	-0.0082	0.1017	0.1529	0.2023	0.2632	0.1018	0.1530	0.2023	0.2633
	k_5	-0.0274	-0.0228	0.0049	-0.0221	0.0970	0.1411	0.1726	0.2223	0.0977	0.1416	0.1726	0.2228
	RR	-0.1821	-0.2604	-0.0060	-0.1100	***0.0506***	***0.0535***	***0.0429***	***0.0475***	***0.0838***	0.1213	***0.0430***	***0.0596***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0501	0.0618	0.1302	0.1373	0.0501	0.0618	0.1302	0.1373
	k_1	-0.0650	-0.0390	-0.0228	-0.0245	***0.0435***	***0.0510***	***0.0781***	***0.0817***	0.0478	***0.0525***	***0.0787***	***0.0823***
	k_2	-0.0002	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0501	0.0617	0.1300	0.1371	0.0501	0.0617	0.1300	0.1371
	k_3	-0.0339	-0.0202	-0.0115	-0.0125	0.0466	0.0559	0.0985	0.1034	0.0478	0.0563	0.0987	0.1036
	k_4	-0.0058	-0.0034	-0.0019	-0.0021	0.0495	0.0607	0.1239	0.1306	0.0495	0.0607	0.1239	0.1306
	k_5	-0.0168	-0.0100	-0.0056	-0.0061	0.0484	0.0588	0.1129	0.1188	0.0486	0.0589	0.1129	0.1189
	RR	-0.0516	-0.0435	-0.0872	0.0472	***0.0435***	***0.0510***	***0.0781***	***0.0817***	***0.0462***	0.0528	0.0857	0.0839

ตารางภาคผนวก 28 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1107	5.4638	1.6562	2.1986	0.1107	5.4638	1.6562	2.1986
	k_1	-0.0390	0.0341	-0.0585	-0.0492	0.0934	0.2417	0.1498	0.1571	0.0949	0.2428	0.1533	0.1596
	k_2	-0.0074	0.0268	-0.0228	-0.0224	0.1025	1.6972	0.5747	0.7299	0.1026	1.6980	0.5752	0.7304
	k_3	-0.1654	-0.0308	-0.1528	-0.1093	***0.0693***	***0.0311***	***0.0643***	***0.0561***	0.0966	***0.0321***	***0.0876***	***0.0681***
	k_4	-0.1128	0.0001	-0.1147	-0.0841	0.0787	0.0504	0.0794	0.0709	0.0914	0.0504	0.0925	0.0779
	k_5	-0.0764	0.0191	-0.0879	-0.0674	0.0857	0.0881	0.0976	0.0911	***0.0915***	0.0885	0.1053	0.0957
	RR	-0.0357	-0.0363	-0.0167	-0.0031	0.0934	0.2417	0.1498	0.1571	0.0946	0.2430	0.1501	0.1571
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0352	0.6014	0.2446	0.3313	0.0352	0.6014	0.2446	0.3313
	k_1	-0.1133	0.0637	-0.1043	-0.1789	***0.0261***	***0.0241***	***0.0238***	***0.0279***	0.0390	0.0282	0.0347	0.0599
	k_2	-0.0004	0.0022	-0.0015	-0.0021	0.0352	0.5835	0.2379	0.3221	0.0352	0.5836	0.2379	0.3221
	k_3	-0.0399	0.0753	-0.0671	-0.1013	0.0316	0.0950	0.0535	0.0683	***0.0332***	0.1007	0.0580	0.0785
	k_4	-0.0364	0.0738	-0.0643	-0.0963	0.0319	0.1054	0.0576	0.0738	***0.0332***	0.1108	0.0617	0.0831
	k_5	-0.0242	0.0648	-0.0523	-0.0756	0.0329	0.1605	0.0787	0.1029	0.0335	0.1647	0.0814	0.1086
	RR	-0.0991	-0.0525	-0.0446	-0.0847	***0.0261***	***0.0241***	***0.0238***	***0.0279***	0.0360	***0.0269***	***0.0258***	***0.0351***

ตารางภาคผนวก 28 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0214	0.3814	0.1436	0.1819	0.0214	0.3814	0.1436	0.1819
	k_1	-0.0364	0.0440	-0.0446	-0.0639	***0.0202***	***0.1064***	***0.0496***	***0.0615***	0.0215	***0.1083***	***0.0516***	0.0656
	k_2	-0.0004	0.0011	-0.0009	-0.0012	0.0214	0.3737	0.1409	0.1785	0.0214	0.3737	0.1409	0.1785
	k_3	-0.0283	0.0398	-0.0379	-0.0534	0.0204	0.1331	0.0588	0.0734	0.0212	0.1347	0.0602	0.0762
	k_4	-0.0351	0.0434	-0.0436	-0.0623	0.0202	0.1101	0.0508	0.0632	0.0214	0.1120	0.0527	0.0670
	k_5	-0.0219	0.0351	-0.0318	-0.0442	0.0207	0.1616	0.0686	0.0859	0.0211	0.1629	0.0696	0.0879
	RR	-0.0292	-0.1068	0.0478	0.0379	***0.0202***	***0.1064***	***0.0496***	***0.0615***	***0.0210***	0.1178	0.0518	***0.0630***
100	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0105	0.1768	0.0767	0.0978	0.0105	0.1768	0.0767	0.0978
	k_1	-0.0146	0.0532	-0.0451	-0.0520	***0.0099***	***0.0664***	***0.0327***	***0.0399***	0.0101	***0.0693***	***0.0347***	***0.0426***
	k_2	***0.0000***	0.0002	-0.0002	-0.0002	0.0105	0.1763	0.0765	0.0975	0.0105	0.1763	0.0765	0.0975
	k_3	-0.0070	0.0343	-0.0275	-0.0317	0.0101	0.1014	0.0467	0.0583	0.0102	0.1026	0.0474	0.0593
	k_4	-0.0099	0.0428	-0.0350	-0.0404	0.0100	0.0852	0.0402	0.0498	0.0101	0.0871	0.0414	0.0514
	k_5	-0.0059	0.0303	-0.0241	-0.0277	0.0102	0.1094	0.0498	0.0625	0.0102	0.1103	0.0504	0.0632
	RR	-0.0117	0.1289	-0.0904	-0.1093	***0.0099***	***0.0664***	***0.0327***	***0.0399***	***0.0100***	0.0831	0.0408	0.0518

ตารางภาคผนวก 29 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.3720	9.2750	3.1326	4.0602	0.3720	9.2750	3.1326	4.0602
	k_1	-0.9959	-0.9186	-0.9392	-0.9263	***0.0003***	***0.0003***	***0.0004***	***0.0004***	0.9921	0.8442	0.8825	0.8584
	k_2	-0.0368	0.0495	-0.0561	-0.0455	0.3496	1.9749	0.8512	0.9990	0.3509	1.9773	0.8543	1.0011
	k_3	-0.7828	-0.3728	-0.5404	-0.4220	0.0414	0.0197	0.0339	0.0333	0.6542	***0.1587***	0.3259	0.2114
	k_4	-0.1162	0.0477	-0.1170	-0.0770	0.3037	0.4111	0.3330	0.3253	0.3172	0.4134	0.3467	0.3313
	k_5	-0.2053	0.0188	-0.1716	-0.1014	0.2563	0.1645	0.2229	0.2010	0.2985	0.1648	***0.2524***	***0.2113***
	RR	0.2287	-0.6868	-0.5973	-0.5577	***0.0003***	***0.0003***	***0.0004***	***0.0004***	***0.0527***	0.4720	0.3572	0.3114
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1166	2.2530	0.9971	1.2058	0.1166	2.2530	0.9971	1.2058
	k_1	-0.1206	0.0830	-0.1407	-0.1512	***0.0958***	***0.1354***	***0.1126***	***0.1292***	0.1104	0.1423	0.1324	0.1521
	k_2	-0.0052	0.0191	-0.0157	-0.0171	0.1157	1.7751	0.8000	0.9657	0.1157	1.7754	0.8002	0.9660
	k_3	-0.1597	0.0704	-0.1626	-0.1744	0.0895	0.0896	0.0896	0.1015	0.1150	***0.0945***	***0.1161***	0.1320
	k_4	-0.0404	0.0772	-0.0777	-0.0842	0.1094	0.5485	0.2915	0.3464	0.1110	0.5545	0.2976	0.3535
	k_5	-0.0775	0.0886	-0.1121	-0.1209	0.1030	0.2522	0.1654	0.1932	0.1090	0.2601	0.1780	0.2078
	RR	-0.1067	-0.0416	-0.0769	-0.0266	***0.0958***	***0.1354***	***0.1126***	***0.1292***	***0.1072***	0.1372	0.1185	***0.1299***

ตารางภาคผนวก 29 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0602	0.9482	0.4133	0.4509	0.0602	0.9482	0.4133	0.4509
	k_1	-0.0579	0.0540	-0.0924	-0.0813	***0.0537***	***0.1463***	***0.1040***	***0.0991***	0.0570	***0.1492***	***0.1125***	***0.1057***
	k_2	-0.0008	0.0025	-0.0023	-0.0022	0.0601	0.9102	0.3990	0.4345	0.0601	0.9102	0.3990	0.4345
	k_3	-0.0526	0.0539	-0.0869	-0.0769	0.0542	0.1640	0.1114	0.1072	0.0570	0.1669	0.1190	0.1132
	k_4	-0.0152	0.0334	-0.0360	-0.0338	0.0584	0.4779	0.2349	0.2465	0.0587	0.4791	0.2362	0.2477
	k_5	-0.0300	0.0473	-0.0596	-0.0545	0.0568	0.2916	0.1628	0.1646	0.0577	0.2939	0.1663	0.1676
	RR	-0.0568	-0.4156	0.1589	0.2524	***0.0537***	***0.1463***	***0.1040***	***0.0991***	***0.0569***	0.3190	0.1292	0.1628
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0315	0.5682	0.2345	0.3011	0.0315	0.5682	0.2345	0.3011
	k_1	-0.0266	0.0678	-0.0638	-0.0752	***0.0290***	***0.1153***	***0.0659***	***0.0774***	***0.0297***	***0.1199***	***0.0700***	***0.0830***
	k_2	-0.0001	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0315	0.5638	0.2329	0.2989	0.0315	0.5638	0.2329	0.2989
	k_3	-0.0157	0.0551	-0.0469	-0.0551	0.0299	0.1889	0.0939	0.1142	0.0302	0.1919	0.0961	0.1173
	k_4	-0.0054	0.0283	-0.0219	-0.0256	0.0309	0.3574	0.1567	0.1975	0.0309	0.3582	0.1572	0.1982
	k_5	-0.0102	0.0437	-0.0353	-0.0415	0.0304	0.2576	0.1196	0.1483	0.0305	0.2595	0.1209	0.1500
	RR	-0.0321	0.3235	-0.2119	-0.2528	***0.0290***	***0.1153***	***0.0659***	***0.0774***	0.0300	0.2200	0.1109	0.1413

ตารางภาคผนวก 30 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.8473	10.1242	4.4060	4.3670	0.8473	10.1242	4.4060	4.3670
	k_1	-0.0753	0.1190	-0.0844	-0.1292	0.5864	1.2080	0.7797	0.7630	0.5921	1.2221	0.7868	0.7796
	k_2	-0.0305	0.0769	-0.0511	-0.0669	0.6999	3.7934	1.8505	1.8230	0.7009	3.7993	1.8531	1.8274
	k_3	-0.3164	0.0263	-0.1484	-0.3336	***0.2443***	***0.1019***	***0.1724***	***0.1810***	***0.3444***	***0.1026***	***0.1945***	***0.2923***
	k_4	-0.0843	0.1219	-0.0881	-0.1390	0.5685	1.0037	0.6905	0.6756	0.5756	1.0186	0.6983	0.6949
	k_5	-0.1761	0.1093	-0.1097	-0.2218	0.4159	0.2683	0.3247	0.3240	0.4469	0.2803	0.3367	0.3732
	RR	0.0618	-1.5889	1.0425	0.9430	0.5864	1.2080	0.7797	0.7630	0.5902	3.7327	1.8665	1.6521
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1722	5.8955	2.6116	2.7116	0.1722	5.8955	2.6116	2.7116
	k_1	-0.1323	0.0700	-0.1753	-0.1251	***0.1248***	***0.0740***	***0.1215***	***0.1054***	***0.1423***	***0.0789***	***0.1522***	***0.1211***
	k_2	-0.0011	0.0121	-0.0091	-0.0087	0.1712	4.9697	2.2222	2.3020	0.1712	4.9698	2.2223	2.3021
	k_3	-0.0930	0.0864	-0.1472	-0.1106	0.1369	0.1208	0.1528	0.1347	0.1456	0.1282	0.1745	0.1469
	k_4	-0.0168	0.0776	-0.0679	-0.0611	0.1629	1.1684	0.6190	0.6169	0.1632	1.1745	0.6236	0.6207
	k_5	-0.0570	0.0953	-0.1181	-0.0950	0.1486	0.2467	0.2174	0.1989	0.1519	0.2558	0.2314	0.2080
	RR	-0.2230	-0.9689	0.5277	0.5092	***0.1248***	***0.0740***	***0.1215***	***0.1054***	0.1745	1.0128	0.4000	0.3647

ตารางภาคผนวก 30 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ต่ำ) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1239	3.9605	1.4125	1.8249	0.1239	3.9605	1.4125	1.8249
	k_1	-0.2594	0.0262	-0.2341	-0.1518	***0.0704***	***0.0300***	***0.0529***	***0.0482***	0.1377	***0.0307***	0.1077	0.0713
	k_2	-0.0028	0.0146	-0.0103	-0.0106	0.1223	3.2468	1.1703	1.5056	0.1223	3.2470	1.1704	1.5057
	k_3	-0.2068	0.0525	-0.2020	-0.1356	0.0792	0.0409	0.0617	0.0568	0.1219	0.0437	0.1025	0.0752
	k_4	-0.0199	0.0661	-0.0524	-0.0511	0.1158	1.2088	0.4778	0.5931	0.1162	1.2131	0.4805	0.5957
	k_5	-0.0587	0.0949	-0.1000	-0.0864	0.1068	0.3047	0.1669	0.1858	0.1102	0.3137	0.1769	0.1933
	RR	-0.1833	-0.0758	-0.1534	-0.0426	***0.0704***	***0.0300***	***0.0529***	***0.0482***	***0.1040***	0.0357	***0.0764***	***0.0500***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0506	0.8388	0.3470	0.4583	0.0506	0.8388	0.3470	0.4583
	k_1	-0.1092	0.0873	-0.1387	-0.1325	***0.0391***	***0.0393***	***0.0432***	***0.0415***	0.0511	***0.0469***	0.0625	0.0590
	k_2	-0.0002	0.0011	-0.0008	-0.0009	0.0506	0.8274	0.3428	0.4524	0.0506	0.8274	0.3428	0.4524
	k_3	-0.0459	0.0871	-0.0873	-0.0896	0.0456	0.1304	0.0826	0.0925	0.0477	0.1380	0.0903	0.1005
	k_4	-0.0057	0.0251	-0.0193	-0.0212	0.0499	0.5987	0.2584	0.3350	0.0500	0.5993	0.2588	0.3355
	k_5	-0.0171	0.0564	-0.0466	-0.0501	0.0487	0.3446	0.1641	0.2042	0.0490	0.3478	0.1663	0.2067
	RR	-0.0845	-0.1061	-0.0242	0.0165	***0.0391***	***0.0393***	***0.0432***	***0.0415***	***0.0463***	0.0506	***0.0438***	***0.0417***

ตารางภาคผนวก 31 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1285	0.9284	0.2488	0.5196	0.1285	0.9284	0.2488	0.5196
	k_1	-0.2300	-0.0965	0.0088	-0.1797	***0.0705***	***0.0645***	***0.0551***	***0.0781***	0.1234	0.0738	***0.0552***	***0.1104***
	k_2	-0.0060	-0.0026	0.0010	-0.0047	0.1254	0.8221	0.2274	0.4693	0.1255	0.8221	0.2274	0.4693
	k_3	-0.1378	-0.0570	0.0128	-0.1085	0.0878	0.1384	0.0789	0.1275	0.1068	0.1417	0.0790	0.1392
	k_4	-0.1703	-0.0706	0.0126	-0.1338	0.0814	0.1029	0.0685	0.1054	0.1104	0.1079	0.0687	0.1233
	k_5	-0.0966	-0.0400	0.0113	-0.0762	0.0969	0.2137	0.0981	0.1699	***0.1062***	0.2153	0.0982	0.1757
	RR	-0.2512	0.0516	-0.0217	-0.3464	***0.0705***	***0.0645***	***0.0551***	***0.0781***	0.1336	***0.0672***	0.0556	0.1981
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0343	0.1968	0.1123	0.0824	0.0343	0.1968	0.1123	0.0824
	k_1	-0.0492	0.0167	-0.0490	-0.0269	***0.0305***	***0.0913***	***0.0649***	***0.0509***	0.0329	***0.0916***	***0.0673***	***0.0516***
	k_2	-0.0005	0.0003	-0.0006	-0.0003	0.0343	0.1952	0.1116	0.0819	0.0343	0.1952	0.1116	0.0819
	k_3	-0.0302	0.0134	-0.0318	-0.0176	0.0319	0.1197	0.0782	0.0600	***0.0328***	0.1199	0.0793	0.0603
	k_4	-0.0438	0.0161	-0.0443	-0.0243	0.0309	0.0984	0.0683	0.0532	***0.0328***	0.0986	0.0702	0.0538
	k_5	-0.0257	0.0122	-0.0275	-0.0153	0.0322	0.1282	0.0821	0.0625	0.0329	0.1283	0.0829	0.0628
	RR	-0.0565	0.1254	-0.1032	-0.0890	***0.0305***	***0.0913***	***0.0649***	***0.0509***	0.0337	0.1070	0.0755	0.0589

ตารางภาคผนวก 31 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0262	0.1134	0.0568	0.0813	0.0262	0.1134	0.0568	0.0813
	k_1	-0.0316	0.0205	-0.0385	-0.0173	***0.0235***	***0.0680***	***0.0410***	***0.0540***	***0.0245***	***0.0684***	***0.0425***	***0.0543***
	k_2	-0.0001	0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0262	0.1132	0.0567	0.0812	0.0262	0.1132	0.0567	0.0812
	k_3	-0.0147	0.0113	-0.0189	-0.0090	0.0249	0.0883	0.0483	0.0664	0.0251	0.0884	0.0487	0.0665
	k_4	-0.0282	0.0189	-0.0346	-0.0157	0.0238	0.0716	0.0424	0.0563	0.0246	0.0719	0.0436	0.0565
	k_5	-0.0164	0.0124	-0.0209	-0.0099	0.0248	0.0859	0.0475	0.0650	0.0250	0.0860	0.0479	0.0651
	RR	-0.0412	0.0828	-0.0795	-0.0521	***0.0235***	***0.0680***	***0.0410***	***0.0540***	0.0252	0.0748	0.0473	0.0568
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0103	0.0638	0.0305	0.0311	0.0103	0.0638	0.0305	0.0311
	k_1	-0.0098	0.0030	-0.0074	-0.0068	0.0100	0.0531	0.0266	0.0271	***0.0101***	0.0531	0.0267	0.0272
	k_2	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0103	0.0637	0.0305	0.0311	0.0103	0.0637	0.0305	0.0311
	k_3	-0.0076	0.0024	-0.0058	-0.0053	0.0101	0.0553	0.0274	0.0279	***0.0101***	0.0553	0.0274	0.0279
	k_4	-0.0143	0.0040	-0.0106	-0.0098	***0.0099***	***0.0490***	***0.0251***	***0.0256***	***0.0101***	***0.0490***	***0.0252***	***0.0257***
	k_5	-0.0083	0.0026	-0.0063	-0.0058	0.0101	0.0545	0.0271	0.0276	***0.0101***	0.0545	0.0272	0.0277
	RR	-0.0106	-0.0269	0.0108	0.0106	0.0100	0.0531	0.0266	0.0271	***0.0101***	0.0538	0.0267	0.0272

ตารางภาคผนวก 32 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.6907	7.7657	3.0062	1.4562	0.6907	7.7657	3.0062	1.4562
	k_1	-0.1619	0.0311	-0.1545	-0.0216	***0.2224***	***0.1242***	***0.1901***	***0.1897***	***0.2487***	***0.1251***	***0.2140***	***0.1902***
	k_2	-0.0059	0.0128	-0.0104	-0.0046	0.6141	6.0443	2.3929	1.1996	0.6141	6.0445	2.3930	1.1997
	k_3	-0.1288	0.0460	-0.1309	-0.0202	0.2543	0.1955	0.2360	0.2271	0.2709	0.1976	0.2531	0.2275
	k_4	-0.0843	0.0591	-0.0972	-0.0205	0.3068	0.4494	0.3563	0.3053	0.3139	0.4528	0.3657	0.3057
	k_5	-0.1158	0.0508	-0.1214	-0.0201	0.2682	0.2417	0.2609	0.2453	0.2816	0.2442	0.2757	0.2457
	RR	-0.1728	0.4790	-0.2361	-0.3586	***0.2224***	***0.1242***	***0.1901***	***0.1897***	0.2523	0.3536	0.2458	0.3183
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1130	0.8290	0.3315	0.5067	0.1130	0.8290	0.3315	0.5067
	k_1	-0.2101	-0.0434	-0.0343	-0.2386	***0.0680***	***0.0689***	***0.0734***	***0.0873***	0.1122	***0.0708***	***0.0746***	***0.1442***
	k_2	-0.0010	0.0006	-0.0003	-0.0017	0.1127	0.8131	0.3272	0.4994	0.1127	0.8131	0.3272	0.4994
	k_3	-0.0692	0.0100	-0.0099	-0.0976	0.0956	0.2779	0.1688	0.2322	0.1004	0.2780	0.1689	0.2417
	k_4	-0.0335	0.0109	-0.0061	-0.0514	0.1040	0.4634	0.2288	0.3311	0.1051	0.4635	0.2289	0.3337
	k_5	-0.0551	0.0114	-0.0085	-0.0801	0.0988	0.3364	0.1888	0.2647	0.1019	0.3365	0.1889	0.2711
	RR	-0.0771	-0.8181	0.2782	0.3422	***0.0680***	***0.0689***	***0.0734***	***0.0873***	***0.0740***	0.7383	0.1508	0.2044

ตารางภาคผนวก 32 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0634	0.3621	0.1983	0.2080	0.0634	0.3621	0.1983	0.2080
	k_1	-0.0874	0.0457	-0.0702	-0.0856	***0.0511***	***0.1053***	***0.0856***	***0.0912***	0.0588	***0.1073***	0.0905	0.0985
	k_2	-0.0006	0.0007	-0.0006	-0.0008	0.0633	0.3586	0.1969	0.2065	0.0633	0.3586	0.1969	0.2065
	k_3	-0.0560	0.0394	-0.0497	-0.0598	0.0551	0.1550	0.1101	0.1169	0.0582	0.1565	0.1126	0.1205
	k_4	-0.0175	0.0176	-0.0181	-0.0214	0.0605	0.2710	0.1610	0.1697	0.0608	0.2713	0.1614	0.1701
	k_5	-0.0298	0.0268	-0.0293	-0.0348	0.0587	0.2241	0.1411	0.1491	0.0596	0.2248	0.1420	0.1503
	RR	-0.0738	-0.0750	0.0062	-0.0132	***0.0511***	***0.1053***	***0.0856***	***0.0912***	***0.0566***	0.1109	***0.0856***	***0.0914***
100	*OLS*	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0305	0.2084	0.0886	0.1034	0.0305	0.2084	0.0886	0.1034
	k_1	-0.0319	0.0037	-0.0121	-0.0304	***0.0284***	***0.1131***	***0.0588***	***0.0681***	0.0295	***0.1132***	***0.0590***	***0.0691***
	k_2	-0.0001	***0.0000***	***0.0000***	-0.0001	0.0305	0.2079	0.0884	0.1033	0.0305	0.2079	0.0884	0.1033
	k_3	-0.0221	0.0036	-0.0087	-0.0216	0.0291	0.1345	0.0658	0.0764	0.0296	0.1345	0.0658	0.0768
	k_4	-0.0076	0.0019	-0.0033	-0.0078	0.0300	0.1774	0.0792	0.0923	0.0301	0.1774	0.0792	0.0924
	k_5	-0.0130	0.0028	-0.0054	-0.0131	0.0297	0.1594	0.0736	0.0857	0.0298	0.1594	0.0736	0.0859
	RR	-0.0310	-0.0965	0.0271	0.0449	***0.0284***	***0.1131***	***0.0588***	***0.0681***	***0.0294***	0.1225	0.0595	0.0702

ตารางภาคผนวก 33 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.6583	14.8691	6.5474	4.1495	0.6583	14.8691	6.5474	4.1495
	k_1	-0.6590	-0.1839	-0.3406	-0.1885	0.1388	0.0401	0.0995	0.0921	0.5730	0.0739	0.2155	0.1276
	k_2	-0.0861	0.0195	-0.0635	-0.0352	0.5427	1.0862	0.8042	0.5597	0.5501	1.0866	0.8083	0.5609
	k_3	-0.6785	-0.1949	-0.3524	-0.1974	***0.1292***	***0.0381***	***0.0926***	***0.0869***	0.5896	***0.0761***	***0.2168***	***0.1259***
	k_4	-0.0982	0.0176	-0.0694	-0.0379	0.5313	0.8917	0.7162	0.5040	0.5410	0.8920	0.7210	0.5055
	k_5	-0.2269	-0.0136	-0.1277	-0.0638	0.4203	0.2252	0.3638	0.2773	0.4718	0.2254	0.3801	0.2813
	RR	-0.4474	1.0016	-0.9068	-0.7230	0.1388	0.0401	0.0995	0.0921	***0.3390***	1.0433	0.9218	0.6148
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.2202	1.4744	0.5376	0.6237	0.2202	1.4744	0.5376	0.6237
	k_1	-0.4279	-0.1921	-0.3204	-0.2497	***0.0321***	***0.0146***	***0.0255***	***0.0238***	0.2152	0.0515	0.1282	***0.0862***
	k_2	-0.0012	0.0015	-0.0014	-0.0011	0.2186	1.4235	0.5248	0.6074	0.2186	1.4235	0.5248	0.6074
	k_3	-0.1265	0.0204	-0.1014	-0.0621	0.1282	0.1309	0.1380	0.1359	***0.1442***	0.1313	0.1482	0.1398
	k_4	-0.0178	0.0170	-0.0192	-0.0137	0.2002	0.9129	0.3930	0.4411	0.2005	0.9132	0.3934	0.4413
	k_5	-0.0473	0.0298	-0.0453	-0.0301	0.1755	0.4662	0.2664	0.2848	0.1777	0.4671	0.2685	0.2857
	RR	-0.4297	-0.0302	-0.2836	-0.4314	***0.0321***	***0.0146***	***0.0255***	***0.0238***	0.2167	***0.0155***	***0.1060***	0.2099

ตารางภาคผนวก 33 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, ปานกลาง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1082	1.1134	0.4508	0.3930	0.1082	1.1134	0.4508	0.3930
	k_1	-0.1095	-0.0324	-0.0307	-0.0792	***0.0784***	***0.0973***	***0.0946***	***0.1000***	***0.0904***	***0.0983***	0.0955	0.1063
	k_2	-0.0007	***0.0000***	-0.0002	-0.0006	0.1080	1.0845	0.4417	0.3859	0.1080	1.0845	0.4417	0.3859
	k_3	-0.0655	-0.0147	-0.0174	-0.0493	0.0896	0.1947	0.1406	0.1423	0.0939	0.1949	0.1409	0.1448
	k_4	-0.0100	-0.0003	-0.0030	-0.0085	0.1052	0.7686	0.3411	0.3070	0.1053	0.7686	0.3412	0.3071
	k_5	-0.0278	-0.0033	-0.0077	-0.0223	0.1000	0.4490	0.2351	0.2221	0.1008	0.4491	0.2352	0.2226
	RR	-0.1423	-0.0607	0.0024	-0.0552	***0.0784***	***0.0973***	***0.0946***	***0.1000***	0.0987	0.1009	***0.0946***	***0.1030***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0504	0.2852	0.1332	0.2045	0.0504	0.2852	0.1332	0.2045
	k_1	-0.0546	0.0215	-0.0329	-0.0589	***0.0452***	***0.1255***	***0.0822***	***0.1075***	0.0482	***0.1260***	***0.0833***	0.1110
	k_2	-0.0002	0.0002	-0.0002	-0.0003	0.0503	0.2840	0.1329	0.2038	0.0503	0.2840	0.1329	0.2038
	k_3	-0.0405	0.0190	-0.0255	-0.0458	0.0465	0.1513	0.0914	0.1239	0.0481	0.1516	0.0921	0.1260
	k_4	-0.0064	0.0046	-0.0047	-0.0084	0.0497	0.2547	0.1243	0.1866	0.0498	0.2548	0.1243	0.1867
	k_5	-0.0183	0.0113	-0.0126	-0.0226	0.0486	0.2097	0.1106	0.1598	0.0489	0.2098	0.1107	0.1603
	RR	-0.0510	-0.1193	0.0321	0.0555	***0.0452***	***0.1255***	***0.0822***	***0.1075***	***0.0478***	0.1397	***0.0833***	***0.1106***

ตารางภาคผนวก 34 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1903	2.3021	1.2933	1.0692	0.1903	2.3021	1.2933	1.0692
	k_1	-0.0699	-0.2478	0.1128	-0.1318	0.0766	0.1078	0.0632	0.1250	0.0815	0.1692	0.0760	0.1424
	k_2	0.0030	-0.0303	0.0214	-0.0141	0.1686	1.8355	1.0187	0.9313	0.1686	1.8364	1.0192	0.9315
	k_3	-0.0350	-0.2155	0.1161	-0.1094	0.0865	0.1966	0.1048	0.2048	0.0877	0.2430	0.1183	0.2168
	k_4	-0.0749	-0.2516	0.1117	-0.1347	***0.0754***	***0.1004***	***0.0598***	***0.1177***	***0.0810***	0.1637	***0.0723***	***0.1358***
	k_5	-0.0237	-0.2007	0.1141	-0.1002	0.0910	0.2541	0.1329	0.2501	0.0916	0.2944	0.1460	0.2602
	RR	-0.1034	0.0989	0.1841	-0.5041	0.0766	0.1078	0.0632	0.1250	0.0873	***0.1176***	0.0971	0.3791
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0377	0.1135	0.1502	0.2187	0.0377	0.1135	0.1502	0.2187
	k_1	-0.0367	-0.0022	-0.0027	-0.0248	0.0331	0.0800	0.0941	0.1188	0.0344	0.0800	0.0941	0.1194
	k_2	-0.0004	***0.0000***	***0.0000***	-0.0003	0.0377	0.1130	0.1494	0.2171	0.0377	0.1130	0.1494	0.2171
	k_3	-0.0299	-0.0014	-0.0017	-0.0208	0.0338	0.0850	0.1018	0.1318	0.0347	0.0850	0.1018	0.1322
	k_4	-0.0459	-0.0035	-0.0042	-0.0300	***0.0322***	***0.0739***	***0.0849***	***0.1039***	***0.0343***	***0.0739***	***0.0850***	***0.1048***
	k_5	-0.0276	-0.0012	-0.0014	-0.0194	0.0341	0.0868	0.1047	0.1366	0.0348	0.0868	0.1047	0.1370
	RR	-0.0510	0.0010	0.0815	-0.1084	0.0331	0.0800	0.0941	0.1188	0.0357	0.0800	0.1007	0.1306

ตารางภาคผนวก 34 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0213	0.0749	0.0583	0.0805	0.0213	0.0749	0.0583	0.0805
	k_1	-0.0204	-0.0128	0.0031	-0.0095	0.0205	0.0637	0.0507	0.0675	0.0209	0.0638	0.0507	0.0676
	k_2	-0.0002	-0.0001	***0.0000***	-0.0001	0.0213	0.0748	0.0582	0.0804	0.0213	0.0748	0.0582	0.0804
	k_3	-0.0174	-0.0109	0.0027	-0.0081	0.0206	0.0652	0.0517	0.0693	0.0209	0.0653	0.0517	0.0693
	k_4	-0.0336	-0.0207	0.0045	-0.0155	***0.0200***	***0.0575***	***0.0465***	***0.0605***	0.0211	***0.0579***	***0.0465***	***0.0608***
	k_5	-0.0198	-0.0124	0.0030	-0.0092	0.0205	0.0640	0.0509	0.0679	0.0209	0.0641	0.0509	0.0680
	RR	-0.0185	-0.0257	-0.0020	0.0091	0.0205	0.0637	0.0507	0.0675	***0.0208***	0.0643	0.0507	0.0676
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0100	0.0374	0.0311	0.0408	0.0100	0.0374	0.0311	0.0408
	k_1	-0.0148	-0.0045	-0.0054	-0.0061	***0.0097***	***0.0318***	***0.0272***	***0.0344***	***0.0099***	***0.0318***	***0.0273***	***0.0344***
	k_2	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0100	0.0373	0.0311	0.0408	0.0100	0.0373	0.0311	0.0408
	k_3	-0.0070	-0.0021	-0.0026	-0.0029	0.0099	0.0346	0.0292	0.0376	***0.0099***	0.0346	0.0292	0.0376
	k_4	-0.0130	-0.0039	-0.0048	-0.0054	***0.0097***	0.0324	0.0277	0.0351	***0.0099***	0.0324	0.0277	0.0351
	k_5	-0.0075	-0.0023	-0.0027	-0.0031	0.0099	0.0344	0.0291	0.0374	***0.0099***	0.0344	0.0291	0.0374
	RR	-0.0129	0.0115	-0.0178	-0.0098	***0.0097***	***0.0318***	***0.0272***	***0.0344***	***0.0099***	0.0319	0.0276	0.0345

ตารางภาคผนวก 35 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.8364	1.9525	1.2559	3.2033	0.8364	1.9525	1.2559	3.2033
	k_1	-0.2827	-0.0625	0.1184	-0.2264	0.2289	0.2983	0.2419	0.2164	***0.3088***	0.3022	0.2559	0.2676
	k_2	-0.0320	0.0053	0.0246	-0.0440	0.6818	1.5784	1.0437	2.3298	0.6829	1.5784	1.0443	2.3317
	k_3	-0.3651	-0.0992	0.1109	-0.2497	***0.1801***	***0.1797***	***0.1567***	***0.1187***	0.3134	***0.1895***	***0.1689***	***0.1810***
	k_4	-0.1765	-0.0192	0.1022	-0.1779	0.3283	0.5955	0.4433	0.5454	0.3595	0.5958	0.4537	0.5770
	k_5	-0.2226	-0.0369	0.1133	-0.2025	0.2774	0.4390	0.3389	0.3575	0.3270	0.4403	0.3517	0.3985
	RR	-0.5518	0.1970	0.3268	-0.7373	0.2289	0.2983	0.2419	0.2164	0.5334	0.3371	0.3486	0.7599
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1087	0.3302	0.3186	0.3042	0.1087	0.3302	0.3186	0.3042
	k_1	-0.0831	-0.0254	-0.0145	-0.0248	***0.0853***	***0.1452***	***0.1496***	***0.1529***	0.0922	***0.1458***	***0.1499***	***0.1535***
	k_2	-0.0008	-0.0003	-0.0001	-0.0002	0.1085	0.3273	0.3161	0.3021	0.1085	0.3273	0.3161	0.3021
	k_3	-0.0604	-0.0188	-0.0096	-0.0174	0.0910	0.1779	0.1809	0.1823	0.0947	0.1783	0.1810	0.1826
	k_4	-0.0237	-0.0076	-0.0031	-0.0065	0.1012	0.2553	0.2522	0.2468	0.1018	0.2553	0.2522	0.2468
	k_5	-0.0383	-0.0122	-0.0055	-0.0107	0.0970	0.2199	0.2200	0.2180	0.0984	0.2200	0.2200	0.2181
	RR	-0.0767	0.0791	-0.0677	-0.0773	***0.0853***	***0.1452***	***0.1496***	***0.1529***	***0.0912***	0.1514	0.1542	0.1588

ตารางภาคผนวก 35 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 3 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0637	0.3518	0.2547	0.1796	0.0637	0.3518	0.2547	0.1796
	k_1	-0.0956	-0.0702	0.0046	-0.0440	***0.0502***	***0.1103***	***0.0919***	***0.0856***	0.0594	***0.1152***	***0.0919***	0.0876
	k_2	-0.0003	-0.0003	0.0001	-0.0001	0.0636	0.3504	0.2538	0.1792	0.0636	0.3504	0.2538	0.1792
	k_3	-0.0367	-0.0313	0.0074	-0.0174	0.0580	0.2116	0.1629	0.1323	0.0593	0.2126	0.1629	0.1326
	k_4	-0.0159	-0.0147	0.0044	-0.0077	0.0611	0.2786	0.2074	0.1567	0.0614	0.2788	0.2074	0.1568
	k_5	-0.0271	-0.0239	0.0063	-0.0130	0.0594	0.2394	0.1815	0.1429	0.0601	0.2400	0.1816	0.1431
	RR	-0.0637	0.0743	-0.1156	-0.0422	***0.0502***	***0.1103***	***0.0919***	***0.0856***	***0.0543***	0.1158	0.1052	***0.0874***
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0313	0.1168	0.1052	0.1220	0.0313	0.1168	0.1052	0.1220
	k_1	-0.0356	-0.0132	-0.0206	-0.0070	***0.0285***	***0.0760***	***0.0719***	***0.0781***	***0.0298***	***0.0761***	***0.0723***	***0.0782***
	k_2	-0.0001	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0313	0.1167	0.1051	0.1218	0.0313	0.1167	0.1051	0.1218
	k_3	-0.0198	-0.0073	-0.0117	-0.0034	0.0297	0.0912	0.0846	0.0944	0.0301	0.0913	0.0848	0.0944
	k_4	-0.0067	-0.0024	-0.0040	-0.0010	0.0308	0.1071	0.0975	0.1115	0.0308	0.1072	0.0976	0.1115
	k_5	-0.0114	-0.0042	-0.0068	-0.0018	0.0304	0.1010	0.0926	0.1049	0.0305	0.1010	0.0926	0.1049
	RR	-0.0444	0.0615	-0.1072	0.0064	***0.0285***	***0.0760***	***0.0719***	***0.0781***	0.0305	0.0797	0.0834	***0.0782***

ตารางภาคผนวก 36 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
10	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	1.3534	4.2519	4.0887	1.4746	1.3534	4.2519	4.0887	1.4746
	k_1	-0.9795	-0.9740	-0.9647	-0.9651	***0.0001***	***0.0000***	***0.0001***	***0.0001***	0.9595	0.9487	0.9306	0.9314
	k_2	-0.0328	-0.0528	0.0402	-0.0075	0.9872	2.7020	2.4750	1.1622	0.9883	2.7048	2.4766	1.1623
	k_3	-0.4920	-0.4475	-0.2330	-0.2883	0.0674	0.0318	0.0381	0.0562	0.3094	***0.2321***	***0.0923***	0.1393
	k_4	-0.0785	-0.1145	0.0730	-0.0196	0.6536	1.3867	1.1919	0.7795	0.6598	1.3998	1.1973	0.7799
	k_5	-0.1399	-0.1769	0.0764	-0.0406	0.4161	0.5936	0.4892	0.4448	0.4357	0.6249	0.4951	0.4464
	RR	0.1741	-1.3601	-1.5106	-0.0419	***0.0001***	***0.0000***	***0.0001***	***0.0001***	***0.0304***	1.8500	2.2820	***0.0018***
30	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1840	0.5823	0.5754	0.5058	0.1840	0.5823	0.5754	0.5058
	k_1	-0.2026	-0.0646	-0.1195	-0.0169	***0.1161***	***0.1486***	***0.1498***	***0.1446***	0.1572	***0.1527***	***0.1640***	***0.1449***
	k_2	-0.0016	-0.0004	-0.0012	0.0003	0.1833	0.5750	0.5683	0.5001	0.1833	0.5750	0.5683	0.5001
	k_3	-0.1130	-0.0329	-0.0730	0.0009	0.1425	0.2584	0.2589	0.2417	0.1552	0.2595	0.2642	0.2417
	k_4	-0.0255	-0.0067	-0.0187	0.0031	0.1734	0.4782	0.4744	0.4238	0.1741	0.4783	0.4747	0.4238
	k_5	-0.0658	-0.0181	-0.0453	0.0043	0.1583	0.3564	0.3554	0.3245	0.1627	0.3567	0.3574	0.3246
	RR	-0.1031	-0.3528	0.1994	-0.0217	***0.1161***	***0.1486***	***0.1498***	***0.1446***	***0.1268***	0.2731	0.1895	0.1451

ตารางภาคผนวก 36 ค่าความเอนเอียง ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอย เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรอยู่ในระดับ(สูง, สูง, สูง) กรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5 (ต่อ)

n	วิธีประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย	BIAS				VARIANCE				MSE			
		β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3	β_0	β_1	β_2	β_3
50	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.1008	0.4892	0.3128	0.3926	0.1008	0.4892	0.3128	0.3926
	k_1	-0.1019	-0.0400	-0.0468	-0.0057	***0.0824***	***0.1647***	***0.1522***	***0.1484***	0.0928	***0.1663***	***0.1543***	***0.1484***
	k_2	-0.0007	-0.0003	-0.0003	0.0001	0.1007	0.4849	0.3112	0.3895	0.1007	0.4849	0.3112	0.3895
	k_3	-0.0843	-0.0336	-0.0390	-0.0031	0.0855	0.1934	0.1707	0.1713	0.0926	0.1945	0.1722	0.1713
	k_4	-0.0132	-0.0059	-0.0064	0.0008	0.0983	0.4135	0.2825	0.3379	0.0985	0.4135	0.2825	0.3379
	k_5	-0.0365	-0.0155	-0.0173	0.0009	0.0940	0.3145	0.2376	0.2647	0.0953	0.3148	0.2379	0.2647
	RR	-0.0950	-0.3478	0.0369	0.2078	***0.0824***	***0.1647***	***0.1522***	***0.1484***	***0.0914***	0.2857	0.1535	0.1916
100	OLS	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	***0.0000***	0.0502	0.1862	0.2064	0.1772	0.0502	0.1862	0.2064	0.1772
	k_1	-0.0681	-0.0133	-0.0403	-0.0249	***0.0433***	***0.0948***	***0.1026***	***0.0933***	0.0479	***0.0950***	***0.1042***	***0.0939***
	k_2	-0.0002	0.0000	-0.0001	-0.0001	0.0502	0.1859	0.2061	0.1769	0.0502	0.1859	0.2061	0.1769
	k_3	-0.0360	-0.0057	-0.0222	-0.0129	0.0465	0.1278	0.1397	0.1241	0.0478	0.1278	0.1402	0.1242
	k_4	-0.0059	-0.0007	-0.0038	-0.0021	0.0496	0.1745	0.1929	0.1666	0.0496	0.1745	0.1929	0.1666
	k_5	-0.0165	-0.0022	-0.0105	-0.0058	0.0485	0.1557	0.1714	0.1497	0.0488	0.1557	0.1716	0.1497
	RR	-0.0641	-0.0206	0.1367	-0.1813	***0.0433***	***0.0948***	***0.1026***	***0.0933***	***0.0474***	0.0953	0.1213	0.1262